



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ

**Εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης συστάδας υπολογιστικών
μονάδων χαμηλού όγκου / κατανάλωσης.**

Ηλίας Μυριδάκης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Επιβλέπων
Δρ Αθανάσιος Κακαρούντας

Λαμία, 2019



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF SCIENCE

INFORMATICS AND COMPUTATIONAL BIOMEDICINE

**Power aware evaluation of low cost single boards constructed
cluster.**

Ilias Myridakis

Master thesis

Athanasios Kakarountas

Lamia

2019



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ
«ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΜΕΓΑΛΟΥ ΟΓΚΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ»**

**Εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης συστάδας υπολογιστικών
μονάδων χαμηλού όγκου / κατανάλωσης.**

Ηλίας Μυριδάκης

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Επιβλέπων
Δρ Αθανάσιος Κακαρούντας**

Λαμία, 2019

«Υπεύθυνη Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης»

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, και γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα και ενυπογράφως ότι η παρούσα εργασία με τίτλο «Εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης συστάδας υπολογιστικών μονάδων χαμηλού όγκου / κατανάλωσης» αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές από τις οποίες χρησιμοποίησα δεδομένα, ιδέες, φράσεις, προτάσεις ή λέξεις, είτε επακριβώς (όπως υπάρχουν στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε με παράφραση, έχουν δηλωθεί κατάλληλα και ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο ΔΗΛΩΝ

Ημερομηνία

Υπογραφή

**Εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης συστάδας υπολογιστικών
μονάδων χαμηλού όγκου / κατανάλωσης.**

Ηλίας Μυριδάκης

Τριμελής Επιτροπή:

Δρ Αθανάσιος Κακαρούντας, Επίκουρος Καθηγητής (επιβλέπων)

Δρ Χαρίλαος Σανδαλίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Δρ Θανάσης Λουκόπουλος, Επίκουρος Καθηγητής

Επιστημονικός Σύμβουλος:

Δρ Αθανάσιος Κακαρούντας, Επίκουρος Καθηγητής

**Εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης συστάδας υπολογιστικών μονάδων
χαμηλού όγκου / κατανάλωσης.**

Power aware evaluation of low cost single boards constructed cluster.

Ηλίας Μυριδάκης



Ηλίας Μυριδάκης

Ηλεκτρονικός Μηχανικός (Συντάκτης)

imyridakis [at] uth.gr



Δρ Αθανάσιος Κακαρούντας

Επίκουρος Καθηγητής (Επιβλέπων)

kakarountas [at] ieee.org

Πρόλογος

Στην παρούσα διπλωματική διατριβή σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε μία συστάδα από υπολογιστικές μονάδες χαμηλού όγκου / κατανάλωσης με σκοπό την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσής της. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία εισαγωγή για την βασική κατανόηση της εργασίας. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται λόγος για τις συστάδες υπολογιστικών μονάδων. Το τρίτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στις υπολογιστικές μονάδες χαμηλού όγκου / κατανάλωσης. Στο τέταρτο κεφάλαιο τίθενται οι προδιαγραφές. Ακολουθεί το πέμπτο κεφάλαιο με το πλαίσιο αξιολόγησης και στη συνέχεια το έκτο με την υλοποίηση. Τέλος στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα της όλης διαδικασίας.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω καταρχάς την οικογένειά μου που με βοήθησε και με στήριξε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου διατριβής. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Αθανάσιο Κακαρούντα, για την ανάθεση της διπλωματικής αυτής διατριβής σε εμένα αλλά και τις πολύτιμες συμβουλές που μου έδωσε κατά τη διάρκεια της εκπόνησής της.

Πίνακας περιεχομένων

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1° | 1 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 1 |
| 1. Εισαγωγή..... | 2 |
| 2. Αύξηση Επεξεργαστικής Ισχύος..... | 3 |
| 3. Αύξηση Κατανάλωσης Ενέργειας..... | 4 |
| 4. Κλιματική Αλλαγή..... | 5 |
| 5. Εκτίμηση Ενεργειακής Απόδοσης..... | 6 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2° | 7 |
| ΣΥΣΤΑΔΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ (COMPUTER CLUSTERS)..... | 7 |
| 1. Εισαγωγή..... | 8 |
| 2. Χαρακτηριστικά και Ταξινόμηση..... | 9 |
| 2.1 High Performance Clusters (HPC)..... | 9 |
| 2.2 High Availability Clusters (HAC)..... | 10 |
| 2.3 Load Balancing Clusters (LBC)..... | 10 |
| 3. Χρησιμότητα..... | 11 |
| 4. Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα..... | 13 |
| 4.1 Πλεονεκτήματα..... | 13 |
| 4.2 Μειονεκτήματα..... | 14 |
| 5. Η Σημασία της Πρόσβασης σε μία Συστάδα..... | 15 |
| 6. Οι Δυνατότητες από την Πρόσβαση σε μία Συστάδα..... | 17 |
| 7. Σύνοψη και Συμπεράσματα..... | 19 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3° | 23 |
| ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΧΑΜΗΛΟΥ ΟΓΚΟΥ / ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ (SINGLE BOARD COMPUTERS)..... | 23 |
| 1. Εισαγωγή..... | 24 |
| 2. Υλικό και Λογισμικό..... | 24 |
| 2.1 Λογισμικό..... | 25 |
| 2.1.1 Κλειστό Λογισμικό..... | 25 |
| 2.1.2 Ελεύθερο Λογισμικό και Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα..... | 25 |
| 2.2 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα..... | 26 |

| | | |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.1 | Κλειστό Λογισμικό..... | 26 |
| 2.2.2 | Ελεύθερο Λογισμικό και Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα..... | 27 |
| 2.3 | Υλικό..... | 28 |
| 2.3.1 | Κλειστό Υλικό..... | 28 |
| 2.3.2 | Ελεύθερο Υλικό..... | 28 |
| 3. | Χαρακτηριστικά..... | 29 |
| 4. | Χρησιμότητα..... | 29 |
| 5. | Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα..... | 30 |
| 5.1 | Πλεονεκτήματα..... | 30 |
| 5.2 | Μειονεκτήματα..... | 30 |
| | ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°..... | 31 |
| | ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ..... | 31 |
| 1. | Εισαγωγή..... | 32 |
| 2. | Απαιτήσεις – Προδιαγραφές Υλικού..... | 32 |
| 2.1 | Επεξεργαστής..... | 32 |
| 2.2 | Μνήμη RAM..... | 33 |
| 2.3 | Δίκτυο..... | 33 |
| 2.4 | Κόστος..... | 34 |
| 3. | Απαιτήσεις – Προδιαγραφές Λογισμικού..... | 34 |
| 3.1 | Λειτουργικό Σύστημα..... | 34 |
| 3.2 | Εφαρμογές μέτρησης υπολογιστικής ισχύος..... | 36 |
| 4. | Απαιτήσεις Συνοπτικά..... | 37 |
| 5. | Στόχος..... | 38 |
| | ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°..... | 41 |
| | ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ..... | 41 |
| 1. | Εισαγωγή..... | 42 |
| 2. | Λειτουργικό Σύστημα..... | 42 |
| 3. | Διεπαφή Διελεύσεως Μηνυμάτων (Message Passing Interface - MPI)..... | 43 |
| 4. | Εφαρμογή Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος (Benchmark)..... | 45 |
| 5. | Εφαρμογή Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος σε Κρυπτονομίσματα (Cryptocurrency)..... | 45 |
| 6. | Εφαρμογή Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος στην Βιοπληροφορική (Bioinformatics)..... | 47 |
| 7. | Μέτρηση Καταναλισκόμενης Ενέργειας..... | 51 |
| | ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°..... | 53 |
| | ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ..... | 53 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Εισαγωγή..... | 54 |
| 2. Προετοιμασία Υλικού (Hardware)..... | 55 |
| 3. Λειτουργικό Σύστημα..... | 56 |
| 4. Συστάδα..... | 58 |
| 5. Συμβατικές Υπολογιστικές Μονάδες Σύγκρισης..... | 60 |
| 6. Μέτρηση Κατανάλωσης σε Κατάσταση Αναμονής..... | 62 |
| 7. Εφαρμογή Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος (Benchmark)..... | 62 |
| 7.1 Προεργασία..... | 62 |
| 7.2 Αποτελέσματα..... | 65 |
| 8. Εφαρμογή Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος σε Κρυπτονομίσματα (Cryptocurrency)..... | 67 |
| 8.1 Προεργασία..... | 67 |
| 8.2 Αποτελέσματα..... | 68 |
| 9. Εφαρμογή Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος στην Βιοπληροφορική (Bioinformatics)..... | 69 |
| 9.1 Προεργασία..... | 69 |
| 9.2 Αποτελέσματα..... | 69 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7°..... | 71 |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... | 71 |
| 1. Εισαγωγή..... | 72 |
| 2. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων..... | 72 |
| 2.1 Αξιολόγηση Μέτρησης Κατανάλωσης σε Κατάσταση Αναμονής..... | 72 |
| 2.2 Αξιολόγηση Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος (Benchmark)..... | 73 |
| 2.3 Αξιολόγηση Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος σε Κρυπτονομίσματα (Cryptocurrency)..... | 74 |
| 2.4 Αξιολόγηση Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος στην Βιοπληροφορική (Bioinformatics)..... | 76 |
| 3. Δημιουργία Υπερυπολογιστή από υπολογιστικές μονάδες χαμηλού όγκου / κατανάλωσης..... | 79 |
| 4. Μελλοντική Έρευνα και Προτάσεις..... | 82 |
| 4.1 Συνεχής Βελτίωση και Παρακολούθηση..... | 82 |
| 4.2 Ενεργητική Ψύξη - Υδροψύξη..... | 83 |
| 4.3 Νέες Δυνατότητες με Χρήση «Cluster Manager»..... | 83 |
| 4.4 Student Cluster Competition..... | 85 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 87 |
| Διεθνής Βιβλιογραφία..... | 88 |
| Συνέδρια..... | 88 |
| Διαδικτυακές αναφορές..... | 89 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ..... | 91 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Α»..... | 92 |
| ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΧΑΜΗΛΟΥ ΟΓΚΟΥ / ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ..... | 92 |
| 1. 86Duino Zero / Zero Plus..... | 93 |
| 2. A20-OlinuXino-Micro..... | 93 |
| 3. A64-OlinuXino..... | 94 |
| 4. Banana Pi BPI-M2 Berry..... | 94 |
| 5. Banana Pi BPI-M2 Magic..... | 95 |
| 6. Banana Pi BPI-M2 Ultra..... | 95 |
| 7. Banana Pi BPI-M2 Zero..... | 96 |
| 8. Banana Pi BPI-M64..... | 96 |
| 9. Banana Pi BPI-W2..... | 97 |
| 10. BeagleBone Black, Rev C..... | 97 |
| 11. BeagleBone Blue..... | 98 |
| 12. Bubblegum-96..... | 98 |
| 13. CloudBit..... | 99 |
| 14. CubieAIO-A20..... | 99 |
| 15. CubieBoard4..... | 100 |
| 16. DragonBoard 820c..... | 100 |
| 17. Firefly-RK3288 Reload..... | 101 |
| 18. Firefly-RK3399..... | 101 |
| 19. Firefly-ROC-RK3328-CC (Renegade)..... | 102 |
| 20. HiKey..... | 102 |
| 21. HummingBoard-Gate..... | 103 |
| 22. Khadas Vim Pro..... | 103 |
| 23. Khadas Vim2..... | 104 |
| 24. LinkSprite Acadia V3..... | 104 |
| 25. LinkSprite Arches..... | 105 |
| 26. MediaTek X20 Development Board..... | 105 |
| 27. MinnowBoard Turbot Dual-Core / Dual-Ethernet Dual-Core..... | 106 |
| 28. MinnowBoard Turbot Quad-Core / Dual-Ethernet Quad-Core..... | 106 |
| 29. MYS-6ULX SBC..... | 107 |
| 30. NanoPC-T3 Plus..... | 107 |
| 31. NanoPC-T4..... | 108 |
| 32. NanoPi A64..... | 108 |

| | | |
|-----|-----------------------------------------------------------|-----|
| 33. | NanoPi Duo..... | 109 |
| 34. | NanoPi K1 Plus..... | 109 |
| 35. | NanoPi K2..... | 110 |
| 36. | NanoPi M1 Plus..... | 110 |
| 37. | NanoPi M2A..... | 111 |
| 38. | NanoPi Fire3..... | 111 |
| 39. | NanoPi Neo..... | 112 |
| 40. | NanoPi Neo2-LTS..... | 112 |
| 41. | NanoPi Neo Air..... | 113 |
| 42. | NanoPi Neo Plus2..... | 113 |
| 43. | Odroid-C0..... | 114 |
| 44. | Odroid-C1+..... | 114 |
| 45. | Odroid-C2..... | 115 |
| 46. | Odroid-N1..... | 115 |
| 47. | Odroid-XU4..... | 116 |
| 48. | Orange Pi 2G-IOT..... | 116 |
| 49. | Orange Pi 3G-IOT-B..... | 117 |
| 50. | Orange Pi 4G-IOT..... | 117 |
| 51. | Orange Pi i96..... | 118 |
| 52. | Orange Pi Lite..... | 118 |
| 53. | Orange Pi One Plus..... | 119 |
| 54. | Orange Pi PC / PC Plus..... | 119 |
| 55. | Orange Pi PC 2..... | 120 |
| 56. | Orange Pi Prime..... | 120 |
| 57. | Orange Pi R1..... | 121 |
| 58. | Orange Pi RK3399..... | 121 |
| 59. | Orange Pi Win Plus / Win..... | 122 |
| 60. | Orange Pi Zero H2+ / Zero Plus 2 H3 / Zero Plus 2 H5..... | 122 |
| 61. | OSD3358-SM-RED..... | 123 |
| 62. | Parallella..... | 123 |
| 63. | Pine A64 / A64-LTS..... | 124 |
| 64. | Pine H64..... | 124 |
| 65. | Raspberry Pi Zero..... | 125 |
| 66. | Raspberry Pi Zero W / Zero WH..... | 125 |

| | | |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 67. | Raspberry Pi 3 Model B..... | 126 |
| 68. | Raspberry Pi 3 Model B+..... | 126 |
| 69. | Rico Board..... | 127 |
| 70. | Rockchip RK3399 Sapphire..... | 127 |
| 71. | Rock64..... | 128 |
| 72. | RockPro64..... | 128 |
| 73. | SAMA5D4 Xplained Ultra..... | 129 |
| 74. | Tritium..... | 129 |
| 75. | Udoo Quad / Dual / Dual Basic..... | 130 |
| 76. | Udoo X86..... | 130 |
| 77. | UP board..... | 131 |
| 78. | UP Core..... | 131 |
| 79. | UP Squared..... | 132 |
| 80. | USB Armory..... | 132 |
| 81. | VoltaStream Zero..... | 133 |
| 82. | Wand-Pi-8M..... | 133 |
| 83. | Z-turn Board..... | 134 |
| 84. | Z-turn Lite..... | 134 |
| | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Β»..... | 135 |
| | ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΧΑΜΗΛΟΥ ΟΓΚΟΥ / ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ..... | 135 |
| 1. | 86Duino Zero / Zero Plus..... | 136 |
| 2. | A20-OlinuXino-Micro..... | 136 |
| 3. | A64-OlinuXino..... | 137 |
| 4. | Banana Pi BPI-M2 Berry..... | 138 |
| 5. | Banana Pi BPI-M2 Magic..... | 138 |
| 6. | Banana Pi BPI-M2 Ultra..... | 139 |
| 7. | Banana Pi BPI-M2 Zero..... | 140 |
| 8. | Banana Pi BPI-M64..... | 141 |
| 9. | Banana Pi BPI-W2..... | 142 |
| 10. | BeagleBone Black, Rev C..... | 143 |
| 11. | BeagleBone Blue..... | 143 |
| 12. | Bubblegum-96..... | 144 |
| 13. | CloudBit..... | 145 |

| | | |
|-----|-------------------------------------------------------------|-----|
| 14. | CubieAIO-A20..... | 145 |
| 15. | CubieBoard4..... | 146 |
| 16. | DragonBoard 820c..... | 147 |
| 17. | Firefly-RK3288 Reload..... | 148 |
| 18. | Firefly-RK3399..... | 149 |
| 19. | Firefly-ROC-RK3328-CC (Renegade)..... | 150 |
| 20. | HiKey..... | 151 |
| 21. | HummingBoard-Gate..... | 152 |
| 22. | Khadas Vim Pro..... | 152 |
| 23. | Khadas Vim2..... | 153 |
| 24. | LinkSprite Acadia V3..... | 154 |
| 25. | LinkSprite Arches..... | 154 |
| 26. | MediaTek X20 Development Board..... | 155 |
| 27. | MinnowBoard Turbot Dual-Core / Dual-Ethernet Dual-Core..... | 156 |
| 28. | MinnowBoard Turbot Quad-Core / Dual-Ethernet Quad-Core..... | 156 |
| 29. | MYS-6ULX SBC..... | 157 |
| 30. | NanoPC-T3 Plus..... | 158 |
| 31. | NanoPC-T4..... | 159 |
| 32. | NanoPi A64..... | 160 |
| 33. | NanoPi Duo..... | 160 |
| 34. | NanoPi K1 Plus..... | 161 |
| 35. | NanoPi K2..... | 162 |
| 36. | NanoPi M1 Plus..... | 162 |
| 37. | NanoPi M2A..... | 163 |
| 38. | NanoPi Fire3..... | 164 |
| 39. | NanoPi Neo..... | 164 |
| 40. | NanoPi Neo2-LTS..... | 165 |
| 41. | NanoPi Neo Air..... | 165 |
| 42. | NanoPi Neo Plus2..... | 166 |
| 43. | Odroid-C0..... | 166 |
| 44. | Odroid-C1+..... | 167 |
| 45. | Odroid-C2..... | 168 |
| 46. | Odroid-N1..... | 168 |
| 47. | Odroid-XU4..... | 169 |

| | | |
|-----|-----------------------------------------------------------|-----|
| 48. | Orange Pi 2G-IOT..... | 170 |
| 49. | Orange Pi 3G-IOT-B..... | 171 |
| 50. | Orange Pi 4G-IOT..... | 172 |
| 51. | Orange Pi i96..... | 172 |
| 52. | Orange Pi Lite..... | 173 |
| 53. | Orange Pi One Plus..... | 174 |
| 54. | Orange Pi PC / PC Plus..... | 174 |
| 55. | Orange Pi PC 2..... | 175 |
| 56. | Orange Pi Prime..... | 176 |
| 57. | Orange Pi R1..... | 176 |
| 58. | Orange Pi RK3399..... | 177 |
| 59. | Orange Pi Win Plus / Win..... | 178 |
| 60. | Orange Pi Zero H2+ / Zero Plus 2 H3 / Zero Plus 2 H5..... | 179 |
| 61. | OSD3358-SM-RED..... | 179 |
| 62. | Parallella..... | 180 |
| 63. | Pine A64 / A64-LTS..... | 180 |
| 64. | Pine H64..... | 181 |
| 65. | Raspberry Pi Zero..... | 182 |
| 66. | Raspberry Pi Zero W / Zero WH..... | 183 |
| 67. | Raspberry Pi 3 Model B..... | 183 |
| 68. | Raspberry Pi 3 Model B+..... | 184 |
| 69. | Rico Board..... | 184 |
| 70. | Rockchip RK3399 Sapphire..... | 185 |
| 71. | Rock64..... | 186 |
| 72. | RockPro64..... | 187 |
| 73. | SAMA5D4 Xplained Ultra..... | 187 |
| 74. | Tritium..... | 188 |
| 75. | Udoo Quad / Dual / Dual Basic..... | 189 |
| 76. | Udoo X86..... | 190 |
| 77. | UP board..... | 192 |
| 78. | UP Core..... | 192 |
| 79. | UP Squared..... | 193 |
| 80. | USB Armory..... | 194 |
| 81. | VoltaStream Zero..... | 194 |

| | | |
|-----|------------------------------------------------------------------|-----|
| 82. | Wand-Pi-8M..... | 195 |
| 83. | Z-turn Board..... | 195 |
| 84. | Z-turn Lite..... | 196 |
| | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Γ»..... | 197 |
| | ΚΩΔΙΚΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΙΕΠΑΦΗΣ ΔΙΕΛΕΥΣΕΩΣ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ..... | 197 |
| | ΑΡΧΕΙΟ «helloworld.c»..... | 197 |
| 1. | Κώδικας Προγράμματος helloworld.c..... | 198 |
| | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Δ»..... | 201 |
| | ΑΡΧΕΙΟ ΕΙΣΟΔΟΥ «HPLINPACK BENCHMARK»..... | 201 |
| 1. | Αρχείο HPL.dat..... | 202 |
| 2. | Αρχείο HPL.dat – Ανάλυση Παραμέτρων..... | 202 |
| | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Ε»..... | 205 |
| | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ «HPLINPACK BENCHMARK»..... | 205 |
| 1. | Κόμβος (Πυρήνες 1, N=5040, NB=128, P=1, Q=1)..... | 206 |
| 2. | Κόμβος (Πυρήνες 4, N=5040, NB=128, P=1, Q=1)..... | 207 |
| 3. | Κόμβος (Πυρήνες 4, N=6528, NB=128, P=1, Q=4)..... | 208 |
| 4. | Κόμβος (Πυρήνες 4, N=6528, NB=128, P=2, Q=2)..... | 209 |
| 5. | Κόμβος (Πυρήνες 4, N=6528, NB=128, P=4, Q=1)..... | 210 |
| 6. | Κόμβος (Πυρήνες 4, N=12544, NB=96, P=2, Q=2) [Max]..... | 211 |
| 7. | Κόμβος (Πυρήνες 4, N=13056, NB=96, P=2, Q=2) [Max]..... | 212 |
| 8. | Συστάδα (Πυρήνες 20, N=10880, NB=128, P=1, Q=20)..... | 213 |
| 9. | Συστάδα (Πυρήνες 20, N=10880, NB=128, P=2, Q=10)..... | 214 |
| 10. | Συστάδα (Πυρήνες 20, N=10880, NB=128, P=4, Q=5)..... | 215 |
| 11. | Συστάδα (Πυρήνες 20, N=10880, NB=128, P=5, Q=4)..... | 216 |
| 12. | Συστάδα (Πυρήνες 20, N=10880, NB=128, P=10, Q=2)..... | 217 |
| 13. | Συστάδα (Πυρήνες 20, N=10880, NB=128, P=20, Q=1)..... | 218 |
| 14. | Συστάδα (Πυρήνες 20, N=18432, NB=96, P=5, Q=4)..... | 219 |
| 15. | Συστάδα (Πυρήνες 20, N=18432, NB=128, P=5, Q=4)..... | 220 |
| 16. | Συστάδα (Πυρήνες 12, N=18432, NB=256, P=5, Q=4)..... | 221 |
| 17. | Συστάδα (Πυρήνες 20, N=28416, NB=256, P=5, Q=4)..... | 222 |
| 18. | Συστάδα (Πυρήνες 20, N=29184, NB=256, P=5, Q=4) [Max]..... | 223 |
| 19. | Συστάδα (Πυρήνες 20, N=29440, NB=256, P=5, Q=4)..... | 224 |
| 20. | Συστάδα (Πυρήνες 20, Μέγιστο Παλαιού Πυρήνα)..... | 225 |
| 21. | Συστάδα (Κόμβος 1, Πυρήνες 4) [Max]..... | 226 |

| | | |
|-----|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 22. | Συστάδα (Κόμβος 1, Πυρήνες 4) [Max] (2 Limit)..... | 227 |
| 23. | Συστάδα (Κόμβοι 2, Πυρήνες 8) [Max]..... | 228 |
| 24. | Συστάδα (Κόμβοι 3, Πυρήνες 12) [Max]..... | 229 |
| 25. | Συστάδα (Κόμβοι 4, Πυρήνες 16) [Max]..... | 230 |
| 26. | T9300 (Πυρήνες 2, N=18944, NB=128, P=1, Q=2)..... | 231 |
| 27. | T9300 (Πυρήνες 2, N=19840, NB=128, P=1, Q=2) [Max]..... | 232 |
| 28. | T9300 (Πυρήνες 2, N=19872, NB=96, P=1, Q=2)..... | 233 |
| 29. | i5 (Πυρήνες 4, N=18720, NB=96, P=1, Q=4)..... | 234 |
| 30. | i5 (Πυρήνες 4, N=18912, NB=96, P=1, Q=4) [Max]..... | 235 |
| 31. | i5 (Πυρήνες 4, N=19200, NB=96, P=1, Q=4)..... | 236 |
| 32. | i7 (Πυρήνες 8, N=34080, NB=96, P=2, Q=4)..... | 237 |
| 33. | i7 (Πυρήνες 8, N=34464, NB=96, P=2, Q=4) [Max]..... | 238 |
| 34. | i7 (Πυρήνες 8, N=34848, NB=96, P=2, Q=4)..... | 239 |
| 35. | Ryzen5 (Πυρήνες 16, N=60160, NB=256, P=4, Q=4)..... | 240 |
| 36. | Ryzen5 (Πυρήνες 16, N=60928, NB=256, P=4, Q=4) [Max]..... | 241 |
| 37. | Ryzen5 (Πυρήνες 16, N=61440, NB=256, P=4, Q=4)..... | 242 |
| 38. | ThreadRipper (Πυρήνες 16, N=56320, NB=256, P=4, Q=4)..... | 243 |
| 39. | ThreadRipper (Πυρήνες 16, N=58880, NB=256, P=4, Q=4) [Max]..... | 244 |
| 40. | ThreadRipper (Πυρήνες 16, N=59392, NB=256, P=4, Q=4)..... | 245 |
| | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «ΣΤ»..... | 247 |
| | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΟΡΥΞΗΣ «ΑΕΟΝ» (ΑΕΟΝ MINING)..... | 247 |
| 1. | Συστάδα (HR 146,25)..... | 248 |
| 2. | T9300 (HR 56,08)..... | 248 |
| 3. | i5 (HR 445,67)..... | 249 |
| 4. | i7 (HR 886,58)..... | 249 |
| 5. | Ryzen5 (HR 1.603,75)..... | 250 |
| 6. | ThreadRipper (HR 2.206,33)..... | 250 |
| | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Ζ»..... | 251 |
| | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ «MSAPROBS»..... | 251 |
| 1. | Συστάδα (994,88 Sec)..... | 252 |
| 2. | T9300 (643,48 Sec)..... | 253 |
| 3. | i5 (269,31 Sec)..... | 254 |
| 4. | i7 (254,71 Sec)..... | 255 |
| 5. | Ryzen5 (90,34 Sec)..... | 256 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 6. ThreadRipper (75,42 Sec)..... | 257 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Η»..... | 259 |
| ΛΙΣΤΕΣ «TOP500» & «GREEN500»..... | 259 |
| 1. Top500 List..... | 260 |
| 2. Green500 List..... | 271 |

Κατάλογος Ορολογίας, Συμβολισμών και Ακρώνυμων

Aerospace: Αεροδιαστημική

Application Programming Interface (API): Διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών

Audio Processing: Επεξεργασία Ήχου

Backup: Αντίγραφα Ασφαλείας

Bioinformatics: Βιοπληροφορική

Biotechnology: Βιοτεχνολογία

Closed Source Software: Κλειστό Λογισμικό

Cluster: Συστάδα

Computer Cluster: Συστάδα Υπολογιστικών Μονάδων

Copyright: Πνευματικά δικαιώματα

Data Centers: Κέντρα Δεδομένων

Data Mining: Εξόρυξη Δεδομένων

Disassembly: Ανάκτηση του πηγαίου κώδικα από τον κώδικα μηχανής

Economics: Οικονομικά

Engineering: Μηχανική

Expandability: Επεκτασιμότητα

Free and Open Source Software (FOSS): Ελεύθερο Λογισμικό και Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα

Freeware: Δωρεάν Λογισμικό

Games: Παιχνίδια

Hardware Components: Εξαρτήματα Υλικού

Hardware: Υλικό

High Availability: Υψηλή Διαθεσιμότητα

High Availability Clusters (HAC): Συστάδες Υψηλής Διαθεσιμότητας

High Performance: Υψηλές Επιδόσεις

High Performance Clusters (HPC): Συστάδες Υψηλών Επιδόσεων

Horizontal Scaling: Οριζόντιος Τρόπος Κλιμάκωσης

Input / Output (I/O): Είσοδος / Έξοδος

Internet of Things (IoT): Διαδίκτυο των πραγμάτων

Internet of Everything (IoE): Διαδίκτυο των πάντων

IT department: Τμήμα Πληροφορικής

Linux Cluster: Συστάδα Λίνουξ

Load Balancing Clusters (LBC): Συστάδες Αντιστάθμισης Φορτίου

Message Passing Interface (MPI): Διεπαφή Διελεύσεως Μηνυμάτων

Microchip: Μικροτσιπ

Node: Κόμβος

Open Source Hardware (OSHW): Ελεύθερο Υλικό

Physic: Φυσική

Scalability: Κλιμάκωση

Science Computation: Επιστημονικοί Υπολογισμοί

Simulation: Προσομοίωση

Single Board Computer (SBC): Υπολογιστική μονάδα χαμηλού όγκου / κατανάλωσης

Sociology: Κοινωνιολογία

Software: Λογισμικό

Supercomputer: Υπερυπολογιστής

Symmetric MultiProcessor (SMP): Συμμετρικός Πολυεπεξεργαστής

Vertical Scaling: Κάθετος Τρόπος Κλιμάκωσης

Video Processing: Επεξεργασία Βίντεο

Ευρετήριο Διαγραμμάτων/Εικόνων/Σχημάτων/Χαρτών

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Εικόνα 1 - EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) (Πηγή: Wikipedia). | 2 |
| Εικόνα 2 - Vertical / Horizontal Scaling (Πηγή: https://i.stack.imgur.com/On3tO.png)..... | 3 |
| Εικόνα 3 - Worldwide Data Center Facilities - Power Needs in GW (Πηγή: Yole)..... | 4 |
| Εικόνα 4 - NASA Climate Change (Πηγή: climate.nasa.gov)..... | 5 |
| Εικόνα 5 - Performance Per Watt (Πηγή: Intel)..... | 6 |
| Εικόνα 6 - Computer Cluster (Πηγή: Oracle)..... | 8 |
| Εικόνα 7 - High Performance Clusters (HPC) (Πηγή: Cluster Computing - AAKASH SINGH).. | 9 |
| Εικόνα 8 - High Availability Clusters (HAC) (Πηγή: Cluster Computing - AAKASH SINGH)... | 10 |
| Εικόνα 9 - Load Balancing Clusters (LBC) (Πηγή: Cluster Computing - AAKASH SINGH).... | 11 |
| Εικόνα 10 - Computer Cluster (Πηγή: Intel)..... | 12 |
| Εικόνα 11 - Schematic view of the supercomputer at Cornell University (Πηγή: www.researchgate.net)..... | 13 |
| Εικόνα 12 - Components of HPC cluster (Πηγή: Pradeep Redddy Raamana, High performance computing)..... | 15 |
| Εικόνα 13 - SETI@home (Πηγή: setiathome.berkeley.edu)..... | 17 |
| Εικόνα 14 - Cluster View: Connecting and Monitoring (Πηγή: www.oracle.com)..... | 18 |
| Εικόνα 15 - Data Center (Πηγή: DataCenterDynamics)..... | 22 |
| Εικόνα 16 - Single Board Computer Size (Πηγή: ourclipart.com)..... | 24 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Εικόνα 17 - Open source solutions (Πηγή: www.apriso.com)..... | 26 |
| Εικόνα 18 – ARM Instruction set block diagram (Πηγή: developer.arm.com)..... | 32 |
| Εικόνα 19 - Μνήμη RAM (Πηγή: RAM by Clementine Parker)..... | 33 |
| Εικόνα 20 - Ethernet (Πηγή: jowang.over-blog.com)..... | 33 |
| Εικόνα 21 - Κόστος (Πηγή: Homeschool411.com)..... | 34 |
| Εικόνα 22 - Λειτουργικά Συστήματα (Πηγή: hackweser.blogspot.com)..... | 35 |
| Εικόνα 23 - Bioinformatics (Πηγή: blog.f1000.com)..... | 36 |
| Εικόνα 24 - Energy Efficiency (Πηγή: facilitiesmagazine.com)..... | 38 |
| Εικόνα 25 - ECO design (Πηγή: www.cys.org.cy)..... | 39 |
| Εικόνα 26 - Ενεργειακή Απόδοση (Πηγή: www.cys.org.cy)..... | 40 |
| Εικόνα 27 – Message Passing Interface (MPI) 1980s-90s and Today (Πηγή: computing.llnl.gov)..... | 43 |
| Εικόνα 28 - The layered design of Open MPI (Πηγή: www.researchgate.net)..... | 44 |
| Εικόνα 29 - Top500 - The Linpack Benchmark (Πηγή: www.top500.org)..... | 45 |
| Εικόνα 30 - AEON - MONERO (Πηγή: steemit.com/crypto)..... | 46 |
| Εικόνα 31 - XMRig Logo (Πηγή: config.xmrig.com)..... | 47 |
| Εικόνα 32 - Guide trees (ac) and alignment visualizations (bd) programs Probalign (ab) and MSAProbs (cd) (Πηγή: almob.biomedcentral.com/articles/10.1186/1748-7188-9-12)..... | 48 |
| Εικόνα 33 - Uniprot (Πηγή: www.uniprot.org)..... | 49 |
| Εικόνα 34 - Elixir (Πηγή: www.elixir-europe.org)..... | 49 |
| Εικόνα 35 - IT Demand Versus Energy Efficiency (Πηγή: www.datacenterjournal.com).... | 51 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Εικόνα 36 - Data Center Conference 2017 (Πηγή: datacenterconference.boussiasconferences.gr)..... | 52 |
| Εικόνα 37 - Orange Pi Win Plus (Πηγή: www.orangepi.org)..... | 54 |
| Εικόνα 38 - Orange Pi Win Plus..... | 55 |
| Εικόνα 39 - ARMBIAN (Πηγή: www.armbian.com)..... | 56 |
| Εικόνα 40 - Etcher..... | 57 |
| Εικόνα 41 - Εκκίνηση του πρώτου κόμβου (node01)..... | 58 |
| Εικόνα 42 - mpiexec -n 20 –hostfile ~/hostfile –npnode 4 ./helloworld.mpi..... | 59 |
| Εικόνα 43 - Ubuntu Logo (Πηγή: www.ubuntu.com)..... | 60 |
| Εικόνα 44 - Linpack Benchmark main algorithm (Πηγή: www.netlib.org)..... | 63 |
| Εικόνα 45 - DNA (Πηγή: www.sciencemag.org)..... | 69 |
| Εικόνα 46 - Γράφημα Κατανάλωσης σε Κατάσταση Αναμονής..... | 73 |
| Εικόνα 47 - Γράφημα Υπολογιστικής Ισχύος και Κατανάλωσης «Linpack Benchmark»..... | 73 |
| Εικόνα 48 - Γράφημα Ενεργειακής Απόδοσης «Linpack Benchmark»..... | 74 |
| Εικόνα 49 - Γράφημα Υπολογιστικής Ισχύος και Κατανάλωσης «AEON mining»..... | 75 |
| Εικόνα 50 - Γράφημα Ενεργειακής Απόδοσης «AEON mining»..... | 76 |
| Εικόνα 51 - Γράφημα Χρόνου και Κατανάλωσης «MSAProbs»..... | 77 |
| Εικόνα 52 - Γράφημα Συνολικής Κατανάλωσης «MSAProbs»..... | 77 |
| Εικόνα 53 - Γράφημα Ενεργειακής Απόδοσης «MSAProbs»..... | 78 |
| Εικόνα 54 - Συνεχής Παρακολούθηση (Πηγή: unkt.org)..... | 82 |
| Εικόνα 55 – Υδρόψυξη (Πηγή: www.aerocooler.com)..... | 83 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Εικόνα 56 - Cray Cluster Software Stack (Πηγή: www.cray.com)..... | 84 |
| Εικόνα 57 - SuperComputing Conference (Πηγή: sc18.supercomputing.org)..... | 85 |
| Εικόνα 58 - Atos Will Build Germany's Fastest Supercomputer (www.top500.org)..... | 86 |
| Εικόνα 59 - Reference Design Kit, Single Board Computer Intelligent Display, Stellaris® (Πηγή: www.newark.com)..... | 90 |
| Εικόνα 60 - 86Duino Zero / Zero Plus..... | 93 |
| Εικόνα 61 - A20-OlinuXino-Micro..... | 93 |
| Εικόνα 62 - A64-OLinuXino..... | 94 |
| Εικόνα 63 - Banana Pi BPI-M2 Berry..... | 94 |
| Εικόνα 64 - Banana Pi BPI-M2 Magic..... | 95 |
| Εικόνα 65 - Banana Pi BPI-M2 Ultra..... | 95 |
| Εικόνα 66 - Banana Pi BPI-M2 Zero..... | 96 |
| Εικόνα 67 - Banana Pi BPI-M64..... | 96 |
| Εικόνα 68 - Banana Pi BPI-W2..... | 97 |
| Εικόνα 69 - BeagleBone Black, Rev C..... | 97 |
| Εικόνα 70 - BeagleBone Blue..... | 98 |
| Εικόνα 71 - Bubblegum-96..... | 98 |
| Εικόνα 72 - CloudBit..... | 99 |
| Εικόνα 73 - CubieAIO-A20..... | 99 |
| Εικόνα 74 - CubieBoard4..... | 100 |
| Εικόνα 75 - DragonBoard 820c..... | 100 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| Εικόνα 76 - Firefly-RK3288 Reload..... | 101 |
| Εικόνα 77 - Firefly-RK3399..... | 101 |
| Εικόνα 78 - Firefly-ROC-RK3328-CC (Renegade)..... | 102 |
| Εικόνα 79 - HiKey..... | 102 |
| Εικόνα 80 - HummingBoard-Gate..... | 103 |
| Εικόνα 81 - Khadas Vim Pro..... | 103 |
| Εικόνα 82 - Khadas Vim2..... | 104 |
| Εικόνα 83 - LinkSprite Acadia V3..... | 104 |
| Εικόνα 84 - LinkSprite Arches..... | 105 |
| Εικόνα 85 - MediaTek X20 Development Board..... | 105 |
| Εικόνα 86 - MinnowBoard Turbot Dual-Core / Dual-Ethernet Dual-Core..... | 106 |
| Εικόνα 87 - MinnowBoard Turbot Quad-Core / Dual-Ethernet Quad-Core..... | 106 |
| Εικόνα 88 - MYS-6ULX SBC..... | 107 |
| Εικόνα 89 - NanoPC-T3 Plus..... | 107 |
| Εικόνα 90 - NanoPC-T4..... | 108 |
| Εικόνα 91 - NanoPi A64..... | 108 |
| Εικόνα 92 - NanoPi Duo..... | 109 |
| Εικόνα 93 - NanoPi K1 Plus..... | 109 |
| Εικόνα 94 - NanoPi K2..... | 110 |
| Εικόνα 95 - NanoPi M1 Plus..... | 110 |
| Εικόνα 96 - NanoPi M2A..... | 111 |

| | |
|------------------------------------------|-----|
| Εικόνα 97 - NanoPi Fire3..... | 111 |
| Εικόνα 98 - NanoPi Neo..... | 112 |
| Εικόνα 99 - NanoPi Neo2-LTS..... | 112 |
| Εικόνα 100 - NanoPi Neo Air..... | 113 |
| Εικόνα 101 - NanoPi Neo Plus2..... | 113 |
| Εικόνα 102 - Odroid-C0..... | 114 |
| Εικόνα 103 - Odroid-C1+..... | 114 |
| Εικόνα 104 - Odroid-C2..... | 115 |
| Εικόνα 105 - Odroid-N1..... | 115 |
| Εικόνα 106 - Odroid-XU4..... | 116 |
| Εικόνα 107 - Orange Pi 2G-IOT..... | 116 |
| Εικόνα 108 - Orange Pi 3G-IOT-B..... | 117 |
| Εικόνα 109 - Orange Pi 4G-IOT..... | 117 |
| Εικόνα 110 - Orange Pi i96..... | 118 |
| Εικόνα 111 - Orange Pi Lite..... | 118 |
| Εικόνα 112 - Orange Pi One Plus..... | 119 |
| Εικόνα 113 - Orange Pi PC / PC Plus..... | 119 |
| Εικόνα 114 - Orange Pi PC 2..... | 120 |
| Εικόνα 115 - Orange Pi Prime..... | 120 |
| Εικόνα 116 - Orange Pi R1..... | 121 |
| Εικόνα 117 - Orange Pi RK3399..... | 121 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Εικόνα 118 - Orange Pi Win Plus / Win..... | 122 |
| Εικόνα 119 - Orange Pi Zero H2+ / Zero Plus 2 H3 / Zero Plus 2 H5..... | 122 |
| Εικόνα 120 - OSD3358-SM-RED..... | 123 |
| Εικόνα 121 - Parallella..... | 123 |
| Εικόνα 122 - Pine A64 / A64-LTS..... | 124 |
| Εικόνα 123 - Pine H64..... | 124 |
| Εικόνα 124 - Raspberry Pi Zero..... | 125 |
| Εικόνα 125 - Raspberry Pi Zero W / Zero WH..... | 125 |
| Εικόνα 126 - Raspberry Pi 3 Model B..... | 126 |
| Εικόνα 127 - Raspberry Pi 3 Model B+..... | 126 |
| Εικόνα 128 - Rico Board..... | 127 |
| Εικόνα 129 - Rockchip RK3399 Sapphire..... | 127 |
| Εικόνα 130 - Rock64..... | 128 |
| Εικόνα 131 - RockPro64..... | 128 |
| Εικόνα 132 - SAMA5D4 Xplained Ultra..... | 129 |
| Εικόνα 133 - Tritium..... | 129 |
| Εικόνα 134 - Udo0 Quad / Dual / Dual Basic..... | 130 |
| Εικόνα 135 - Udo0 X86..... | 130 |
| Εικόνα 136 - UP board..... | 131 |
| Εικόνα 137 - UP Core..... | 131 |
| Εικόνα 138 - UP Squared..... | 132 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Εικόνα 139 - USB Armory..... | 132 |
| Εικόνα 140 - VoltaStream Zero..... | 133 |
| Εικόνα 141 - Wand-Pi-8M..... | 133 |
| Εικόνα 142 - Z-turn Board..... | 134 |
| Εικόνα 143 - Z-turn Lite..... | 134 |
| Εικόνα 144 - Cluster AEON mining hashrate..... | 248 |
| Εικόνα 145 - T9300 AEON mining hashrate..... | 248 |
| Εικόνα 146 - Single Board Computer – SBC (Πηγή: www.techrepublic.com)..... | 282 |

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συγκεκριμένη διπλωματική διατριβή πραγματεύεται την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης συστάδας υπολογιστικών μονάδων χαμηλού όγκου / κατανάλωσης. Με την δημιουργία μίας συστάδας, αποτελούμενης από μικρό αριθμό των ως άνω μονάδων, στόχος είναι να πραγματοποιηθεί η ενεργειακή της εκτίμηση σε σχέση με κλασικούς επιτραπέζιους και φορητούς υπολογιστές. Η ενεργειακή απόδοση θα υπολογιστεί με τρεις τρόπους. Την υπολογιστική ισχύ με σημείο αναφοράς, την εξόρυξη κρυπτονομίσματος και την ευθυγράμμιση πρωτεϊνών. Με βάση τα αποτελέσματα θα εξεταστεί το ενδεχόμενο της δημιουργίας ενός Υπερυπολογιστή από μία συστάδα υπολογιστικών μονάδων χαμηλού όγκου / κατανάλωσης.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:

Ενεργειακή Απόδοση, Υπερυπολογιστής, Συστάδα, Μικρό Μέγεθος, Χαμηλή Κατανάλωση, Χαμηλό Κόστος, Ανοικτό Υλικό

ABSTRACT

This diploma thesis deals with estimating the power aware evaluation of low cost single boards constructed cluster. By creating a cluster consisting of a small number of the above units, the goal is to carry out its energy assessment with regard to classic desktop and laptop computers. Energy efficiency will be calculated in three ways. Benchmark, cryptography mining and protein alignment. Based on the results, will be considered the possibility of creating a Supercomputer from a cluster of single board computers.

KEY WORDS:

Power Aware Evaluation, Supercomputer, Cluster, Small Size, Low Power, Low Cost, Open Source Hardware

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Εισαγωγή

Η τεχνολογία τα τελευταία χρόνια έχει κάνει τεράστια άλματα και έχει καταφέρει μεγάλα επιτεύγματα φτάνοντας πολλές φορές στα σύνορα της φαντασίας. Όλη αυτή η ανάπτυξη και η πρόοδος έχουν συμβάλει στην μεγάλη αύξηση του προσδόκιμου ζωής και του βιοτικού επιπέδου των ανθρώπων που πριν από μερικές δεκαετίες θα φάνταζε σαν σενάριο επιστημονικής φαντασίας.

Όλα αυτά τα επιτεύγματα ή καλύτερα το μεγαλύτερο μέρος των επιτευγμάτων αυτών είχε και έχει άμεση ή έμμεση σχέση με την τεράστια πρόοδο της επιστήμης. Η μεγάλη έκρηξη της τεχνολογίας που στις μέρες μας ακμάζει ξεκίνησε με την μηχανή «Z3», που έφτιαξε ο Γερμανός μηχανικός Κόνραντ Τσούζε (Konrad Zuse) το 1941 και ήταν η πρώτη που χρησιμοποιούσε το δυαδικό σύστημα αρίθμησης.



Εικόνα 1 - EDVAC

(Electronic Discrete Variable Automatic Computer)

(Πηγή: Wikipedia)

Ακολούθησε ο Ούγγρος μαθηματικός Τζον φον Νόιμαν (John von Neumann) με μια εργασία που δημοσιεύτηκε τον Ιούνιο του 1945 με τίτλο «Προσχέδιο έκθεσης για τον EDVAC», όπου περιέγραφε τη λογική λειτουργία μιας υπολογιστικής μηχανής που χρησιμοποιούσε το δυαδικό σύστημα και αποθήκευε στην μνήμη της το πρόγραμμά της. Και στην συνέχεια μεγάλη ιστορική στιγμή ήταν η ανακάλυψη του τρανζίστορ το 1947, καθώς κατέργησε τις λυχνίες κενού που χρησιμοποιούνταν μέχρι τότε για την υλοποίηση λογικών πυλών και κυκλωμάτων.

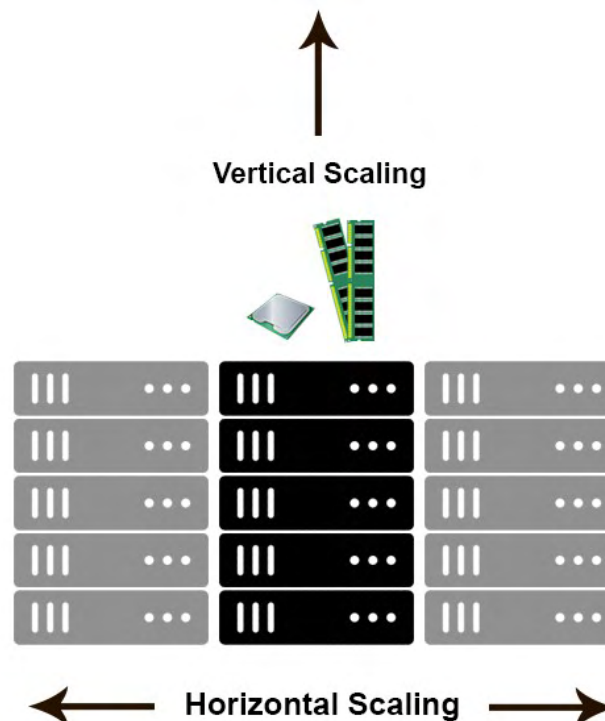
Έτσι φτάσαμε την 12 Σεπτεμβρίου 1958 στην παρουσίαση του πρώτου ολοκληρωμένου κυκλώματος σε μορφή μικροσίπ (microchip) από τους Ρόμπερτ Νόις (Robert Noyce) και

Τζακ Κίλμπι (Jack Kilby). Από εκείνο το σημείο και μετά η τεχνολογία γνώρισε τεράστια και αλματώδη εξέλιξη με εκθετικούς ρυθμούς.

2. Αύξηση Επεξεργαστικής Ισχύος

Είναι γεγονός ότι οι ανάγκες σε υπολογιστική ισχύ αυξάνονται μέρα με την ημέρα με εκθετικό ρυθμό. Καθημερινά ο μέσος άνθρωπος χρησιμοποιεί την τεχνολογία με ολοένα και περισσότερους τρόπους. Είναι γνωστός ο «Νόμος του Μουρ» (Moore's law) ο οποίος εν συντομία λέει πως ο αριθμός των τρανζίστορ ενός πυκνού ολοκληρωμένου κυκλώματος διπλασιάζεται κάθε δύο χρόνια.

Η τεχνολογία, φτάνοντας τα σημερινά υλικά κατασκευής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων στα όριά τους, σταμάτησε αυτό τον Κάθετο Τρόπο Κλιμάκωσης (Vertical Scaling) και κάλυψε το κενό με τον Οριζόντιο Τρόπο Κλιμάκωσης (Horizontal Scaling). Έτσι το ράλι της αύξησης της ταχύτητας αντικαταστάθηκε με την ραγδαία αύξηση του αριθμού των πυρήνων των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Σύντομα αυτός ο νέος τρόπος κλιμάκωσης βρήκε απίστευτες εφαρμογές στον τομέα της πληροφορικής και έδωσε νέες προοπτικές.

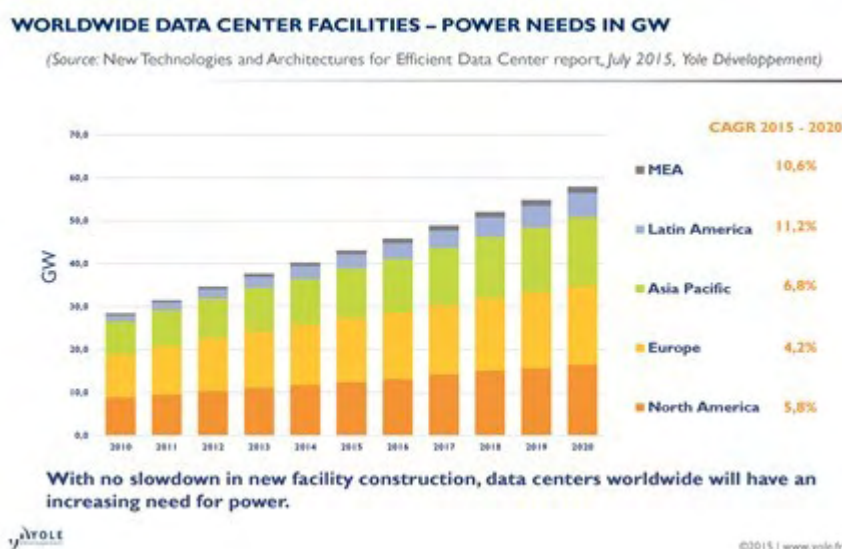


Εικόνα 2 - Vertical / Horizontal Scaling (Πηγή: <https://i.stack.imgur.com/On3tO.png>)

3. Αύξηση Κατανάλωσης Ενέργειας

Η συνεχής αύξηση της επεξεργαστικής ισχύος όμως πέραν όλων των θετικών αποτελεσμάτων που περιλαμβάνει ή και συμπαρασύρει, έχει ένα φοβερό εχθρό / μειονέκτημα, την αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Παρόλο που οι προσπάθειες που γίνονται τα τελευταία χρόνια για αύξηση της επεξεργαστικής ισχύος λαμβάνουν υπόψη σε μεγάλο βαθμό την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, είναι αναπόφευκτη η σχεδόν παράλληλη αύξησή τους.

Αν εξετάσουμε τις ανάγκες του μέσου χρήστη, της μέσης επιχείρησης και των μεγάλων οργανισμών σε επεξεργαστική ισχύ παρατηρούμε ότι τα τελευταία χρόνια έχουν πολλαπλασιαστεί με εκθετικό ρυθμό (Έξυπνα κινητά τηλέφωνα, έξυπνες συσκευές, προσωπικοί υπολογιστές, φορητοί υπολογιστές, εταιρικοί υπολογιστές / εξυπηρετητές, νέφη και σύννεφα, διαδίκτυο των πραγμάτων και διαδίκτυο των πάντων). Όλα αυτά έχουν μικρή το κάθε ένα αλλά μεγάλη στο σύνολό τους κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Πιο ξεκάθαρο γίνεται αυτό στα μεγάλα Κέντρα Δεδομένων (Data Centers) και τα ερευνητικά προγράμματα στα οποία η συσσωρευμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αγγίζει, ακόμα και ξεπερνάει σε ορισμένες περιπτώσεις, βιομηχανικές καταναλώσεις.

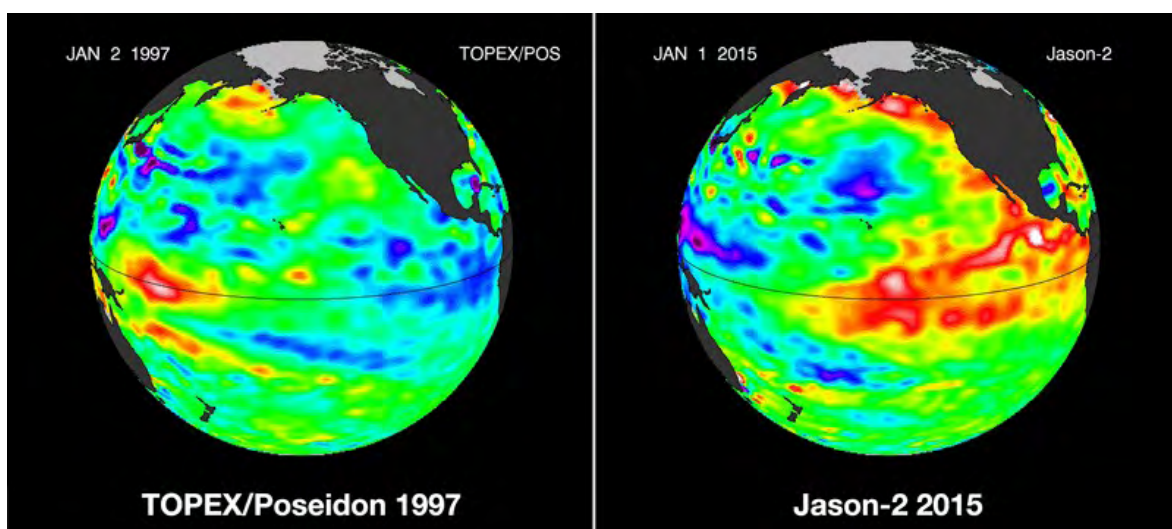


Εικόνα 3 - Worldwide Data Center Facilities - Power Needs in GW (Πηγή: Yole)

4. Κλιματική Αλλαγή

Γιατί όμως να μας ενδιαφέρει τόσο πολύ η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με την επεξεργαστική ισχύ; Η απάντηση είναι πολύ απλή. Ζούμε σε έναν πλανήτη με πεπερασμένους πόρους και η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν έχει φτάσει ακόμα σε επιθυμητά επίπεδα.

Οι διεθνείς οργανισμοί όπως η «Greenpeace», το «WWF» και πολλοί άλλοι έχουν επισημάνει το πρόβλημα από πολύ νωρίς. Από ένα σημείο και μετά άρχισαν να εμφανίζονται και οι πρώτες επιστημονικές μελέτες και σήμερα μετά από αρκετά χρόνια υπάρχει μία πληθώρα μελετών και οδηγιών από όλους σχεδόν τους επίσημους φορείς όπως ο ΟΗΕ (United Nations - Katowice Climate Change Conference (2 - 14 December 2018)), η Ευρωπαϊκή Ένωση (European Climate Change Programme), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), G8 και G20, Major Economies Forum on Energy and Climate (MEF), Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), International Energy Agency (IEA) και πολλοί άλλοι.



Εικόνα 4 - NASA Climate Change (Πηγή: climate.nasa.gov)

Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι οι G8 και G20 ασχολούνται και με αυτό το θέμα τα τελευταία χρόνια. Το όλο φαινόμενο έχει τεράστιο αντίκτυπο στην παγκόσμια οικονομία. Το όλο θέμα αγγίζει άμεσα το ελληνικό κράτος και την οικονομία, θα ήταν παράληψη να μην αναφερθεί η μελέτη «Οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα», που πραγματοποιήθηκε από την Επιτροπή

Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, τον Ιούνιο του 2011 από την Τράπεζα της Ελλάδος. Εκεί αναφέρονται και αναλύονται οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα.

5. Εκτίμηση Ενεργειακής Απόδοσης

Στην παρούσα διπλωματική διατριβή θα πραγματοποιηθεί εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης συστάδας υπολογιστικών μονάδων χαμηλού όγκου / κατανάλωσης. Με λίγα λόγια θα μελετηθεί η δυνατότητα εξαγωγής επεξεργαστικής ισχύος από Συστάδα (Cluster) υπολογιστικών μονάδων χαμηλού όγκου / κατανάλωσης με σκοπό την βέλτιστη απόδοση σε σχέση με την καταναλισκόμενη ενέργεια. Θα εξεταστεί δηλαδή αν και κατά πόσο είναι συμφέρουσα ενεργειακά η χρήση τέτοιων συστάδων μετρώντας την απόδοσή τους σε σχέση με τα υπάρχοντα συστήματα και αρχιτεκτονικές. Σκοπός είναι να βρεθεί ένα μοντέλο καλύτερης αξιοποίησης της ενέργειας με το μεγαλύτερο δυνατό λόγο της υπολογιστικής ισχύος ως προς την κατανάλωση.

$$\text{Ενεργειακή Απόδοση} = \frac{\text{Έργο}}{\text{Ενέργεια}} = \frac{\text{Έργο}}{\text{Κατανάλωση} \times \text{Χρόνος}} = \frac{\text{Υπολογιστική Ισχύς}}{\text{Κατανάλωση}}$$



Εικόνα 5 - Performance Per Watt (Πηγή: Intel)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΣΥΣΤΑΔΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ (COMPUTER CLUSTERS)

1. Εισαγωγή

Συστάδα Υπολογιστικών Μονάδων (Computer Cluster), ονομάζεται μία ομάδα υπολογιστικών μονάδων κατάλληλα συνδεδεμένων ώστε να μπορούν να ενεργούν σαν μία ενιαία οντότητα. Με άλλα λόγια «Computer Cluster» μπορεί να χαρακτηριστεί η τεχνική σύνδεσης δύο ή περισσότερων υπολογιστικών μονάδων σε ένα δίκτυο (συνήθως μέσω ενός τοπικού δικτύου) προκειμένου να γίνει εκμετάλλευση της παράλληλης επεξεργαστικής τους ισχύος.

Οι Συστάδες Υπολογιστικών Μονάδων προέκυψαν ως αποτέλεσμα της σύγκλισης μιας σειράς τάσεων όπως η διαθεσιμότητα μικροεπεξεργαστών χαμηλού κόστους, η εξάπλωση δικτύων υψηλής ταχύτητας και η ανάπτυξη λογισμικού για καταναμημένους υπολογιστές υψηλής απόδοσης.

Οι Υπολογιστικές Μονάδες που αποτελούν την Συστάδα ονομάζονται Κόμβοι (Nodes). Οι Κόμβοι (Nodes) της Συστάδας (Cluster) συνήθως δεν έχουν φυσική παρουσία στους χώρους εργασίας, αλλά είναι αφιερωμένοι στην εκτέλεση εργασιών της Συστάδας, και συνδέονται με τον εξωτερικό κόσμο μέσω ενός μόνο Κόμβου.

Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και ανάπτυξης, που κυμαίνονται από μικρές ομάδες επιχειρήσεων με λίγους κόμβους σε μερικούς από τους ταχύτερους υπερυπολογιστές στον κόσμο, όπως η Sequoia της IBM.



Εικόνα 6 - Computer Cluster (Πηγή: Oracle)

6. Χαρακτηριστικά και Ταξινόμηση

Οι Συστάδες Υπολογιστικών Μονάδων προσφέρουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά με σχετικά χαμηλό κόστος:

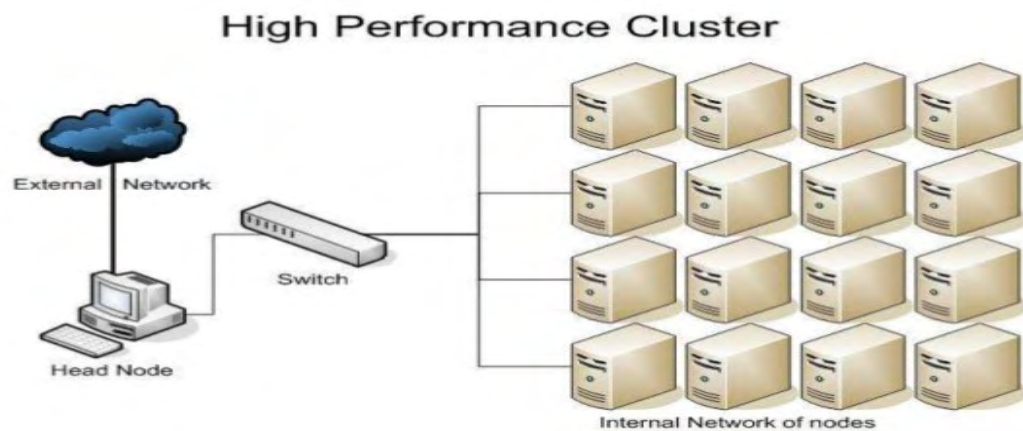
- Υψηλές Επιδόσεις (High Performance)
- Υψηλή Διαθεσιμότητα (High Availability)
- Υψηλή Δυναμικότητα (High Throughput)
- Επεκτασιμότητα και Κλιμάκωση (Expandability and Scalability)

Με βάση τα χαρακτηριστικά αυτά ταξινομούνται και οι Συστάδες Υπολογιστικών Μονάδων στις παρακάτω κατηγορίες:

6.1 *High Performance Clusters (HPC)*

Τα High Performance Clusters (HPC) είναι Συστάδες υπολογιστικών μονάδων που χρησιμοποιούνται για την επίλυση προηγμένων προβλημάτων υπολογισμού. Οι Συστάδες Υψηλών Επιδόσεων έχουν σχεδιαστεί για να εκμεταλλεύονται την παράλληλη ισχύ επεξεργασίας πολλών κόμβων. Σαν κύρια χρήση τους είναι η εκτέλεση λειτουργιών που απαιτούν να επικοινωνούν οι κόμβοι καθώς εκτελούν τις εργασίες τους, όπως για

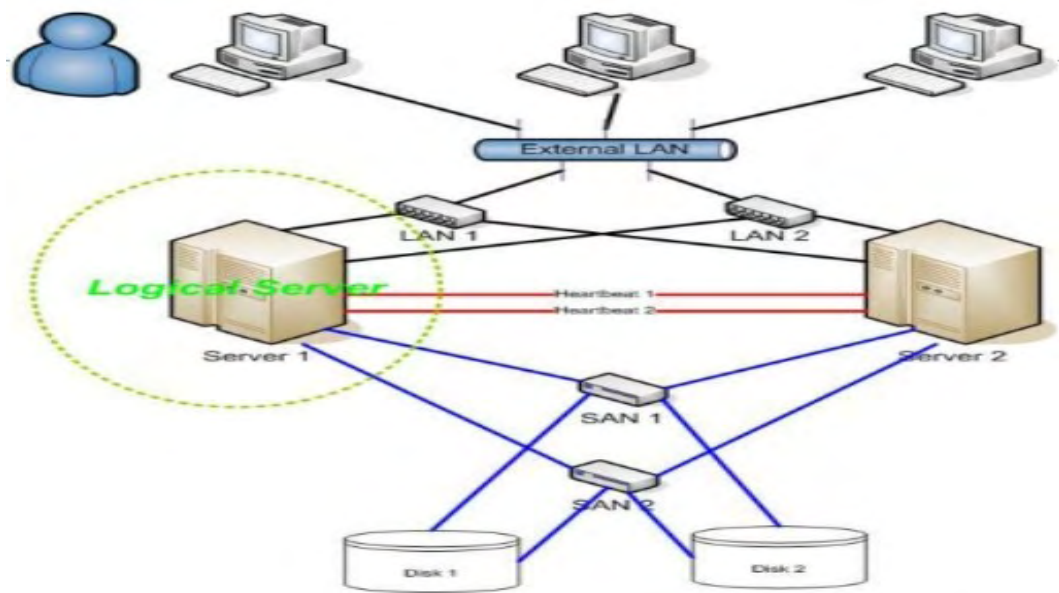
παράδειγμα, όταν τα αποτελέσματα των υπολογισμών από έναν κόμβο επηρεάζουν μελλοντικά αποτελέσματα σε έναν άλλο.



Εικόνα 7 - High Performance Clusters (HPC) (Πηγή: Cluster Computing - AAKASH SINGH)

6.2 High Availability Clusters (HAC)

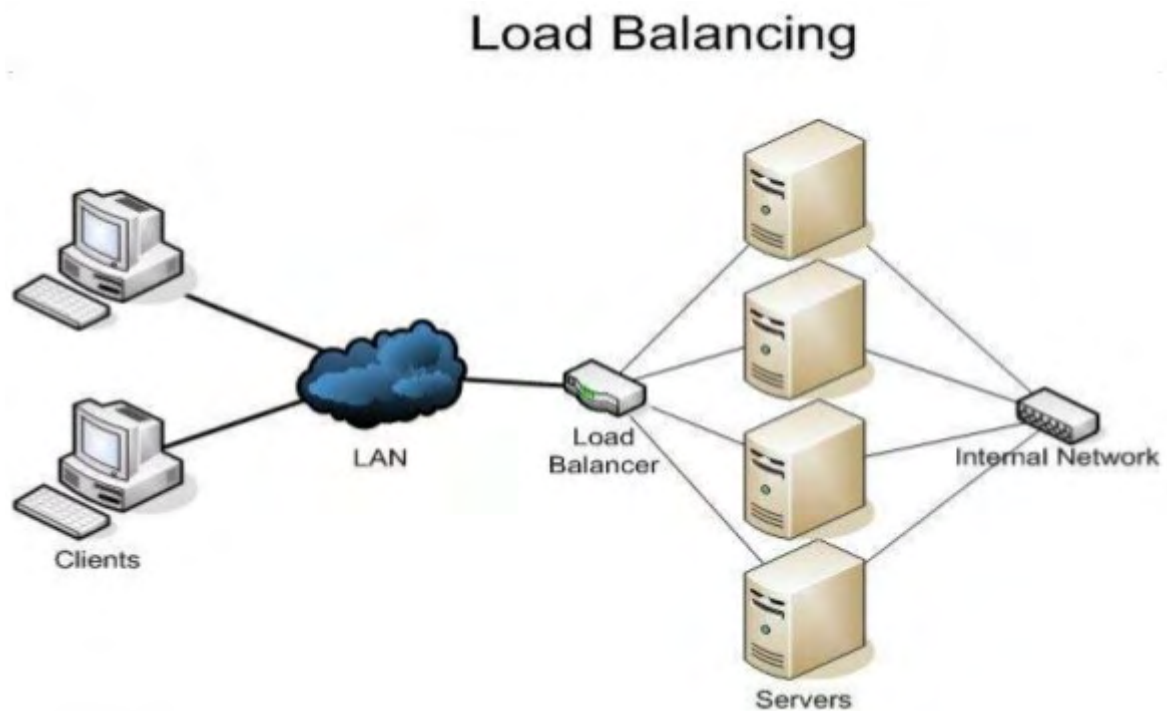
Τα High Availability Clusters (HAC) είναι συστάδες υπολογιστικών μονάδων που υποστηρίζουν εφαρμογές διακομιστών που μπορούν να αξιοποιηθούν αξιόπιστα. Οι Συστάδες Υψηλής Διαθεσιμότητας έχουν σχεδιαστεί για να διατηρούν πλεονάζοντες κόμβους που μπορούν να λειτουργήσουν ως συστήματα Αντιγράφων Ασφαλείας (Backup) σε περίπτωση βλάβης. Ο ελάχιστος αριθμός κόμβων σε ένα σύμπλεγμα HAC είναι δύο ενεργοί και ένας πλεονάζων. Βέβαια τα περισσότερα συγκροτήματα HAC χρησιμοποιούν πολύ περισσότερους κόμβους.



Εικόνα 8 - High Availability Clusters (HAC) (Πηγή: Cluster Computing - AAKASH SINGH)

6.3 Load Balancing Clusters (LBC)

Τα Load Balancing Clusters (LBC) είναι μια μεθοδολογία δικτύωσης υπολογιστικών μονάδων για τη διανομή φόρτου εργασίας σε πολλές υπολογιστικές μονάδες ή Συστάδες αυτών. Οι Συστάδες Αντιστάθμισης Φορτίου λειτουργούν δρομολογώντας όλες τις εργασίες μέσω ενός ή περισσότερων Κόμβων (Nodes) εξισορρόπησης φορτίου, οι οποίοι στη συνέχεια κατανέμουν αποτελεσματικά το φόρτο εργασίας μεταξύ των υπόλοιπων ενεργών κόμβων. Οι συστάδες αυτές είναι εξαιρετικά χρήσιμες για όσους εργάζονται με περιορισμένους προϋπολογισμούς Τμήματος Πληροφορικής (IT department). Η διάθεση μερικών κόμβων για τη διαχείριση της ροής εργασίας μιας συστάδας διασφαλίζει τη βελτιστοποίηση της περιορισμένης ισχύος επεξεργασίας.



Εικόνα 9 - Load Balancing Clusters (LBC) (Πηγή: Cluster Computing - AAKASH SINGH)

7. Χρησιμότητα

Αρκετοί είναι οι λόγοι που οδηγούν στην ολοένα και μεγαλύτερη χρήση των Συστάδων Υπολογιστικών Μονάδων (Computer Clusters). Οι βασικότεροι περιγράφονται παρακάτω:

Φυσικά όρια. Όλα τα Εξαρτήματα Υλικού (Hardware Components) έχουν φυσικά όρια τα οποία είναι πεπερασμένα. Στο πρόβλημα αυτό δίνει λύση η χρήση των Συστάδων (Clusters). Σε περίπτωση που είναι αναγκαία η αύξηση της επεξεργαστικής ισχύος μπορεί εύκολα να αυξηθεί ο αριθμός των Κόμβων (Nodes). Η λύση αυτή είναι σαφώς οικονομικότερη σε αντίθεση με μία πανάκριβη αντικατάσταση – αναβάθμιση ενός παραδοσιακού Υπερυπολογιστή (Supercomputer).

Οικονομικοί λόγοι. Οι οικονομικοί λόγοι είναι ίσως το μεγάλο ατού της χρήσης των Συστάδων (Clusters). Σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς Υπερυπολογιστές (Supercomputers) που είναι πιο περίπλοκοι στην κατασκευή και συνεπώς ακριβότεροι, οι Συστάδες (Clusters) αποτελούνται από πολλά μεν αλλά απλά δε, και συνεπώς φθηνότερα, υπολογιστικά συστήματα και η πολυπλοκότητά τους εξαντλείτε συνήθως στο επίπεδο του Λογισμικού (Software).

Όρια απόδοσης. Τα όρια απόδοσης είναι πολύ σημαντικός λόγος όσον αφορά την εκτέλεση προγραμμάτων. Η εκτέλεση προγραμμάτων σε πολλαπλάσια (πχ διπλάσια) συχνότητα ΔΕΝ σημαίνει και την πολλαπλάσια (πχ διπλάσια) απόδοση του συστήματος. Σε συνδυασμό με τα φυσικά όρια των εξαρτημάτων υλικού η χρήση των Συστάδων (Clusters) σε περιπτώσεις απαίτησης υψηλών επιδόσεων είναι σχεδόν επιβεβλημένη.

Μεγάλες εφαρμογές. Οι μεγάλες εφαρμογές, οι οποίες απαιτούν πολύ χρόνο και μνήμη μπορούν να εκτελεστούν πολύ πιο εύκολα και ταχύτερα σε μία Συστάδα λόγω της Επεκτασιμότητας – Κλιμάκωσης (Expandability - Scalability) που προσφέρει και μπορεί με απλά βήματα να αυξήσει επεξεργαστική ισχύ και μνήμη, αυξάνοντας τους Κόμβους.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η χρήση των Συστάδων Υπολογιστικών Μονάδων (Computer Clusters) αφορά κυρίως την αυξημένη ζήτηση σε επεξεργαστική ισχύ και τον λόγο απόδοσης – τιμής. Έτσι, με την χρήση τους επιτυγχάνονται επιδόσεις Υπερυπολογιστών (Supercomputers) σε κάποια προβλήματα για ένα τρίτο έως ένα δέκατο της τιμής ενός παραδοσιακού Υπερυπολογιστή (Supercomputer).



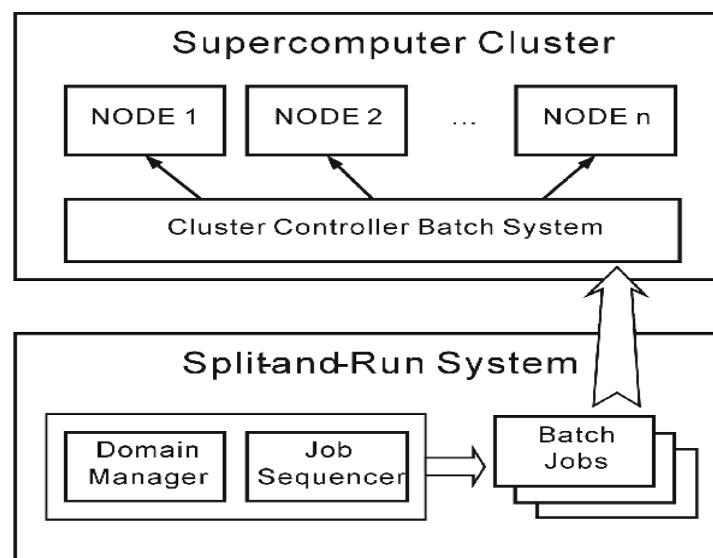
Εικόνα 10 - Computer Cluster (Πηγή: Intel)

8. Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

8.1 Πλεονεκτήματα

Δεδομένου ότι υπάρχει αυξανόμενη ανάγκη για υπολογιστές με υψηλές επιδόσεις και φθηνότερους επεξεργαστές σε όλο τον κόσμο, οι Συστάδες Υπολογιστικών Μονάδων (Computer Clusters) παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον για την κάλυψη αυτών των προσδοκιών.

Με την χρήση των Συστάδων Υπολογιστικών Μονάδων μπορούν να επιτευχθούν Υψηλές Επιδόσεις (High Performance) και κατά συνέπεια να μειωθεί ο χρόνος εκτέλεσης απαιτητικών εφαρμογών όπως Επιστημονικών Υπολογισμών (Science Computation), Βιοπληροφορικής (Bioinformatics), Βιοτεχνολογίας (Biotechnology), Προσομοιώσεων (Simulations), Αεροδιαστημικής (Aerospace) κλπ. Επίσης ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση σε τεράστια μεγέθη επεξεργαστικής ισχύος χρησιμοποιώντας έναν απλό επιτραπέζιο ή φορητό υπολογιστή από το σπίτι ή το γραφείο του.



Εικόνα 11 - Schematic view of the supercomputer at Cornell University (Πηγή: www.researchgate.net)

Η επίτευξη Υψηλής Διαθεσιμότητας (High Availability) οδηγεί σε συστήματα με αυξημένη ασφάλεια και αξιοπιστία που είναι το υπ' αριθμόν ένα ζητούμενο σε ευαίσθητες εφαρμογές και εφαρμογές του διαδικτύου. Από την φύση τους οι Συστάδες προσφέρουν Επεκτασιμότητα και Κλιμάκωση (Expandability and Scalability) και κατά συνέπεια βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων του συστήματος.

Σαφώς το χαμηλό κόστος δημιουργίας και συντήρησης είναι ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα που σε συνδυασμό με τα παραπάνω δίνει μεγάλο προβάδισμα έναντι των παραδοσιακών υπερυπολογιστών.

Διατυπώνοντας επιγραμματικά τα πλεονεκτήματα των Συστάδων Υπολογιστικών Μονάδων (Computer Clusters) όπως αυτά έχουν αναλυθεί προηγουμένως διακρίνουμε τα εξής:

- Μείωση κόστους.
- Υψηλές επιδόσεις.
- Επεκτασιμότητα.
- Διαθεσιμότητα.
- Υψηλή ασφάλεια και αξιοπιστία

8.2 Μειονεκτήματα

Από τους νόμους του Μέρφου (Murphy's laws) είναι γνωστό ότι «Κάτι καλό ακολουθείται από κάτι κακό, που ακολουθείται από κάτι χειρότερο». Στη περίπτωση των Συστάδων το καλό είναι ότι μπορούν να επιτελέσουν ορισμένα είδη εργασιών πολύ ταχύτερα από έναν Υπερυπολογιστή (Supercomputer) που εργάζεται μόνος του. Το κακό είναι ότι η φράση «ορισμένα είδη εργασιών» ΔΕΝ καλύπτει όλα τα είδη κοινών εργασιών. Μόνο ορισμένα είδη εργασιών μπορούν να λειτουργούν με κέρδος (δηλαδή πιο γρήγορα) σε μία Συστάδα παράλληλης επεξεργασίας (οποιοδήποτε σχεδίου).

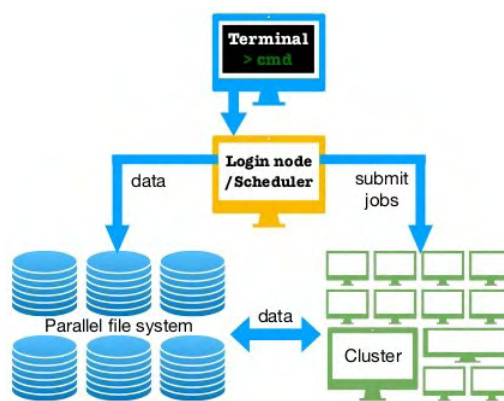
Το χειρότερο είναι ότι μία εργασία που μπορεί να λειτουργήσει με κέρδος σε μία Συστάδα δεν θα τρέξει ταχύτερα, κατά γενικό κανόνα, εκτός εάν είναι ειδικά σχεδιασμένη και γραμμένη για να εκμεταλλευτεί το παράλληλο περιβάλλον. Σε αυτό μπορεί να προστεθεί ότι ένα πολύ μικρό τμήμα του εμπορικού λογισμικού έχει γραφεί ή σχεδιαστεί για να λειτουργεί σε ένα παράλληλο περιβάλλον, και αυτό που υπάρχει προορίζεται κατά κύριο λόγο για πολύ στενές και εξειδικευμένες εφαρμογές.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της χρήσης των Συστάδων δεν είναι άλλο από τα περίπλοκα προγραμματιστικά μοντέλα και την δυσκολία ανάπτυξης των εφαρμογών που θα αξιοποιούν τις δυνατότητες που αυτές παρέχουν απλόχερα. Το γράψιμο του παράλληλου λογισμικού δεν είναι ιδιαίτερα δύσκολο, αλλά ούτε είναι ιδιαίτερα εύκολο. Φυσικά, μερικοί άνθρωποι θα έλεγαν ότι το γράψιμο σειριακού λογισμικού δεν είναι ιδιαίτερα εύκολο και το παράλληλο είναι σίγουρα πιο δύσκολο. Για πολλούς ανθρώπους ίσως το να γράφει παράλληλο λογισμικό είναι ιδιαίτερα δύσκολο. Φυσικά και κάθε παράλληλο περιβάλλον είναι πολύ πιο περίπλοκο από το ήδη πολύπλοκο σειριακό περιβάλλον (το οποίο στις μέρες μας έχει πολλά παράλληλα χαρακτηριστικά) και αυτή η πολυπλοκότητα μπορεί να αλληλεπιδράσει με το λογισμικό με περίεργους και απροσδόκητους τρόπους.

Τέλος, ένα ακόμα σημαντικό μειονέκτημα είναι η παρακολούθηση και η συντήρηση που είναι εξαρτώμενες από τον αριθμό των Κόμβων (Nodes) της Συστάδας. Έτσι λοιπόν όσο αυξάνεται το μέγεθος της Συστάδας, άλλο τόσο αυξάνεται η πολυπλοκότητα της παρακολούθησης και της συντήρησής της.

9. Η Σημασία της Πρόσβασης σε μία Συστάδα

Ίσως να μην είναι αμέσως προφανές τι μπορεί να χρειαστεί κάποιος μια τέτοια απίστευτη υπολογιστική ισχύ, αλλά υπάρχουν και πολλά πράγματα στον πραγματικό κόσμο που μπορούν να καταναλώσουν όλους τους πόρους επεξεργασίας που μπορεί να τους διατεθούν. Στην επιστημονική έρευνα, οι Συστάδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δοκιμή υγρών δυναμικών ή αεροδυναμικών μοντέλων χωρίς την ανάγκη κατασκευής ακριβών πρωτοτύπων. Στο CERN, οι Συστάδες εκτελούν προσομοιωμένα υποατομικά πειράματα. Οι σεισμολόγοι χρησιμοποιούν τους πόρους των Συστάδων για να μοντελοποιήσουν τα αποτελέσματα των σεισμών και οι



Εικόνα 12 - Components of HPC cluster (Πηγή: Pradeep Reddy Raamana, High performance computing)

μετεωρολόγοι για να αναλύσουν γρήγορα μεγάλες ποσότητες δεδομένων αισθητήρων ώστε να προβλέψουν πώς θα αναπτυχθούν τα καιρικά συστήματα.

Η τεχνολογία των Συστάδων βρίσκεται επίσης στην πρώτη γραμμή των νέων τεχνολογιών. Η δημιουργία μιας διεπαφής υπολογιστή που ανταποκρίνεται στη φυσική γλώσσα για παράδειγμα, είναι ένα εξαιρετικά δύσκολο έργο, λόγω της τεράστιας ποικιλίας των ήχων, των καταστάσεων και των αποχρώσεων που πρέπει να κατανοηθούν. Όσο περισσότερη υπολογιστική ισχύ μπορεί να δοθεί στο πρόβλημα, τόσο καλύτερα θα είναι. Με μία ματιά στο μέλλον, οι Συστάδες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την μάχη των μαχών, το ιερό τέρας της τεχνητής νοημοσύνης. Το μεγαλύτερο επίτευγμα ενδεχομένως της ανθρωπότητας.

Εκτός των παραπάνω εφαρμογών μπορεί γίνει χρήση της Συστάδας και στους τομείς:

- Βιοπληροφορική

([“Bioinformatics: Sequence analysis”](#) Wikipedia. Retrieved 18 Jan 2018.)

- Φυσική

([“Physics: Cosmology simulations”](#) Wikipedia. Retrieved 18 Jan 2018.)

- Μηχανική

([“Engineering: CFD”](#) Wikipedia. Retrieved 18 Jan 2018.)

- Κοινωνιολογία

([“Sociology: Simulating epidemics”](#) Wikipedia. Retrieved 18 Jan 2018)

- Οικονομικά

([“Economics: Derivate pricing”](#)) Wikipedia. Retrieved 18 Jan 2018)

και σε άλλους τομείς με πολλαπλές εφαρμογές.

10. Οι Δυνατότητες από την Πρόσβαση σε μία Συστάδα

Πολύ λίγοι είναι οι χρήστες που τρέχουν εργαστήρια σεισμολογίας ή αναπτύσσουν συστήματα τεχνητής νοημοσύνης. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλες χρήσεις των Συστάδων οι οποίες είναι πιο κοντά στον μέσο χρήστη. Μία εφαρμογή είναι η επεξεργασία βίντεο. Είναι γνωστό σε όλους ότι η δημιουργία περίπλοκων κινηματογραφικών εφέ απαιτεί πολύ εντατικούς υπολογισμούς. Όσο περισσότερη υπολογιστική ισχύ είναι διαθέσιμη, τόσο πιο γρήγορα μπορούν να πραγματοποιηθούν δοκιμές, αλλαγές, εφαρμογές φίλτρων κλπ ώστε να προκύψει το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Μία Συστάδα Υψηλής Απόδοσης (HPC) μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο σε κατανεμημένα έργα όπως το SETI@home και το Folding@home. Αυτά τα έργα επιτρέπουν να χρησιμοποιηθούν υπολογιστικές μονάδες ή συστάδες υπολογιστικών μονάδων για να αναλυθούν ακατέργαστα δεδομένα για τον σκοπό που εξυπηρετούν. Στην περίπτωση του SETI@home, αναλύονται τα δεδομένα ραδιοτηλεσκοπίου για πιθανές ενδείξεις εξωγήινης ζωής.



Εικόνα 13 - SETI@home (Πηγή: setiathome.berkeley.edu)

Στο Folding@home χρησιμοποιείται εθελοντική υπολογιστική ισχύ για τη διεξαγωγή προσομοιωμένων πειραμάτων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε θεραπείες για ασθένειες όπως η νόσος Αλτσχάιμερ (Alzheimer disease) και η νόσος του Πάρκινσον (Parkinson's disease). Δεν χρειάζεται ένας υπερυπολογιστής ή μία συστάδα για την συμμετοχή σε αυτές τις προσπάθειες, αλλά προσθέτοντας μια μεγάλη ποσότητα υπολογιστικής ισχύος, συμβάλλει κανείς σημαντικά σε έρευνες που θα μπορούσαν να αλλάξουν τον κόσμο.

Μία Συστάδα Υπολογιστικών Μονάδων απλά δίνει περισσότερη ισχύ επεξεργασίας από ότι ένας υπολογιστής. Για κανονική χρήση υπολογιστή και τυπικές εφαρμογές χρηστών, ένας υπολογιστής τις περισσότερες φορές υπερκαλύπτει αυτές τις ανάγκες. Αλλά οι χρήστες που επιθυμούν να γράψουν τους δικούς τους αλγορίθμους για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων που αντιμετωπίζουν, μερικές φορές διαπιστώνουν ότι μόνο ένας υπολογιστής απλά και μόνο για την δοκιμή ενός αλγορίθμου θα απασχολείται για ώρες, ημέρες ή εβδομάδες προτού συγκλίνει σε μια λύση.

Σαν παράδειγμα η δημιουργία μίας εικόνας «Α» 20.000 x 20.000 εικονοστοιχείων (pixel) υψηλής ανάλυσης του Mandelbrot Set. Αν μία εικόνα «Β» 400 x 400 εικονοστοιχείων του Mandelbrot Set που δημιουργήθηκε με ένα απλό πρόγραμμα χρειάστηκε περίπου 15 δευτερόλεπτα για να καταγραφεί, με απλά μαθηματικά υπολογίζεται ο χρόνος που θα χρειαστεί η εικόνα «Α». Από τους υπολογισμούς προκύπτει ότι θα χρειαστεί περίπου 37.500 δευτερόλεπτα ή 10,4 ώρες για να τελειώσει η εικόνα «Α» 400.000.000 εικονοστοιχείων με έναν μόνο υπολογιστή.

CHM Cluster Monitor V2.03 on thester-pc, Logger V1.02, Cluster "MyCluster" (View 0), Refresh rate: 1 sec
 Server time: 2008-11-26 18:11:03, Local time: 2010-11-10 15:50:57
 Number of Nodes: 4
 Top Resource Consumers On Each Node (Process (PID) Value):

| NODENAME / | CPU | PRIV-MEM(KB) | SH-MEM(KB) | Files | Threads |
|------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|
| strdu09 | ora_p002_rac1(2594) 60.0 | ocssd.bin(31261) 243612 | ora_dbw0_rac1(24464) 1588268 | ocssd.bin(31261) 159 | crsd.bin(31467) 55 |
| strdu10 | sqlplus(2378) 99.90 | ocssd.bin(16974) 265792 | ora_dbw0_rac2(28945) 1619204 | ocssd.bin(16974) 231 | crsd.bin(17129) 56 |
| strdu11 | ocssd.bin(29141) 23.59 | ocssd.bin(29141) 259660 | ora_dbw0_rac3(30536) 1590172 | ocssd.bin(29141) 188 | crsd.bin(29460) 55 |
| strdu12 | osysmond(2987) 2.96 | ocssd.bin(30527) 223980 | olloggerd(3058) 43096 | crsd.bin(30712) 64 | crsd.bin(30712) 55 |

Cluster Stats:

| NODENAME / | #CPUs | CPU | CPUG | RAMFREE(KB) | MEMCACHE(KB) | SWAPFREE(KB) | IOR(KBps) | IOW(KBps) | #IOS(ps) | NETR(KBps) | NETW(KBps) | Procs | FDs | #Disks | #NICs |
|------------|-------|-------|------|-------------|--------------|--------------|-----------|-----------|----------|------------|------------|-------|-------|--------|-------|
| strdu09 | 4 | 65.60 | 15 | 1343756 | 2722944 | 10143884 | 5633 | 10531 | 1201 | 8451 | 11195 | 547 | 7928 | 9 | 4 |
| strdu10 | 4 | 89.22 | 19 | 931124 | 2087444 | 8705220 | 3049 | 5991 | 1040 | 5582 | 5390 | 1052 | 14911 | 9 | 4 |
| strdu11 | 4 | 64.56 | 43 | 1118032 | 2525876 | 1676716 | 1034 | 2665 | 403 | 4893 | 6581 | 504 | 8242 | 9 | 4 |
| strdu12 | 4 | 2.95 | 2 | 3192804 | 2038788 | 2041140 | 0 | 920 | 102 | 91 | 48 | 309 | 1973 | 9 | 4 |

Unresponsive Nodes:

| NODENAME / | CPU | CPUG | RAMFREE(KB) | MEMCACHE(KB) | SWAPFREE(KB) | IOR(KBps) | IOW(KBps) | #IOS(ps) | NETR(KBps) | NETW(KBps) | Procs | FDs | Sysfdlmt | Procdlmt | #Disks | #NICs |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------|-------------|--------------|--------------|-----------|-----------|----------|------------|------------|-------|-----|----------|----------|--------|-------|
| Alert 35 Red at 2008-11-26 18:11:01, for CPU "ocssd.bin(16974) 99.90" | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1: Time-11-26-08 18:11:00, CPU usage (99.90%) of process ocssd.bin pid 16974 is abnormally high (> 25%) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alert 36 Red at 2008-11-26 18:11:02, for CPU "ocssd.bin(16974) 99.90" | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1: Time-11-26-08 18:11:00, CPU usage (99.90%) of process ocssd.bin pid 16974 is abnormally high (> 25%) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alert 37 Red at 2008-11-26 18:11:03, for CPU "sqlplus(2378) 99.90" | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1: Time-11-26-08 18:11:02, CPU usage (99.90%) of process sqlplus pid 2378 is abnormally high (> 90%) | | | | | | | | | | | | | | | | |

chm>

Εικόνα 14 - Cluster View: Connecting and Monitoring (Πηγή: www.oracle.com)

Αυτό είναι ένα παράδειγμα που αφορά τους χρήστες που κάνουν επεξεργασία εικόνων και πλαισίων που παράγονται από υπολογιστή, όπως και στην ταινία «Toy Story», όπου η επεξεργασία του κάθε πλαισίου μπορεί να διαρκούσε έως και 3 ώρες.

Ένας τυπικός χρήστης, εκτός των παραπάνω, μπορεί κάνει χρήση της Συστάδας για πολλές ακόμα εφαρμογές. Μερικές από αυτές.

- Υπολογισμοί «MATLAB» και «Simulink».

(<https://www.mathworks.com/products/distriben.html>)

- Προγράμματα Βιοπληροφορικής όπως

- «CLC-Genomics Workbench»

(<http://www.clcbio.com/products/clc-genomics-workbench>)

- «DNASTar» (<http://www.dnastar.com>)

- Επεξεργασία Βίντεο (Video Processing)
- Επεξεργασία Ήχου (Audio Processing)
- Εξόρυξη Δεδομένων (Data Mining)
- Παιχνίδια (Games)
- Κρυπτονομίσματα (Crypto Currency)

Πολλές ακόμα εφαρμογές

11. Σύνοψη και Συμπεράσματα

Μία Συστάδα Υπολογιστικών Συστημάτων (Computer Cluster) είναι ένας παράλληλος υπολογιστής που είναι κατασκευασμένος από βασικά στοιχεία υπολογιστικών συστημάτων. Αποτελείται από Κόμβους (Nodes), ο καθένας από τους οποίους περιέχει έναν ή περισσότερους επεξεργαστές, μνήμη η οποία μοιράζεται από όλους τους επεξεργαστές στον κόμβο (μόνο μέσα στον κόμβο) και πρόσθετες περιφερειακές

συσκευές (όπως δίσκοι), συνδεδεμένους σε ένα δίκτυο που επιτρέπει στα δεδομένα να μετακινηθούν μεταξύ των κόμβων. Οι κόμβοι μπορούν να είναι διαφόρων τύπων και τεχνολογιών. Εάν ένας κόμβος περιέχει περισσότερους από έναν επεξεργαστές, ονομάζεται κόμβος συμμετρικός πολυεπεξεργαστής (Symmetric MultiProcessor – SMP). Τα δίκτυα μπορούν να είναι διαφόρων τύπων και τεχνολογιών επίσης. Αυτά κυμαίνονται από πολύ απλά (και σχετικά χαμηλής απόδοσης) δίκτυα που βασίζονται σε Ethernet έως και δίκτυα υψηλής απόδοσης σχεδιασμένα για συστάδες.

Γιατί να χρησιμοποιηθεί μία συστάδα αντί ενός μόνο Υπερυπολογιστή (Supercomputer); Υπάρχουν αρκετοί λόγοι: Μείωση Κόστους, Υψηλές Επιδόσεις, Επεκτασιμότητα, Διαθεσιμότητα. Ο αρχικός λόγος για την ανάπτυξη των συστάδων ήταν για να παρέχουν οικονομικά αποδοτική υπολογιστική ισχύ για επιστημονικές εφαρμογές, δηλαδή για την κάλυψη των αναγκών των εφαρμογών που απαιτούσαν μεγαλύτερη απόδοση από αυτή που ήταν διαθέσιμη από επεξεργαστές με ενιαίο (βασικό) επεξεργαστή ή προσιτούς πολυεπεξεργαστές. Μια εφαρμογή μπορεί να επιθυμεί περισσότερη υπολογιστική ισχύ για πολλούς λόγους, αλλά οι τρεις είναι οι πιο συνηθισμένοι:

- Περιορισμοί σε πραγματικό χρόνο, δηλαδή η απαίτηση ότι ο υπολογισμός ολοκληρώνεται εντός συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Η πρόγνωση του καιρού είναι ένα παράδειγμα. Ένα άλλο είναι η επεξεργασία δεδομένων που παράγονται από ένα πείραμα. τα δεδομένα πρέπει να επεξεργάζονται (ή να αποθηκεύονται) τουλάχιστον τόσο γρήγορα όσο παράγονται.
- Διακίνηση. Μια επιστημονική ή τεχνική προσομοίωση μπορεί να απαιτήσει πολλούς υπολογισμούς. Μία συστάδα μπορεί να παρέχει τους πόρους για την επεξεργασία πολλών σχετικών προσομοιώσεων. Από την άλλη πλευρά, μερικές απλές προσομοιώσεις απαιτούν τόσο πολλή υπολογιστική ισχύ ώστε ένας μόνο επεξεργαστής να απαιτεί ημέρες ή και χρόνια για να ολοκληρώσει τον υπολογισμό. Ένα παράδειγμα χρήσης μίας Συστάδας Λίνουξ (Linux Cluster) για τη διακίνηση είναι το Google, το οποίο χρησιμοποιεί πάνω από 15.000 υπολογιστές βασικών προϊόντων με λογισμικό ανεκτικότητας σφαλμάτων, για να παρέχει μια υπηρεσία αναζήτησης ιστού υψηλής απόδοσης.

- Μνήμη. Μερικές από τις πιο απαιτητικές εφαρμογές απαιτούν τεράστια ποσά δεδομένων ως μέρος της προσομοίωσης. Μία συστάδα παρέχει έναν αποτελεσματικό τρόπο για την παροχή ακόμα και Terabytes(10^{12} Bytes) μνήμης προγράμματος για μια εφαρμογή.

Οι συστάδες παρέχουν την υπολογιστική ισχύ μέσω της χρήσης παράλληλου προγραμματισμού, μιας τεχνικής για τον συντονισμό της χρήσης πολλών επεξεργαστών για ένα μόνο πρόβλημα. Οι συστάδες υπερτερούν στους υπολογισμούς που απαιτούν επεξεργαστική ισχύ και μνήμη. Υστερούν όμως στους υπολογισμούς που απαιτούν συχνή επικοινωνία μεταξύ των επεξεργαστών της συστάδας.

Ένας άλλος λόγος για τη χρήση συστάδων είναι η παροχή ανοχής σφάλματος, δηλαδή η εξασφάλιση ότι η υπολογιστική ισχύς είναι πάντα διαθέσιμη. Επειδή οι συστάδες αποτελούνται από πολλά αντίγραφα των ίδιων ή παρομοίων υπολογιστικών συστημάτων, η αποτυχία ενός μόνο μέρους μειώνει μόνο την ισχύ του υπολογιστικού συστήματος και όχι ολόκληρης της συστάδας. Έτσι, οι συστάδες είναι ιδιαίτερα καλές επιλογές για περιβάλλοντα που απαιτούν εγγυήσεις διαθέσιμης δυναμικότητας επεξεργασίας, όπως διακομιστές ιστού (Web Servers) και συστήματα που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων. Μία καλά σχεδιασμένη συστάδα μπορεί να προσφέρει εγγύηση για διαθεσιμότητα, εκτός από μια καταστροφή όπως πυρκαγιά που μπορεί να χτυπήσει ολόκληρο το σύμπλεγμα. Μία τέτοια συστάδα θα έχει σχεδόν 100% χρόνο λειτουργίας. Για τις επιστημονικές εφαρμογές, η ερμηνεία του χρόνου λειτουργίας είναι συχνά διαφορετική.

Για συστάδες που χρησιμοποιούνται για επιστημονικές εφαρμογές ωστόσο, ιδιαίτερα εκείνες που χρησιμοποιούνται για την παροχή επαρκούς μνήμης, μετράται η διάρκεια λειτουργίας σε σχέση με το ελάχιστο μέγεθος της συστάδας (π.χ. αριθμός κόμβων) που επιτρέπει στις εφαρμογές να εκτελούνται. Σε πολλές περιπτώσεις, όλοι ή σχεδόν όλοι οι κόμβοι του συμπλέγματος πρέπει να είναι διαθέσιμοι για την εκτέλεση αυτών των εφαρμογών.

Οι Συστάδες Υπολογιστικών Μονάδων (Computer Clusters) μπορούν να χρησιμοποιηθούν με θετικό αποτέλεσμα σε πολλές εφαρμογές όπως Επιστημονικοί

Υπολογισμοί (Science Computation), Βιοπληροφορική (Bioinformatics), Βιοτεχνολογία (Biotechnology), Προσομοιώσεις (Simulations), Αεροδιαστημική (Aerospace), Μοντελοποίηση της Χρηματοπιστωτικής Αγοράς (Financial Market Modeling), Εξόρυξη Δεδομένων (Data Mining), Επεξεργασία Ροών (Stream Processing), Διακομιστές Ήχου - Παιχνιδιών (Audio - Game Servers) και πολλές άλλες.

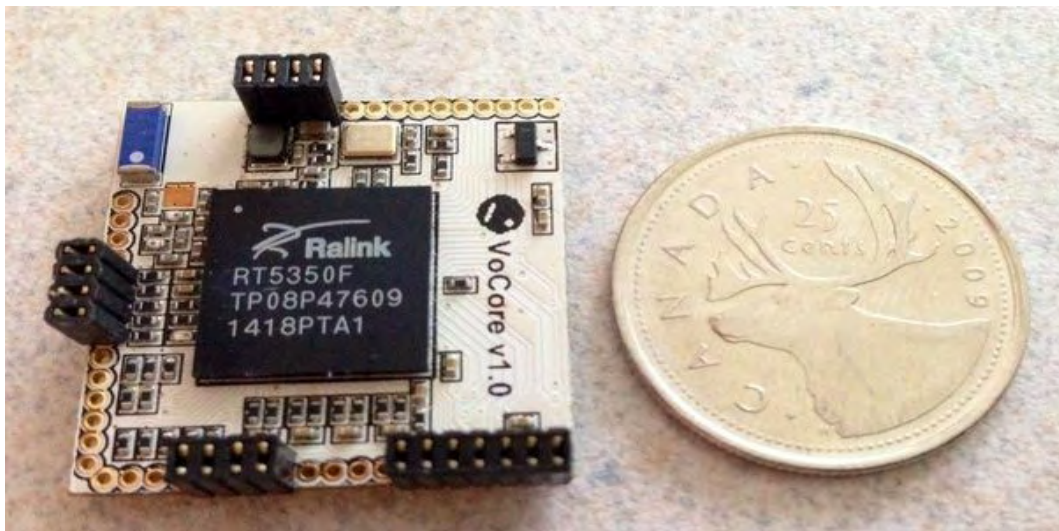


Εικόνα 15 - Data Center (Πηγή: DataCenterDynamics)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΧΑΜΗΛΟΥ ΟΓΚΟΥ /
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
(SINGLE BOARD COMPUTERS)

1. Εισαγωγή

Υπολογιστική μονάδα χαμηλού όγκου / κατανάλωσης (Single Board Computer – SBC) ονομάζεται ένας «πλήρης» υπολογιστής, με μικροεπεξεργαστή, μνήμη, εισόδους / εξόδους (I/O), ο οποίος είναι δομημένος σε έναν ενιαίο πίνακα κυκλωμάτων. Οι υπολογιστικές μονάδες χαμηλού όγκου / κατανάλωσης (SBC) σχεδιάστηκαν ως συστήματα επίδειξης ή ανάπτυξης για εκπαιδευτικά συστήματα και για χρήση ως ενσωματωμένοι ελεγκτές ηλεκτρονικών υπολογιστών. Σε αντίθεση με έναν επιτραπέζιο προσωπικό υπολογιστή συχνά δεν έχουν υποδοχές επέκτασης για περιφερειακές λειτουργίες, βεβαίως εξ' αρχής έχουν κατασκευαστεί ως μεμονωμένοι υπολογιστές με τη χρήση ενός ευρέος φάσματος μικροεπεξεργαστών με διάφορες αρχιτεκτονικές.



Εικόνα 16 - Single Board Computer Size (Πηγή: ourclipart.com)

12. Υλικό και Λογισμικό

Οι υπολογιστικές μονάδες χαμηλού όγκου / κατανάλωσης (SBC) περιλαμβάνουν μια μεγάλη γκάμα από αρχιτεκτονικές, επεξεργαστές, μνήμες και εισόδους / εξόδους (I/O). Αυτό είναι επακόλουθο του λόγου που σχεδιάστηκαν η κάθε μία εξ' αυτών ξεχωριστά. Η επανάσταση στην τεχνολογία των μονάδων αυτών τα τελευταία χρόνια, έχει φέρει στο προσκήνιο την έννοια του Ελεύθερου Υλικού (Open Source Hardware – OSHW), εκτός από την έννοια του Ελεύθερου Λογισμικού και Λογισμικού Ανοικτού Κώδικα (Free and Open Source Software - FOSS) που ήταν ευρέως γνωστή στην τεχνολογία των υπολογιστικών συστημάτων πολύ νωρίτερα.

12.1 Λογισμικό

12.1.1 Κλειστό Λογισμικό

Κλειστό Λογισμικό (Closed Source Software) είναι το λογισμικό στο οποίο δεν παρέχεται ο πηγαίος κώδικας. Παρέχονται μόνο τα εκτελέσιμα αρχεία μαζί με μία άδεια λογισμικού η οποία περιγράφει αναλυτικά τα νομικά δικαιώματα τα οποία έχουν οι χρήστες ως προς την χρήση, επεξεργασία και διανομή του λογισμικού, τα οποία καθορίζονται από τον δημιουργό του λογισμικού. Μια τυπική άδεια λογισμικού παρέχει σε έναν τελικό χρήστη άδεια να χρησιμοποιήσει ένα ή περισσότερα αντίγραφα του λογισμικού, με τρόπους που αν δεν υπήρχε ή είχε δοθεί η άδεια, θα αποτελούσαν καταπάτηση των δικαιωμάτων του εκδότη, ο οποίος ως ο ιδιοκτήτης των δικαιωμάτων χρήσης (copyright) είναι αυτός που τα καθορίζει.

Συνήθως επιτρέπεται στους τελικούς χρήστες η χρήση του λογισμικού εντός περιορισμένου περιβάλλοντος, απαγορεύοντας να επιχειρηθεί η ανάκτηση του πηγαίου κώδικα από αυτή του κώδικα μηχανής (disassembly) και η ανάλυση, τροποποίηση και αναδημιουργία του λογισμικού. Κατά κανόνα απαγορεύονται επίσης η αντιγραφή και διανομή του λογισμικού (είτε δωρεάν, είτε επί πληρωμή) από τρίτα πρόσωπα, καθώς και η χρήση του από ένα μεγάλο αριθμό ανθρώπων ή η εγκατάστασή του σε πολλούς υπολογιστές. Υπάρχει και μια άδεια που επιτρέπει την δωρεάν αντιγραφή και διανομή του λογισμικού (Δωρεάν Λογισμικό ή Freeware) αλλά ανήκει στο κλειστό λογισμικό από την στιγμή που δεν επιτρέπει την τροποποίηση του λογισμικού ή την εμπορική διανομή ή την πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα.

12.1.2 Ελεύθερο Λογισμικό και Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα

Ελεύθερο Λογισμικό και Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα (Free and Open Source Software - FOSS) είναι το λογισμικό στο οποίο παρέχεται όλος ή ένα μέρος του πηγαίου κώδικα (αναλόγως την άδεια χρήσης) και ο οποιοσδήποτε μπορεί ελεύθερα να χρησιμοποιεί, να αντιγράφει, να διανέμει και να τροποποιεί ανάλογα με τις ανάγκες του. Είναι δηλαδή ένα εναλλακτικό μοντέλο ανάπτυξης και χρήσης λογισμικού που βασίζεται στην

ελεύθερη διάθεση του πηγαίου κώδικα, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα αλλαγών ή βελτιώσεων ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες αυτού που το χρησιμοποιεί.

Συνήθως επιτρέπεται στους τελικούς χρήστες η αντιγραφή, τροποποίηση και διανομή από οποιονδήποτε και για οποιοδήποτε σκοπό (ακόμη και εμπορικό). Πολλές φορές χρησιμοποιείται και ο όρος ανοικτό λογισμικό που αφορά λογισμικό για το οποίο διατίθεται ο πηγαίος κώδικας αλλά υπάρχουν περιορισμοί στην ελεύθερη χρήση του (π.χ. στην εμπορική χρήση). Κάποιες από αυτές τις άδειες περιέχουν περιοριστικούς όρους όπως η υποχρεωτική αναφορά στο όνομα του δημιουργού ή κατόχου των πνευματικών δικαιωμάτων, καθώς αυτοί οι όροι δεν περιορίζουν τις προηγούμενες ελευθερίες τροποποίησης και διακίνησης.



Εικόνα 17 - Open source solutions (Πηγή: www.apriso.com)

12.2 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

Κλειστό Λογισμικό (Closed Source Software), Ελεύθερο Λογισμικό και Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα (Free and Open Source Software - FOSS) έχουν σαν κύρια διαφορά την παροχή ή μη του πηγαίου κώδικα. Ως επί το πλείστον τα προγράμματα που είναι ανοικτού κώδικα είναι ελεύθερα (και ως προς το κόστος αλλά και ως προς τις ελευθερίες που παρέχονται). Μπορούν εύκολα να εξαχθούν συμπεράσματα για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του κάθε είδους λογισμικού που απορρέουν από τα παραπάνω.

12.2.1 Κλειστό Λογισμικό

12.2.1.1 Πλεονεκτήματα

- Δυνατότητα υποστήριξης χρήστη.
- Χορήγηση εγχειριδίων χρήσεως.

- Προσφορά επιπρόσθετης υποστήριξης.
- Ευκολία στη χρήση.
- Λίγες ιδιαιτερότητες – απαιτήσεις.

12.2.1.2 Μειονεκτήματα

- Υψηλό κόστος
- Δεν εκδίδονται πάρα πολύ συχνά ενημερώσεις
- Είναι πάντα απαραίτητη η συμβολή κάποιου γνώστη του αντικειμένου
- Χαμηλή ασφάλεια. (Η ασφάλεια κατά κανόνα επαφίεται μόνο στην εταιρία ανάπτυξης του λογισμικού.)

12.2.2 Ελεύθερο Λογισμικό και Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα

12.2.2.1 Πλεονεκτήματα

- Υψηλή ασφάλεια.

Ιδιαίτερα στα μεγάλα έργα (projects) ανοικτού κώδικα που έχουν το πλεονέκτημα της γρήγορης ανταπόκρισης σε κενά ασφαλείας που ανακαλύπτονται εξ' αιτίας της μεγάλης κοινότητας (community) προγραμματιστών που συμμετέχει σε αυτά.

- Επιτρέπεται σε πολλούς ανθρώπους να εργάζονται στο λογισμικό παράλληλα.
- Η καταγραφή του κώδικα είναι συνήθως εύκολη να βρεθεί.
- Υπάρχουν πολλοί άνθρωποι οι οποίοι παρέχουν οδηγίες.
- Τακτικές ενημερώσεις.
- Προβολή και μεταβολή στοιχείων του συστήματος.
- Μηδενικό κόστος.

12.2.2.2 Μειονεκτήματα

- Περιπλοκότητα
- Πληθώρα στοιχείων που δεν είναι απαραίτητα

12.3 Υλικό

12.3.1 Κλειστό Υλικό

Όπως και το κλειστό λογισμικό, έτσι και το κλειστό υλικό είναι υλικό το οποίο είναι σχεδιασμένο και συνήθως πατενταρισμένο από ιδιωτικές εταιρίες ή οργανισμούς και κατασκευάζεται από συγκεκριμένους κατασκευαστές με συγκεκριμένες άδειες. Λίγο πολύ η πλειονότητα των υπολογιστών και των εξαρτημάτων υπολογιστών ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.

12.3.2 Ελεύθερο Υλικό

Ο ορισμός του υλικού ανοικτού κώδικα (Open Source Hardware - OSHW) όπως αυτός αναφέρεται από την Open Source Hardware Association (oshwa.org) βασίζεται στον ορισμό ανοικτού κώδικα για το λογισμικό ανοικτού κώδικα. Αυτός ο ορισμός δημιουργήθηκε από τον Bruce Perens και τους προγραμματιστές της Debian επάνω στις κατευθυντήριες γραμμές για το Ελεύθερο Λογισμικό της Debian. Δηλαδή Το υλικό πληροφορικής ανοικτού κώδικα περιλαμβάνει υπολογιστές και εξαρτήματα υπολογιστών με ανοιχτό σχεδιασμό. Σχεδιάζονται ως υλικό ανοικτού κώδικα χρησιμοποιώντας αρχές ανοικτού κώδικα.

Ενώ η πλειονότητα των υπολογιστών και των εξαρτημάτων υπολογιστών ανήκουν στην κατηγορία του κλειστού υλικού, οι υπολογιστικές μονάδες χαμηλού όγκου / κατανάλωσης (SBC) σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν στην πλειοψηφία τους σαν υλικά ανοικτού κώδικα. Έτσι λοιπόν έχουμε όλα τα πλεονεκτήματα του ανοικτού κώδικα και στο υλικό.

13. Χαρακτηριστικά

Οι περιλήψεις των χαρακτηριστικών παρατίθενται στο Παράρτημα «Α» με αλφαβητική σειρά και βασίζονται σε προδιαγραφές των Υπολογιστικών Μονάδων Χαμηλού Όγκου / Κατανάλωσης (Single Board Computer – SBC) της εκάστοτε εταιρίας με τη χαμηλότερη διαθέσιμη τιμολόγηση Ιουνίου 2018. Αναλυτικά τα χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στο Παράρτημα «Β».

14. Χρησιμότητα

Οι εφαρμογές των Υπολογιστικών Μονάδων Χαμηλού Όγκου / Κατανάλωσης (Single Board Computer – SBC) είναι πάρα πολλές και κάθε μέρα γίνονται περισσότερες. Όπως φαίνεται από τα χαρακτηριστικά τους (Παραρτήματα «Α» και «Β»), έχουν σχεδιαστεί για πολλές και διάφορες χρήσεις από απλοί ελεγκτές έως μικροί ολοκληρωμένοι υπολογιστές. Εξαιτίας της μεγάλης ποικιλίας σε χαρακτηριστικά μπορούν να καλύψουν πληθώρα εφαρμογών με εντελώς διαφορετικές απαιτήσεις και ανάγκες.

Μερικά παραδείγματα εφαρμογών των SBC είναι τα εξής:

- Έξυπνα σπίτια / επιχειρήσεις / βιομηχανικές εφαρμογές.
- Έξυπνα συστήματα ασφαλείας για σπίτια / επιχειρήσεις / βιομηχανίες.
- Έξυπνα συστήματα γεωργικών εφαρμογών.
- Διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things - IoT).
- Διαδίκτυο των πάντων (Internet of Everything - IoE).
- Εκπαιδευτικά έργα και εφαρμογές.
- Αυτοματισμοί παντός τύπου (σπίτια / επιχειρήσεις / βιομηχανίες).
- Τμήματα πολύπλοκων εφαρμογών (ελεγκτές ή διεπαφές).
- Πολυμέσα και παιχνιδομηχανές.

15. Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

15.1 Πλεονεκτήματα

Εκτός από την μεγάλη ποικιλία τους σε χαρακτηριστικά που τους επιτρέπει να παρέχουν εξειδικευμένες λύσεις σε καθημερινά προβλήματα, οι SBC προσφέρουν τρία ακόμα πλεονεκτήματα που δίνουν μεγάλο προβάδισμα από τις έως σήμερα κλασικές λύσεις. Το μικρό μέγεθος, το χαμηλό κόστος και την χαμηλή κατανάλωση. Έτσι στον ταχύτατα αναπτυσσόμενο τομέα του διαδικτύου των πραγμάτων (Internet of Things - IoT) ή όπως εξελίσσεται σε διαδίκτυο των πάντων (Internet of Everything - IoE) αναμένεται να διαδραματίσουν κορυφαίο ρόλο. Δεν είναι δυνατό βεβαίως, να μην αναφερθεί η μεγάλη επεκτασιμότητα που τους χαρίζει μεγάλη ευελιξία και πρόσθετες δυνατότητες ώστε να ανταπεξέλθουν σε νέες συνθήκες και καταστάσεις καλύπτοντας ένα ακόμη μεγαλύτερο φάσμα εφαρμογών και απαιτήσεων.

15.2 Μειονεκτήματα

Τα κύρια μειονεκτήματα των SBC είναι δύο και είναι αποτέλεσμα της πρόσφατης εμφάνισης και εξάπλωσής τους. Και τα δύο οφείλονται καθαρά στο νηπιακό στάδιο εξέλιξης που διανύουν αυτή τη στιγμή.

Το πρώτο μειονέκτημα είναι η απουσία συγκεκριμένης τυποποίησης στο υλικό ώστε να υπάρχει η ανάλογη και αντίστοιχη συμβατότητα μεταξύ τους. Έτσι το πλεονέκτημά της ποικιλομορφίας σε χαρακτηριστικά και δυνατότητες, μετατρέπεται εν μέρει και στο μεγαλύτερο μειονέκτημα τους.

Το δεύτερο μειονέκτημα που κατά βάση είναι αποτέλεσμα του πρώτου, είναι η υποστήριξη περιορισμένων ή υπό ανάπτυξη Λειτουργικών Συστημάτων που έχει σαν συνέπεια την περιορισμένη ή ελλιπή υποστήριξη προγραμμάτων και εφαρμογών.

Σαφώς με την τεράστια εξάπλωση που γνωρίζουν οι SBC, και τη συνεχή εξέλιξή τους, γίνονται μεγάλες προσπάθειες ως προς την τυποποίηση και τη συμβατότητα του υλικολογισμικού τους. Συνεπώς με την πάροδο του χρόνου δίνετε να περιοριστούν και να μειωθούν στο ελάχιστο τα προβλήματα αυτά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

1. Εισαγωγή

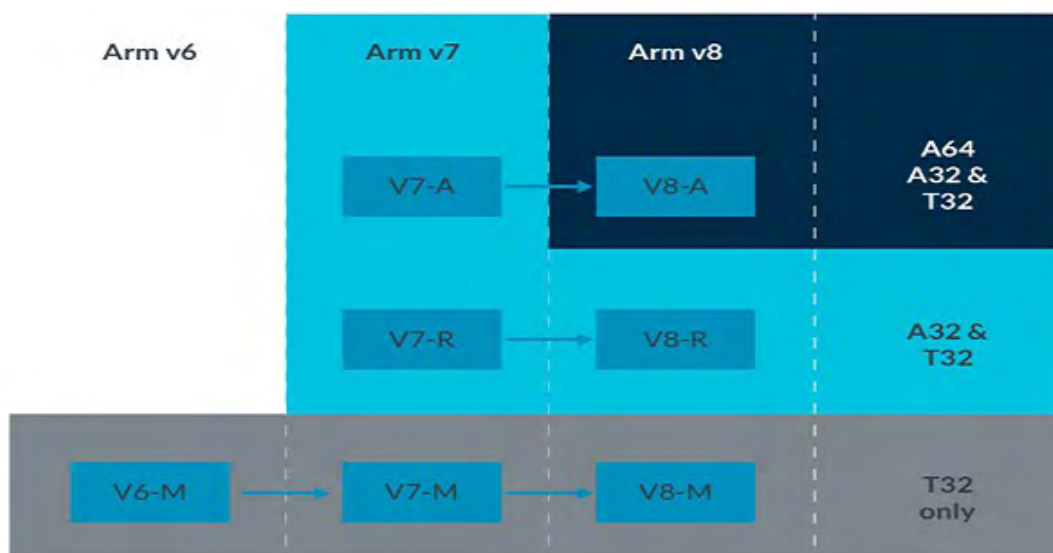
Για την παρούσα διπλωματική διατριβή πρέπει να τεθούν συγκεκριμένες προδιαγραφές ώστε να πραγματοποιηθεί η επιλογή του υλικού και του λογισμικού με τον καλύτερο δυνατό τρόπο για την εξαγωγή όσο το δυνατόν ασφαλέστερων και αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Οι απαιτήσεις ως προς τις προδιαγραφές της κατασκευής πρέπει να έχουν δύο σκέλη. Το πρώτο σκέλος αφορά τις απαιτήσεις ως προς το υλικό, και το δεύτερο τις απαιτήσεις ως προς το λογισμικό.

16. Απαιτήσεις – Προδιαγραφές Υλικού

Λαμβάνοντας υπόψη την μεγάλη ποικιλομορφία από πλευράς υλικού (Παραρτήματα «Α» και «Β») θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω απαιτήσεις – προδιαγραφές για την επιλογή αυτού.

16.1 Επεξεργαστής

Το είδος του επεξεργαστή, η απόδοση και η κατανάλωση, είναι η καρδιά των κόμβων της Συστάδας. Με λίγα λόγια χρειάζεται επεξεργαστής με την μεγαλύτερη επίδοση και μικρότερη δυνατή κατανάλωση. Επομένως αποκλείονται οι επεξεργαστές τύπου x86 και οι επεξεργαστές χαμηλής κατανάλωσης της ARM έχουν την τιμητική τους.



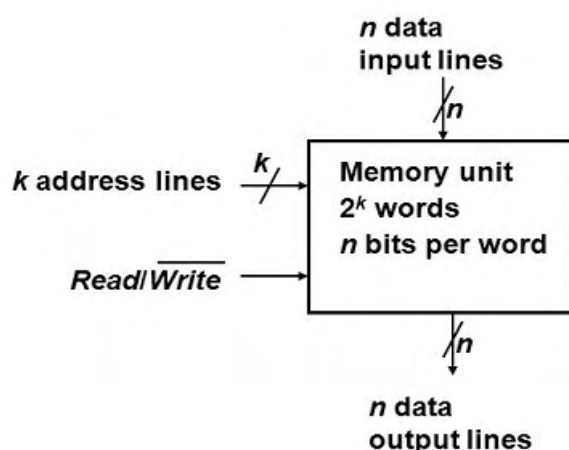
Εικόνα 18 – ARM Instruction set block diagram (Πηγή: developer.arm.com)

Βασικές απαιτήσεις:

- Τύπος πυρήνων επεξεργαστή τουλάχιστον ARM 64bit (CPU Core \geq ARM 64bit).
- Η συχνότητα να είναι μεγαλύτερη του ενός Gigahertz ($F > 1$ GHz).
- Οι πυρήνες να είναι τουλάχιστον τέσσερις (CPU \geq Quad Core).

16.2 Μνήμη RAM

Όλες οι Μονάδες διαθέτουν παρεμφερής τύπους μνήμης. Οι δυνατότητες της κάθε μονάδας ως προς την ταχύτητα της μνήμης εξαρτάτε κατά κύριο λόγο από τον επεξεργαστή. Το μέγεθος της μνήμης, καθορίζει το μέγεθος των τμημάτων που μπορεί να επεξεργαστεί ένας Κόμβος. Επομένως η ποσότητα προηγείται της ποιότητας σε αυτή την περίπτωση. Επιθυμητή είναι η όσο το δυνατό μεγαλύτερη μνήμη.



Εικόνα 19 - Μνήμη RAM
(Πηγή: RAM by Clementine Parker)

- Η μνήμη RAM να είναι μεγαλύτερη από 1 Gigabyte (RAM > 1 GB).

16.3 Δίκτυο

Για την βέλτιστη και αξιόπιστη σύνδεση είναι επιβεβλημένο να χρησιμοποιηθεί ΜΟΝΟ ενσύρματη δικτύωση. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται και προβλήματα ποιότητας που ακολουθούν τα ασύρματα δίκτυα.

- Το δίκτυο να είναι ενσύρματο και γρήγορο (Network = 1000 MB/s).

| | | |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 10Gb | 1000Mb | 100Mb |
| 10 Gigabit Ethernet (10Gb) | Gigabit Ethernet (1000Mb) | Fast Ethernet (100Mb) |

Εικόνα 20 - Ethernet (Πηγή: jowang.over-blog.com)

16.4 Κόστος

Όλα τα παραπάνω έχουν ένα μεγάλο αντίπαλο που ονομάζεται κόστος. Είναι επιβεβλημένο να ληφθεί σοβαρά υπόψη ο παράγοντας κόστος σε αντιδιαστολή με τις προαναφερθείσες απαιτήσεις. Επομένως η επιλογή του καλύτερου θα συνοδεύεται από την βέλτιστη τιμή για το ίδιο ή παρόμοιο υλικό.



Εικόνα 21 - Κόστος (Πηγή: Homeschool411.com)

- Η τιμή της Μονάδας να μην υπερβαίνει τα πενήντα δολάρια (Price \leq \$50).

17. Απαιτήσεις – Προδιαγραφές Λογισμικού

Για την εξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων που θα έχουν μία λογική και μία κατάληξη πρέπει το λογισμικό να έχει ορθή και απρόσκοπτη λειτουργία τόσο στη Συστάδα όσο και σε συμβατικούς υπολογιστές. Επομένως κατά προτεραιότητα τίθενται οι παρακάτω προδιαγραφές.

17.1 Λειτουργικό Σύστημα

Το Λειτουργικό Σύστημα πρέπει να είναι κοινό σε όλους τους Κόμβους της Συστάδας καθώς και στους συμβατικούς υπολογιστές όπου θα ληφθούν τα αποτελέσματα. Επομένως το Λειτουργικό Σύστημα πρέπει να είναι συμβατό με όσες το δυνατό περισσότερες αρχιτεκτονικές επεξεργαστών.

Με τον τρόπο αυτό αποκλείονται τα «Προσαρμοσμένα» Λειτουργικά Συστήματα που διαθέτουν ορισμένες Υπολογιστικές Μονάδες και τα οποία δεν «συνεργάζονται» επαρκώς με άλλα Λειτουργικά Συστήματα και τεχνολογίες. Η περίφημη συμβατότητα των συστημάτων είναι το κλειδί σε αυτή την υπόθεση.



Εικόνα 22 - Λειτουργικά Συστήματα

(Πηγή: hackweser.blogspot.com)

Επίσης πρέπει να αποκλειστούν τα Λειτουργικά Συστήματα που **ΔΕΝ** διαθέτουν Μεταγλωττιστές (Compilers) ή **ΔΕΝ** διαθέτουν κεφαλίδες (Headless) και αυτό γιατί χρειάζεται να μεταγλωττιστούν τα προγράμματα μέτρησης.

Με το ίδιο περίπου σκεπτικό λόγω τις ιδιαιτερότητας του εγχειρήματος το Λειτουργικό Σύστημα που θα επιλεγεί πρέπει να είναι Ανοικτού Κώδικα (Open Source).

Επιγραμματικά οι απαιτήσεις του Λειτουργικού Συστήματος:

- Κοινό για πολλές αρχιτεκτονικές (Multi Arch OS).
- Ανοικτού Κώδικα (Open Source Operating System).
- Να διαθέτει Μεταγλωττιστές (Compilers).
- Να διαθέτει κεφαλίδες (Headers).

17.2 Εφαρμογές μέτρησης υπολογιστικής ισχύος

Οι εφαρμογές μέτρησης της υπολογιστικής ισχύος πρέπει να είναι αξιόπιστες, να μπορούν να μεταγλωττιστούν και να εκτελεστούν στο επιλεγμένο Λειτουργικό Σύστημα προσφέροντας σωστά και αξιόπιστα αποτελέσματα. Βασική απαίτηση να μπορούν να εκτελεστούν παράλληλα σε Συστάδα.

- Αξιόπιστες εφαρμογές.
- Μεταγλώττιση και εκτέλεση στο επιλεγμένο Λειτουργικό Σύστημα.
- Παράλληλη εκτέλεση σε Συστάδα.
- Εφαρμογή μέτρησης υπολογιστικής ισχύος (Benchmark).
- Εφαρμογή μέτρησης υπολογιστικής ισχύος σε κρυπτονομίσματα (Cryptocurrency).
- Εφαρμογή μέτρησης υπολογιστικής ισχύος Βιοπληροφορικής (Bioinformatics).



Εικόνα 23 - Bioinformatics (Πηγή: blog.f1000.com)

18. Απαιτήσεις Συνοπτικά

Συνοψίζοντας τις παραπάνω προδιαγραφές υλικού και λογισμικού:

- Τύπος πυρήνων επεξεργαστή τουλάχιστον ARM 64bit (CPU Core \geq ARM 64bit).
- Συχνότητα πυρήνων επεξεργαστή μεγαλύτερη του ενός Gigahertz ($F > 1$ GHz).
- Πυρήνες επεξεργαστή τουλάχιστον τέσσερις (CPU \geq Quad Core).
- Μνήμη RAM μεγαλύτερη από 1 Gigabyte (RAM > 1 GB).
- Δίκτυο ενσύρματο και γρήγορο (Network = 1000 MB/s).
- Τιμή Μονάδας έως πενήντα δολάρια (Price \leq \$50).
- Λειτουργικό Σύστημα κοινό για πολλές αρχιτεκτονικές (Multi Arch OS).
- Λειτουργικό Σύστημα Ανοικτού Κώδικα (Open Source Operating System).
- Λειτουργικό Σύστημα που διαθέτει Μεταγλωττιστές (Compilers).
- Λειτουργικό Σύστημα που διαθέτει κεφαλίδες (Headers).
- Εφαρμογές Αξιόπιστες.
- Μεταγλώττιση και εκτέλεση εφαρμογών στο επιλεγμένο Λειτουργικό Σύστημα.
- Παράλληλη εκτέλεση εφαρμογών σε Συστάδα.
- Εφαρμογή μέτρησης υπολογιστικής ισχύος (Benchmark).
- Εφαρμογή μέτρησης υπολογιστικής ισχύος σε κρυπτονομίσματα (Cryptocurrency).
- Εφαρμογή μέτρησης υπολογιστικής ισχύος Βιοπληροφορικής (Bioinformatics).

19. Στόχος

Σαν στόχος των παραπάνω απαιτήσεων είναι μία Συστάδα αποτελούμενη από μικρό αριθμό Υπολογιστικών Μονάδων Χαμηλού Όγκου / Κατανάλωσης (Single Board Computers – SBC) να δώσει εφάμιλλα ή και καλύτερα αποτελέσματα ενεργειακής απόδοσης από κλασικούς επιτραπέζιους και φορητούς υπολογιστές.

Ένας ακόμα στόχος της παρούσας διατριβής είναι να εξεταστεί το εάν και κατά πόσο είναι εφικτή η δημιουργία ενός Υπερυπολογιστή (Supercomputer) από μία συστάδα υπολογιστικών μονάδων χαμηλού όγκου / κατανάλωσης.

Η ενεργειακή απόδοση υπολογίζεται με τους παρακάτω τύπους:

$$\text{Ενεργειακή Απόδοση} = \frac{\text{Έργο}}{\text{Ενέργεια}} = \frac{\text{Έργο}}{\text{Κατανάλωση} \times \text{Χρόνος}} = \frac{\text{Υπολογιστική Ισχύς}}{\text{Κατανάλωση}}$$



Εικόνα 24 - Energy Efficiency (Πηγή: facilitiesmagazine.com)

Δεδομένο ότι η μέγιστη κατανάλωση εκ των πραγμάτων είναι πεπερασμένος αριθμός και δεν μεταβάλλεται, με βάση τον αριθμό των πυρήνων της Συστάδας που ισούται με 4 πυρήνες ανά Κόμβο επί 5 κόμβους (4 x 5) 20 πυρήνες, τίθενται οι επιμέρους στόχοι:

- Η υπολογιστική ισχύς κατ' ελάχιστο τα (5x1,5) 7,5 Gigaflor (Benchmark) με κατανάλωση καλύτερη από 0,30 Gigaflor ανά Watt. Με τα όρια αυτά η εξασφαλίζεται, θεωρητικά τουλάχιστον, η δυνατότητα της δημιουργίας του υπερυπολογιστή.
- Στα κρυπτονομίσματα (Cryptocurrency) και τις εφαρμογές Βιοπληροφορικής (Bioinformatics) το ζητούμενο είναι η βέλτιστη Ενεργειακή Απόδοση. Επίτευξη του στόχου θα θεωρηθεί εάν τα αποτελέσματα είναι εφάμιλλα ή καλύτερα από υπολογιστικές μονάδες παρόμοιου ή μεγαλύτερου κόστους.



Εικόνα 25 - ECO design (Πηγή: www.cys.org.cy)



Εικόνα 26 - Ενεργειακή Απόδοση (Πηγή: www.cys.org.cy)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο
ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Εισαγωγή

Η αξιολόγηση και η εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης της συστάδας υπολογιστικών μονάδων χαμηλού όγκου / κατανάλωσης πρέπει να πραγματοποιηθεί εντός του παρακάτω πλαισίου για την καλύτερη άντληση αποτελεσμάτων. Σύμφωνα πάντα με τις τεθείσες προδιαγραφές η αξιολόγηση αυτή πρέπει να γίνει από αξιόπιστες εφαρμογές οι οποίες μπορούν να μεταγλωττιστούν και να εκτελεστούν παράλληλα στην Συστάδα.

Η πρώτη εφαρμογή πρέπει να είναι σε θέση να μετρήσει με ακρίβεια την υπολογιστική ισχύ της Συστάδας. Επομένως πρέπει να είναι μία αξιόπιστη και αναγνωρισμένη εφαρμογή που χρησιμοποιείται σαν σημείο αναφοράς (Benchmark).

Η δεύτερη εφαρμογή, πάντα σύμφωνα με τις προδιαγραφές, πρέπει να μετρήσει την πραγματική απόδοση της Συστάδας, επάνω σε ένα υπαρκτό Κρυπτονόμισμα (Cryptocurrency) σε πραγματικές συνθήκες Εξόρυξης (Mining).

Η τρίτη και τελευταία εφαρμογή, όπως αυτή αναφέρεται στις προδιαγραφές, πρέπει να είναι σε θέση να δώσει ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα Βιοπληροφορικής (Bioinformatics), ούτως ώστε να συμπληρωθεί η εικόνα της υπολογιστικής ισχύος της Συστάδας με πραγματικά αποτελέσματα επιστημονικού χαρακτήρα, για μία σφαιρική αξιολόγησή της.

2. Λειτουργικό Σύστημα

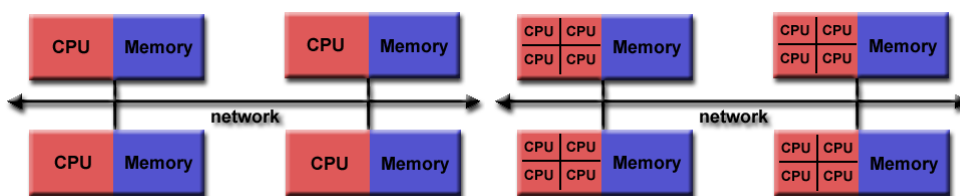
Πρωτίστως πρέπει να γίνει η επιλογή του Λειτουργικού Συστήματος. Λαμβάνοντας υπόψη τις προδιαγραφές, τα διαθέσιμα Λειτουργικά Συστήματα περιορίζονται αρκετά. Έτσι δια της απόπου απαγωγής για ένα ΛΣ κοινό για Πολλές Αρχιτεκτονικές (Multi Arch OS), Ανοικτού Κώδικα (Open Source Operating System), που διαθέτει Μεταγλωττιστές (Compilers) και Κεφαλίδες (Headers), εύκολα η κατάληξη είναι ένα Λίνουξ (Linux) Λειτουργικό Σύστημα.

Από τις διαθέσιμες διανομές και εκδόσεις σαν καταλληλότερη επιλέγεται μία διανομή βασισμένη στο «Ubuntu 18.04 LTS (Bionic Beaver)» λόγο της σταθερότητας, της συμβατότητας, της υποστήριξης και των δυνατοτήτων που προσφέρει. Η κωδική ονομασία αυτής της έκδοσης είναι, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, «Bionic

Beaver» ενώ λόγω του «LTS» (Long Term Support) θα υποστηρίζεται για πέντε (5) έτη από την ημέρα κυκλοφορίας του, δηλαδή έως το 2023. Προσφέρει πολλά χαρακτηριστικά όπως «copy-on-write», κλωνοποίηση, συνεχή έλεγχο της ακεραιότητας του συστήματος για φθορά δεδομένων, αυτόματη επισκευή του συστήματος αρχείων και συμπίεση δεδομένων. Με λίγα λόγια είναι σταθερό και δοκιμασμένο για αρκετό διάστημα και έχει την υποστήριξη μίας μεγάλης κοινότητας προγραμματιστών.

3. Διεπαφή Διελεύσεως Μηνυμάτων (Message Passing Interface - MPI)

Για να μπορέσουν όλα τα παραπάνω να γίνουν εφικτά σε μία Συστάδα, είναι απαραίτητη η ύπαρξη μίας Διεπαφής Διελεύσεως Μηνυμάτων (Message Passing Interface - MPI). Όπως φαίνεται από τον ορισμό του «Το MPI είναι ένα τυποποιημένο και φορητό πρότυπο μετάδοσης μηνυμάτων που σχεδιάστηκε από μια ομάδα ερευνητών από τον ακαδημαϊκό κόσμο και τη βιομηχανία για να λειτουργήσει σε μια μεγάλη ποικιλία παράλληλων υπολογιστικών αρχιτεκτονικών». Αναλυτικότερα μιλώντας το πρότυπο αυτό καθορίζει τη σύνταξη και τη σημασιολογία ενός πυρήνα ρουτινών βιβλιοθηκών χρήσιμων σε ένα ευρύ φάσμα προγραμματιστών που αναπτύσσουν προγράμματα και εφαρμογές παράλληλης επεξεργασίας σε «C», «C ++» και «Fortran».



Εικόνα 27 – Message Passing Interface (MPI) 1980s-90s and Today

(Πηγή: computing.llnl.gov)

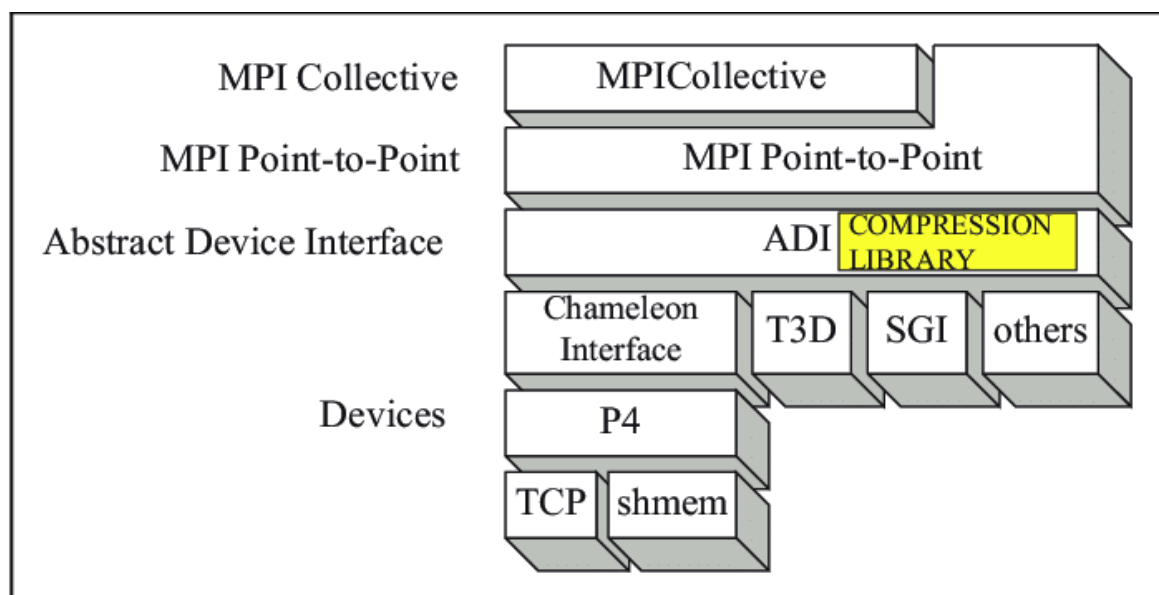
Το «MPI» λοιπόν είναι μία τυποποιημένη Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογών (Application Programming Interface - API) που χρησιμοποιείται συνήθως για παράλληλες και / ή κατανεμημένες υπολογιστικές εφαρμογές. Συντάχθηκε από το «MPI Forum» (μια μεγάλη επιτροπή που αποτελείται από μια διατομή μεταξύ βιομηχανίας και ερευνητικών εκπροσώπων). Το πρότυπο «MPI» έχει δημοσιευθεί πολλές φορές:

- «MPI-1.0» (δημοσιεύθηκε το 1994).

- «MPI-2.0» (δημοσιεύτηκε το 1996). Το «MPI-2.0» είναι, ως επί το πλείστον, προσθήκες και επεκτάσεις στην αρχική προδιαγραφή «MPI-1.0».
- Τα «MPI-2.1» και «MPI-2.2» δημοσιεύθηκαν στη συνέχεια και περιέχουν μικρές διορθώσεις, αλλαγές και προσθήκες σε σύγκριση με το «MPI-2.0».
- «MPI-3.0» (δημοσιεύθηκε το 2012).
- «Το MPI-3.1» δημοσιεύθηκε στη συνέχεια και περιέχει μικρές διορθώσεις, αλλαγές και προσθήκες σε σύγκριση με το «MPI-3.0».

Όλα τα έγγραφα προδιαγραφών «MPI» υπάρχουν στην επίσημη ιστοσελίδα του «MPI Forum» (<http://www.mpi-forum.org>). Οι δύο πιο διαδεδομένες Διεπαφές Διελεύσεως Μηνυμάτων είναι το «Open-MPI» (www.open-mpi.org) και το «MPICH» (www.mpich.org).

Για την λήψη των μετρήσεων ορίζεται ότι **ΟΛΑ** τα προγράμματα είναι απαραίτητο να εκτελούνται **ΜΟΝΟ** μέσω του «mpirxec» το οποίο με την σειρά του πρέπει να χρησιμοποιεί την Διεπαφή Διελεύσεως Μηνυμάτων «Open-MPI» του επιλεγμένου Λειτουργικού Συστήματος.



Εικόνα 28 - The layered design of Open MPI (Πηγή: www.researchgate.net)

4. Εφαρμογή Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος (Benchmark).

Σαν πρώτο και κύριο βήμα είναι η μεταγλώττιση και η εκτέλεση μίας εγκεκριμένης και αξιόπιστης εφαρμογής η οποία να είναι αναγνωρισμένη και να χρησιμοποιείται σαν σημείο αναφοράς (Benchmark). Τηρώντας πιστά τις προδιαγραφές, μία τέτοια εφαρμογή είναι το «Linpack Benchmark», το οποίο χρησιμοποιείται για την κατάταξη των Υπερυπολογιστών (Supercomputers) στο Top500 (www.top500.org/project/linpack). Το σημείο αναφοράς που χρησιμοποιείται στο «Linpack Benchmark» είναι η επίλυση ενός πυκνού συστήματος γραμμικών εξισώσεων.



Εικόνα 29 - Top500 - The Linpack Benchmark (Πηγή: www.top500.org)

5. Εφαρμογή Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος σε Κρυπτονομίσματα (Cryptocurrency).

Η μέτρηση της υπολογιστικής ισχύος επάνω στα Κρυπτονομίσματα (Cryptocurrency) δύναται να μετρηθεί επάνω σε έναν πραγματικό εξωτερικό κόμβο συνδεδεμένο στο τοπικό δίκτυο. Η επιλογή του κρυπτονομίσματος εξαρτάται από τον αλγόριθμο κρυπτογράφησης και μία καλή επιλογή είναι το κρυπτονόμισμα «AEON» (www.aeon.cash) το οποίο δημιουργήθηκε σαν κλώνος του «MONERO» (www.getmonero.org) για πειραματικούς σκοπούς και χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο «CryptoNight-Lite» (en.bitcoinwiki.org/wiki/CryptoNight-Lite). Στην έκδοση «V7» ο «CryptoNight-Lite» εξαρτάτε από την επεξεργαστική ισχύ του επεξεργαστή, στην περίπτωση της εξόρυξης μέσω επεξεργαστή (CPU mining). Η έκδοση «V7» του αλγορίθμου σε σχέση με την προκάτοχό της «V1», δεν επιτρέπει την εξόρυξη από ASIC μηχανήματα παρά μόνο από επεξεργαστές και κάρτες γραφικών.



Εικόνα 30 - AEON - MONERO (Πηγή: steemit.com/crypto)

Για την απρόσκοπτη και ανεπηρέαστη εξαγωγή ασφαλών αποτελεσμάτων είναι απαραίτητο να εγκατασταθεί σε ανεξάρτητη υπολογιστική μονάδα ένας ανεξάρτητος κόμβος του «AEON» (github.com/aeonix/aeon) ο οποίος, αφού μεταγλωττιστεί κατάλληλα, πρέπει να είναι πλήρως λειτουργικός και να διαθέτει πρόσβαση στο διαδίκτυο.

Για την εξαγωγή των μετρήσεων κρίνεται απαραίτητη η εγκατάσταση στην ίδια ανεξάρτητη υπολογιστική μονάδα μίας εφαρμογής πισίνας (pool) η οποία να είναι ο ενδιάμεσος μεταξύ του κόμβου «AEON» και της Συστάδας ώστε να προσφέρει ανεξάρτητη πραγματική συνολική μέτρηση της υπολογιστικής ισχύος. Αυτό είναι αναγκαίο διότι οι πραγματικές μετρήσεις διαφέρουν ελαφρώς από αυτές των κόμβων της Συστάδας. Μία ιδανική εφαρμογή ανοικτού κώδικα για τον ρόλο αυτό είναι η «monero-stratum» (github.com/sammy007/monero-stratum/tree/aeon).

Η εφαρμογή ανοικτού κώδικα που μπορεί να μεταγλωττιστεί και να εκτελεστεί απροβλημάτιστα στους Κόμβους της Συστάδας κάλλιστα μπορεί να είναι η «XMRig» (github.com/xmrig/xmrig). Η εφαρμογή είναι σχεδιασμένη για εξόρυξη διαφόρων νομισμάτων με την χρήση του επεξεργαστή. Στην συγκεκριμένη περίπτωση οι μετρήσεις της εφαρμογής αυτής δεν θα ληφθούν για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, αλλά η χρήση της είναι καθαρά και μόνο για την εξόρυξη.



Εικόνα 31 - XMRig Logo (Πηγή: config.xmrig.com)

Τον ρόλο της συγκέντρωσης των αποτελεσμάτων και της επικοινωνίας της συστάδας με τον «έξω κόσμο», αναλαμβάνει η εφαρμογή ανοικτού κώδικα «XMRig-Proxy» (github.com/xmrig/xmrig-proxy) που θα εγκατασταθεί αποκλειστικά και μόνο στον πρώτο κόμβο της συστάδας.

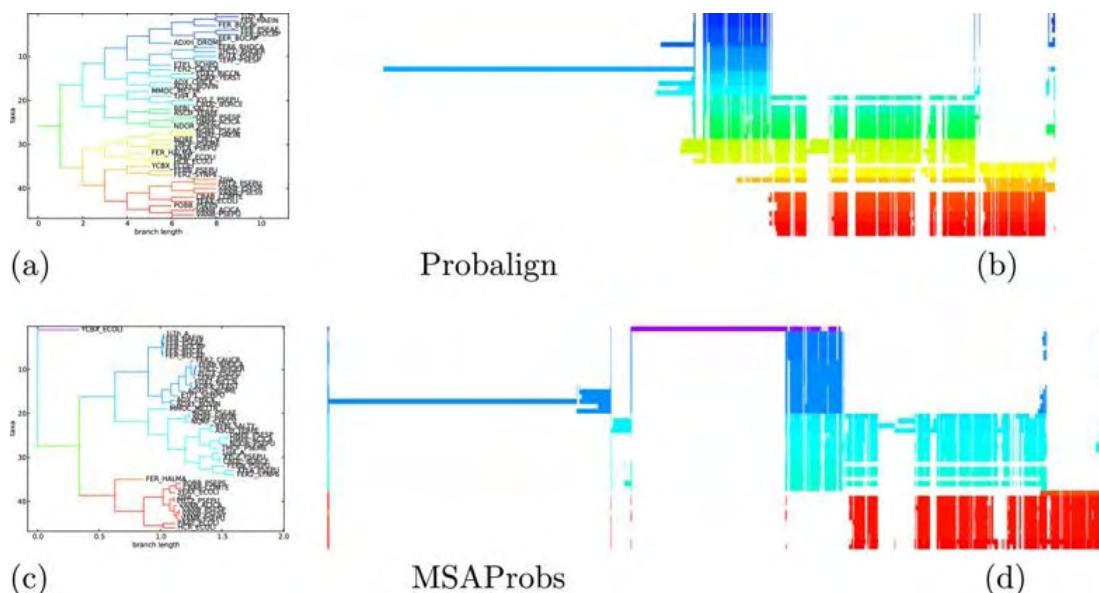
Το αποτέλεσμα της μέτρησης επεξεργαστικής ισχύος είναι το λεγόμενο «Hash Rate». Το «Hash Rate» λοιπόν είναι η ταχύτητα με την οποία ένας υπολογιστής ολοκληρώνει μια ενέργεια στο κρυπτονόμισμα που εξυπηρετεί. Ο ρυθμός δηλαδή της εξαγωγής αποτελεσμάτων της συνάρτησης κατακερματισμού (αλγορίθμου) του νομίσματος αυτού. Για την βέλτιστη εξαγωγή ασφαλών αποτελεσμάτων η μέτρηση του «Hash Rate» πρέπει να πραγματοποιηθεί σε χρονικό παράθυρο 30 λεπτών της ώρας και η δυσκολία (Difficulty) να οριστεί το εκατό (100).

6. Εφαρμογή Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος στην Βιοπληροφορική (Bioinformatics).

Είναι πολλά τα προβλήματα της Βιοϊατρικής τα οποία χρειάζονται μεγάλη υπολογιστική ισχύ. Μία εφαρμογή ανοικτού κώδικα που καλύπτει τις προδιαγραφές είναι το «MSAProbs» (msaprobs.sourceforge.net). Το «MSAProbs» εφαρμόζει έναν αλγόριθμο ευθυγράμμισης πολλών αλληλουχιών για τις πρωτεϊνικές αλληλουχίες. Όπως αναφέρει ο «Liu Yongchao» που ανέπτυξε την εφαρμογή αυτή: «Ο σχεδιασμός του MSAProbs βασίζεται σε ένα συνδυασμό ζευγαριών κρυφών μοντέλων «Markov» και λειτουργιών διαίρεσης για τον υπολογισμό «posterior» πιθανοτήτων. Αξιολογούμενη με βάση τα

δημοφιλή σημεία αναφοράς: «BAliBASE», «PREFAB», «SABmark» και «OXBENCH», το «MSAProbs» επιτυγχάνει στατιστικά σημαντικές βελτιώσεις ακρίβειας έναντι των υφιστάμενων ευθυγραμμιστών κορυφαίων επιδόσεων, συμπεριλαμβανομένων των «ClustalW», «MAFFT», «MUSCLE», «ProbCons» και «Probalign».

Επιπλέον, το «MSAProbs» βελτιστοποιείται για επεξεργαστές κοινόχρηστης μνήμης, χρησιμοποιώντας ένα σχεδιασμό πολλαπλών σπειρωμάτων και περαιτέρω παραλληλισμό για συστήματα διανεμημένης μνήμης που χρησιμοποιούν το «MPI» για να ξεπεράσουν το υψηλό φράγμα υπερφόρτωσης μεγάλης μνήμης και να επιτύχουν καλή παράλληλη κλίμακα και μέγεθος δεδομένων.



Εικόνα 32 - Guide trees (ac) and alignment visualizations (bd) programs Probalign (ab) and MSAProbs (cd)

(Πηγή: almob.biomedcentral.com/articles/10.1186/1748-7188-9-12)

Για τις ανάγκες της διπλωματικής διατριβής το «MSAProbs» πρέπει, αφού μεταγλωττιστεί κατάλληλα, να εκτελεστεί στους Κόμβους της Συστάδας χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα. Τα δεδομένα αυτά δεν είναι κάτι άλλο από πρωτεΐνες ζωντανών οργανισμών σε αρχεία μορφής «fasta» (en.wikipedia.org/wiki/FASTA_format). Τα αρχεία αυτά καθώς και άλλες λεπτομέρειες διατίθενται από τον «UniProt» (www.uniprot.org) ο οποίος είναι ένας πλήρης πόρος για την αλληλουχία πρωτεϊνών και τα δεδομένα σχολιασμού. Οι βάσεις δεδομένων «UniProt» είναι η «UniProt Knowledgebase (UniProtKB)», τα «UniProt Reference Clusters

(UniRef)» και το «UniProt Archive (UniParc)». Ο «UniProt» είναι ένας βασικός πόρος δεδομένων του «ELIXIR» (www.elixir-europe.org). Το «ELIXIR» είναι ένα σύνολο ευρωπαϊκών πόρων δεδομένων που έχουν θεμελιώδη σημασία για την ευρύτερη κοινωνία της επιστήμης της ζωής και τη μακροπρόθεσμη διατήρηση των βιολογικών δεδομένων.



Εικόνα 33 - Uniprot (Πηγή: www.uniprot.org)

Εικόνα 34 - Elixir (Πηγή: www.elixir-europe.org)

Η μέτρηση της υπολογιστικής ισχύος, στην περίπτωση αυτή, μπορεί να μετρηθεί εκ του αποτελέσματος ως προς τον χρόνο εκτέλεσης. Δηλαδή ο χρόνος που χρειάστηκε για την εκτέλεση της ίδιας ακριβώς διαδικασίας. Με λίγα λόγια στην περίπτωση αυτή ο χρόνος είναι το κλειδί.

Οι τα αρχεία πρωτεϊνών που θα χρησιμοποιηθούν περιγράφονται στον ακόλουθο πίνακα:

| Πίνακας Αρχείων Πρωτεϊνών | | | |
|---------------------------|-------------|----------|-----------------------------------------------------|
| A/A | Proteome ID | Proteins | Taxonomy |
| 1 | UP000014996 | 82 | 1173762 - Salmonella phage FSL SP-076 |
| 2 | UP000246700 | 101 | 2182394 - Mycobacterium phage Byougenkin |
| 3 | UP000030203 | 126 | 1540094 - Citrobacter phage Moogle |
| 4 | UP000207581 | 194 | 1654883 - Salmonella phage 19 |
| 5 | UP000202282 | 83 | 1622234 - Citrobacter phage CVT22 |
| 6 | UP000001398 | 9 | 694067 - Human metapneumovirus (strain CAN97-83) |
| 7 | UP000008740 | 46 | 504553 - Propionibacterium phage PAS50 |
| 8 | UP000201622 | 63 | 1647463 - Salmonella phage SEN34 |
| 9 | UP000000919 | 75 | 320846 - Staphylococcus virus 29 |
| 10 | UP000007167 | 51 | 1141132 - Aeromonas phage phiAS7 |
| 11 | UP000005883 | 11 | 1105327 - Vibrio phage VCY-phi |
| 12 | UP000052091 | 6 | 706527 - Phocoena phocoena papillomavirus 4 |

| | | | |
|----|-------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 | UP000163039 | 2 | 1692258 - Palaemonetes kadiakensis Mississippi grass shrimp associated circular virus |
| 14 | UP000168289 | 7 | 40539 - Human papillomavirus type 50 |
| 15 | UP000202324 | 1 | 31503 - Maize white line mosaic Satellite virus |
| 16 | UP000204153 | 5 | 2017081 - Human fecal virus Jorvi2 |
| 17 | UP000207752 | 2 | 2170125 - Porcine associated porprismacovirus 9 |
| 18 | UP000214354 | 5 | 1655661 - Microviridae Fen7918_21 |
| 19 | UP000217266 | 5 | 2021212 - Rice virus A |
| 20 | UP000232903 | 7 | 2011087 - Stenotrophomonas phage PSH1 |

Τα παραπάνω αρχεία θα χρησιμοποιηθούν σε οκτώ (8) εργασίες όπως παρακάτω:

- Τα UP000014996, UP000246700, UP000030203 και UP000207581 κατά μόνας (σύνολο εργασιών 4).
- Τα UP000202282, UP000001398, UP000008740 UP000201622 , UP000000919 και UP000007167 ως ζεύγη (σύνολο εργασιών 3).
- Τα UP000005883, UP000052091, UP000163039, UP000168289, UP000202324, UP000204153, UP000207752. UP000214354, UP000217266 και UP000232903 ως δεκάδα (σύνολο εργασιών 1).

Σύνολο εργασιών 8 και σύνολο πρωτεϊνών 881.

7. Μέτρηση Καταναλισκόμενης Ενέργειας.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις η μέτρηση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να πραγματοποιείται από εξωτερικό αξιόπιστο μετρητή, με ευρωπαϊκές προδιαγραφές, και οι μετρήσεις να αφορούν την συνολική πραγματική κατανάλωση των μονάδων από την πρίζα (Watt@wall). Επίσης οι μετρήσεις να αφορούν μόνο της Υπολογιστικές Μονάδες και όχι περιφερειακές συσκευές όπως οθόνες, ποντίκια, πληκτρολόγια κλπ. Ως επί το πλείστον ο μετρητής πρέπει να είναι κοινός σε όλες τις μετρήσεις.



Εικόνα 35 - IT Demand Versus Energy Efficiency (Πηγή: www.datacenterjournal.com)



Εικόνα 36 - Data Center Conference 2017 (Πηγή: datacenterconference.boussiasconferences.gr)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

1. Εισαγωγή

Ακλουθώντας πιστά όλα τα παραπάνω ξεκινά η υλοποίηση της κατασκευής της Συστάδας για την εκτίμηση της ενεργειακής της απόδοσης σύμφωνα με τις τεθείσες προδιαγραφές. Η επιλογή του Λογισμικού πραγματοποιήθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο και η επιλογή του Υλικού έχει τώρα σειρά. Παρόλο που είναι αρκετές οι Μονάδες που καλύπτουν τις προδιαγραφές η τελική επιλογή της Μονάδος είναι το «Orange Pi Win Plus» για τους παρακάτω λόγους.

Το «Orange Pi Win Plus» διαθέτει επεξεργαστή «ARM» με τέσσερις (4) πυρήνες 64 bit (A64 Quad-core Cortex-A53 64bit) και «ARMv8-A» σετ εντολών (en.wikipedia.org/wiki/ARM_Cortex-A53) (developer.arm.com/products/processors/cortex-a/cortex-a53) και η συχνότητα των πυρήνων του επεξεργαστή είναι 1,5 Gigahertz (F = 1,5 GHz). Επιπλέον η μνήμη RAM της Μονάδας είναι 2 Gigabyte (RAM = 2 GB) και το ενσύρματο δίκτυο είναι 1000M/100M Ethernet (RJ45). Ένας βασικός ακόμη λόγος είναι το γεγονός ότι όλα αυτά παρέχονται σε τιμή που δεν αγγίζει καν τα \$37 δολάρια Αμερικής.



Εικόνα 37 - Orange Pi Win Plus (Πηγή: www.orangepi.org)

2. Προετοιμασία Υλικού (Hardware)

Εκτός από τις Υπολογιστικές Μονάδες για την δημιουργία της Συστάδας είναι απαραίτητα και ορισμένα επιπλέον υλικά όπως κάρτες «SD» κλάσης 10 για το Λειτουργικό Σύστημα, απλοί διανομείς δικτύου (network switches) και καλώδια για το δίκτυο καθώς και πολύπριζα για την τροφοδοσία των «SBC».

Η επιλογή των καρτών είναι η «Sandisk Micro SD card Class10 TF card 32GB» η οποία, στην τιμή των €6 Ευρώ περίπου, προσφέρει δυνατότητες κλάσης 10 (en.wikipedia.org/wiki/Secure_Digital). Η αλήθεια είναι ότι τα 32 Gigabyte είναι κάπως υπερβολικά αλλά η διαφορά με τα 16GB είναι λιγότερο από €2.

Για την καλωδίωση η επιλογή είναι «CABLEXPERT PP12-0.5M/CAT5E MOLDED STRAIN RELIEF 50U PLUGS 0.5M». Το καλώδιο αυτό είναι κατηγορίας «5E» (CAT 5E) (en.wikipedia.org/wiki/Category_5_cable) με επίχρυσες επαφές προδιαγραφής «50u», στην τιμή των 50 λεπτών του Ευρώ.

Η επιλογή της συσκευής δικτύωσης (network switch) είναι «D-Link DGS-1008D» το οποίο είναι «Unmanaged», «Layer L2» και έχει οκτώ (8) πόρτες με ταχύτητα μεταγωγής 16Gbps (en.wikipedia.org/wiki/Network_switch). Όλα αυτά με €15 Ευρώ περίπου.

Όλα τα παραπάνω υλικά φτάνουν την αξία της κατασκευής της Συστάδας στο ποσό των $(32€ \times 5 = 160€) + (6€ \times 5 = 30€) + (0,50€ \times 5 = 2,50€) + 15€$

207,50€ (με τιμή ισοτιμίας \$1 προς €0,88)

Με την παραλαβή και την αποσυσκευασία των υλικών ακολουθεί η αρμολόγηση και η εγκατάσταση του Λειτουργικού Συστήματος, του δικτύου και των προγραμμάτων.



Εικόνα 38 - Orange Pi Win Plus

3. Λειτουργικό Σύστημα

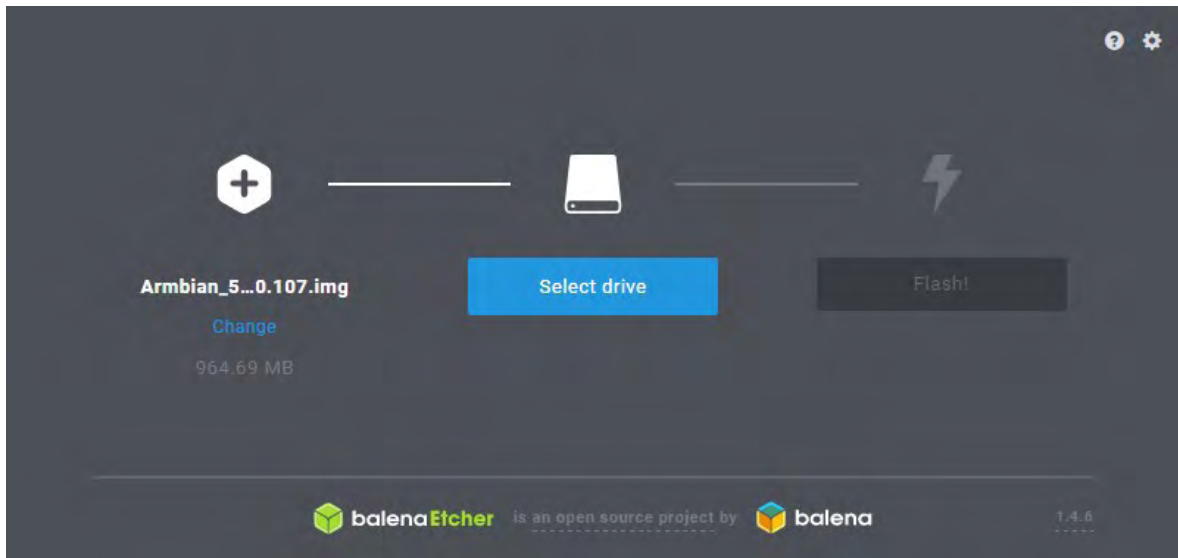
Με βάση τα προηγούμενα και την επιλογή του «Ubuntu 18.04 LTS (Bionic Beaver)» ως Λειτουργικό Σύστημα προβαίνουμε στην εγκατάσταση μίας ελαφριάς διανομής βασισμένης σε αυτό η οποία είναι εξειδικευμένη στην τεχνολογία των Υπολογιστικών Μονάδων Χαμηλού Όγκου / Κατανάλωσης (Single Board Computers – SBC) που έχουν βασιστεί σε επεξεργαστές «ARM». Η διανομή αυτή είναι ανοικτού κώδικα και διαθέτει ισχυρά εργαλεία, μεταγλώττισης και ανάπτυξης λογισμικού, καθώς υποστηρίζεται από μία μεγάλη και ζωντανή κοινότητα.



Εικόνα 39 - ARMBIAN (Πηγή: www.armbian.com)

Το «ARMBIAN» διατίθεται σε «είδωλα» (images) τα οποία μπορούν να εγγραφούν απευθείας στην κάρτα «SD» των Μονάδων χωρίς να χρειάζεται η πολύωρη μεταγλώττιση και εγκατάσταση του Λειτουργικού Συστήματος από την αρχή. Έτσι λοιπόν σε έναν κοινό υπολογιστή με έναν αναγνώστη καρτών «SD» μπορεί να πραγματοποιηθεί

Αφού «κατέβει» το είδωλο «Ubuntu_bionic.7z» αποσυμπιέζεται με το πρόγραμμα «7z» (για Unix) ή «7-zip» (για Windows - www.7-zip.org) και εγγράφεται στην κάρτα «SD» με το πρόγραμμα Etcher (www.balena.io/etcher).



Εικόνα 40 - Etcher

Μετά το πέρας της ως άνω διαδικασίας πραγματοποιείτε η εισαγωγή της κάρτας «SD» στην Μονάδα και ακολουθεί η σύνδεση με το δίκτυο και το ρεύμα ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία της εκκίνησης (boot). Κατά την πρώτη εκκίνηση ορίζεται νέος κωδικός υπερχρήστη (root) και προστίθεται νέος χρήστης με δικά του στοιχεία και κωδικό. Με την ολοκλήρωση ακολουθεί επανεκκίνηση.

Το αμέσως επόμενο βήμα είναι η ρύθμιση του συστήματος και συγκεκριμένα ρυθμίζονται τα ακόλουθα:

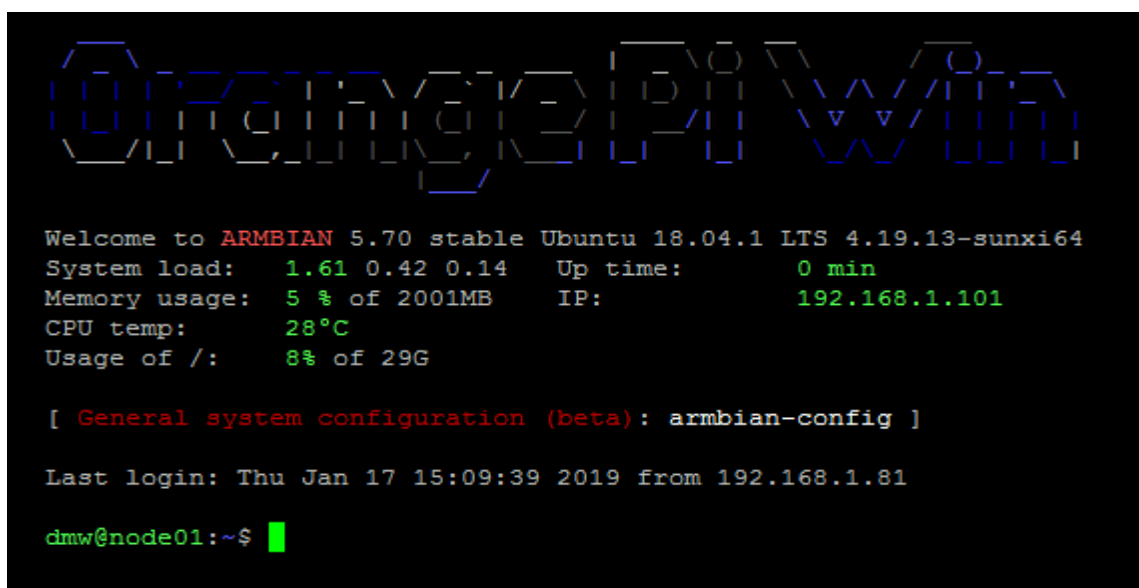
- Η ζώνη της ώρας (TimeZone).
- Το είδος του δικτύου (Network).
- Δίνεται σταθερή διεύθυνση «IP».
- Δίνεται το όνομα της Μονάδος (Hostname).

Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε Υπολογιστική Μονάδα. Και τέλος εκτελείται αναβάθμιση όλων των κόμβων και επανεκκίνησή τους.

4. Συστάδα

Μετά την ολοκλήρωση της όλης διαδικασίας για όλες τις Υπολογιστικές Μονάδες έρχεται η στιγμή για τις καθεαυτού ρυθμίσεις της Συστάδας. Αφού προηγουμένως είχαν δοθεί ονόματα και σταθερές «IP» διευθύνσεις στους κόμβους είναι σειρά να «γνωριστούν» οι κόμβοι μεταξύ τους. Αυτό είναι εφικτό με την προθήκη της αντιστοιχίας αυτής στο αρχείο «/etc/hosts» ([en.wikipedia.org/wiki/Hosts_\(file\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Hosts_(file))) του κάθε κόμβου και την επανεκκίνησή του.

Για να μπορούν οι Κόμβοι της Συστάδας να επικοινωνούν μεταξύ τους είναι επιβεβλημένη, για λόγους ασφαλείας, η ύπαρξη ενός συστήματος κρυπτογράφησης. Μία καλή επιλογή είναι χρήση κλειδιών «RSA» ([en.wikipedia.org/wiki/RSA_\(cryptosystem\)](http://en.wikipedia.org/wiki/RSA_(cryptosystem))). Για την εφαρμογή αυτού του είδους κρυπτογράφησης είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός ζεύγους κλειδιών «RSA» σε κάθε Κόμβο. Το κάθε ζεύγος κλειδιών αποτελείτε από το προσωπικό (private) και το δημόσιο (public) κλειδί (key). Στην παρούσα φάση λοιπόν μετά την δημιουργία των κλειδιών στους κόμβους, αντιγράφεται το δημόσιο κλειδί του πρώτου σε όλους τους άλλους κόμβους και μπαίνει στην λίστα με τους γνωστούς σε αυτόν κόμβους (known hosts). Κατόπιν πραγματοποιείται είσοδος μέσω ασφαλής σύνδεσης «SSH» (en.wikipedia.org/wiki/Secure_Shell) από τον πρώτο κόμβο προς όλους τους άλλους ώστε να επιβεβαιωθούν τα κλειδιά και να αυτοματοποιηθεί η διαδικασία. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται πιστά στους κόμβους και για ενός εκάστου εξ' αυτών.



```

Welcome to ARMBIAN 5.70 stable Ubuntu 18.04.1 LTS 4.19.13-sunxi64
System load:  1.61 0.42 0.14   Up time:       0 min
Memory usage:  5 % of 2001MB   IP:           192.168.1.101
CPU temp:     28°C
Usage of /:    8% of 29G

[ General system configuration (beta): armbian-config ]

Last login: Thu Jan 17 15:09:39 2019 from 192.168.1.81

dmw@node01:~$
```

Εικόνα 41 - Εκκίνηση του πρώτου κόμβου (node01)

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας ακολουθεί, σε κάθε κόμβο, η εγκατάσταση της Διεπαφής Διελεύσεως Μηνυμάτων (MPI). Στην συνέχεια η εγκατάσταση των αντίστοιχων μεταγλωττιστών C, C++, και Fortran. Τέλος πραγματοποιείται επανεκκίνηση των κόμβων και δοκιμή της λειτουργίας κάθε κόμβου με την εντολή «mpirun -n 1 hostname». Το αποτέλεσμα της εντολής αυτής είναι να τρέξει μία διεργασία στον συγκεκριμένο κόμβο με την γνωστή εντολή «hostname» (www.linfo.org/hostname_command.html) και να εμφανιστεί το όνομα του κόμβου στην οθόνη. Εφόσον η δοκιμή είναι επιτυχής το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία του αρχείου των κόμβων (hostfile) το οποίο περιέχει τα ονόματα των κόμβων καθώς και τον μέγιστο αριθμό διεργασιών που μπορεί να επεξεργαστεί ο καθένας. Για την βέλτιστη απόδοση ο αριθμός αυτός ισούται με τον αριθμό των πυρήνων, εν προκειμένω τέσσερα (4).

```
dmw@node01:~$ mpirun -n 20 -hostfile ~/hostfile ./helloworld.mpi
Hello world from processor node01, rank 1 out of 20 processors
Hello world from processor node01, rank 3 out of 20 processors
Hello world from processor node01, rank 0 out of 20 processors
Hello world from processor node01, rank 2 out of 20 processors
Hello world from processor node04, rank 12 out of 20 processors
Hello world from processor node04, rank 14 out of 20 processors
Hello world from processor node04, rank 15 out of 20 processors
Hello world from processor node04, rank 13 out of 20 processors
Hello world from processor node03, rank 8 out of 20 processors
Hello world from processor node03, rank 9 out of 20 processors
Hello world from processor node03, rank 11 out of 20 processors
Hello world from processor node03, rank 10 out of 20 processors
Hello world from processor node02, rank 4 out of 20 processors
Hello world from processor node02, rank 5 out of 20 processors
Hello world from processor node02, rank 7 out of 20 processors
Hello world from processor node02, rank 6 out of 20 processors
Hello world from processor node05, rank 16 out of 20 processors
Hello world from processor node05, rank 17 out of 20 processors
Hello world from processor node05, rank 19 out of 20 processors
Hello world from processor node05, rank 18 out of 20 processors
dmw@node01:~$
```

Εικόνα 42 - mpirun -n 20 -hostfile ~/hostfile -npnode 4 ./helloworld.mpi

Η δοκιμή λειτουργίας ολόκληρης της Συστάδας μπορεί να πραγματοποιηθεί με την βοήθεια του προγράμματος «helloworld.c» (Παράρτημα «Γ») το οποίο μετά την δημιουργία του πρέπει να μεταγλωττιστεί κατάλληλα με την εντολή «mpicc helloworld.c -o helloworld.mpi» ώστε να δώσει το εκτελέσιμο αρχείο «helloworld.mpi». Για την

δοκιμή λειτουργίας της συστάδας η εντολή είναι «mpirerun -n 20 -hostfile ~/hostfile -./helloworld.mpi» (όπου hostfile το αρχείο των κόμβων που αναφέρθηκε προηγουμένως). Η εντολή αυτή θα έχει ως συνέπεια την εκτέλεση της εντολής «./helloworld.mpi» παράλληλα 20 φορές και επειδή οι κόμβοι είναι 5 και ο κάθε κόμβος έχει 4 πυρήνες (όπως έχει αποτυπωθεί και στο αρχείο «hostfile») το αποτέλεσμα της είναι η εμφάνιση στην οθόνη μίας απάντησης από κάθε πυρήνα της Συστάδας. Με τον τρόπο αυτό εξακριβώνεται η σωστή λειτουργία ολόκληρης της Συστάδας και είναι εύκολο να βρεθεί το οποιοδήποτε προβληματικό σημείο στις έως τώρα ρυθμίσεις.

5. Συμβατικές Υπολογιστικές Μονάδες Σύγκρισης

Όπως και στη Συστάδα έτσι και στις Συμβατικές Υπολογιστικές Μονάδες όπου θα πραγματοποιηθούν μετρήσεις πρέπει να εγκατασταθεί το «Ubuntu 18.04 LTS (Bionic Beaver)» σαν λειτουργικό σύστημα. Όπως επίσης και όλες οι απαραίτητες βιβλιοθήκες και εφαρμογές, όπως ακριβώς και στους κόμβους της Συστάδας. Η διαδικασία εγκατάστασης είναι πολύ απλή και πραγματοποιείται εύκολα από ένα «Live USB» εγκατάστασης (www.ubuntu.com).



Εικόνα 43 - Ubuntu Logo (Πηγή: www.ubuntu.com)

Από το σημείο αυτό και έπειτα η προεργασία των εφαρμογών για την λήψη των μετρήσεων είναι πανομοιότυπη με αυτή των κόμβων της συστάδας. Ακολουθεί πίνακας με τα χαρακτηριστικά των Υπολογιστικών Μονάδων που θα λάβουν μέρος στην σύγκριση των μετρήσεων.

| Πίνακας Υπολογιστικών Μονάδων | | | |
|--------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| A/A | Αναγνωριστικό | Επεξεργαστής | Μνήμη |
| 1 | Cluster | (5 Nodes x) ARM A64 / Cortex-A53 1.5 GHz (5 x 4 =) 20 Cores / 20 Threads 20x64bit | (5 Nodes x) 2 GB Total 10 GB DDR3 |
| 2 | T9300 | Intel Core 2 Duo T9300 / 2,5 GHz 2 Cores / 2 Threads 2x64bit | 4 GB DDR2 |
| 3 | i5 | Intel Core i5 7400 / 3 GHz 4 Cores / 4 Threads 4x64bit | 4 GB DDR4 |
| 4 | i7 | Intel Core i7 2600K / 3,4 GHz 4 Cores / 8 Threads 8x64bit | 12 GB DDR3 |
| 5 | Ryzen5 | AMD Ryzen 5 1600X / 4 GHz 6 Cores / 12 Threads 12x64bit | 8 GB DDR 4 |
| 6 | ThreadRipper | AMD ThreadRipper 1900X / 4 GHz 8 Cores/ 16 Threads 16x64bit | 32 GB DDR 4 |

6. Μέτρηση Κατανάλωσης σε Κατάσταση Αναμονής

Η πρώτη μέτρηση που λαμβάνει χώρα στις παραπάνω υπολογιστικές μονάδες είναι αυτή της κατανάλωσης σε κατάσταση αναμονής. Συγκεκριμένα έπειτα από την εκκίνηση της κάθε μονάδας και μετά την πάροδο επαρκούς χρονικού διαστήματος, λαμβάνεται

μέτρηση της σταθερής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, όταν το λειτουργικό σύστημα φτάσει σε κατάσταση αναμονής. Η μέτρηση αυτή είναι σημαντική διότι αποτελεί την βάση της κατανάλωσης της κάθε μονάδας.

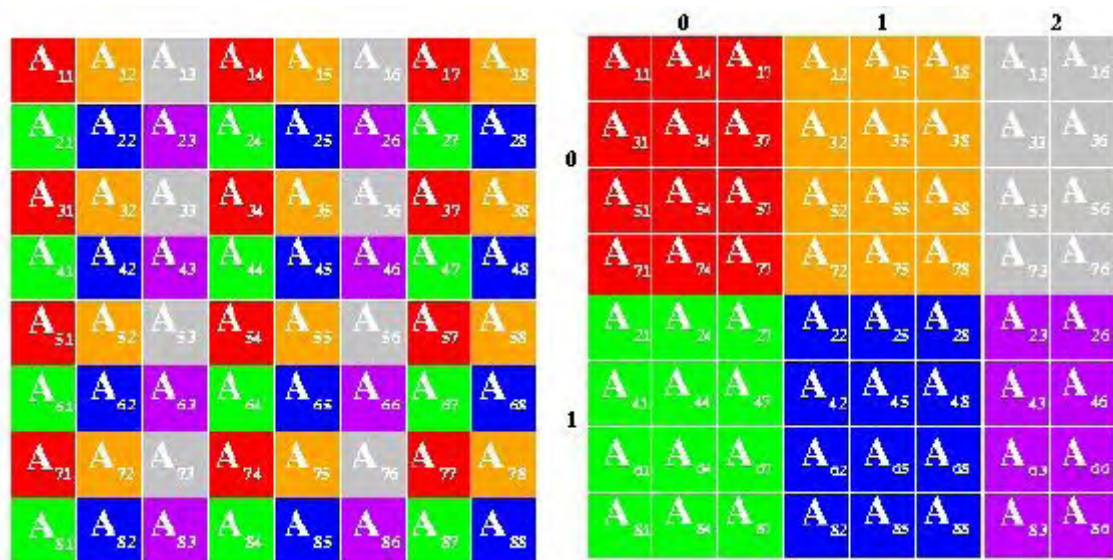
| Πίνακας Σύγκρισης Αποτελεσμάτων Κατανάλωσης σε Κατάσταση Αναμονής | |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Αναγνωριστικό | Κατανάλωση (Watt) |
| Cluster | 7,8 |
| T9300 | 44,8 |
| i5 | 48,3 |
| i7 | 64,1 |
| Ryzen5 | 57 |
| ThreadRipper | 73,9 |

7. Εφαρμογή Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος (Benchmark)

15.1 Προεργασία

Το πρώτο βήμα είναι η λήψη και η μεταγλώττιση του «Linpack Benchmark» (www.netlib.org/benchmark/hpl) με τις αντίστοιχες βιβλιοθήκες. Από την μεταγλώττιση παράγεται το εκτελέσιμο αρχείο «xhpl» το οποίο χρειάζεται ένα αρχείο εισόδου για την εκτέλεσή του. Το αρχείο εισόδου που περιέχει τα δεδομένα σχετικά με τις επιλογές και τα προβλήματα που θα επιλυθούν είναι το «HPL.dat». Η αρχική μορφή του αρχείου και μία μικρή ανάλυση των παραμέτρων αποτυπώνεται στο Παράρτημα «Δ» του παρόντος.

Για την καλύτερη απόδοση του «Linpack Benchmark» και την βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων είναι απαραίτητη η κατανόηση ορισμένων παραμέτρων. Καταρχάς οι παράμετροι «P» και «Q» όπου στην πραγματικότητα είναι το μέγεθος του πλέγματος και το γινόμενο τους πρέπει να ισούται με τον ακριβή αριθμό του συνόλου των πυρήνων. Επομένως στην συγκεκριμένη περίπτωση το σύνολο των πυρήνων της συστάδας είναι 20 (5 κόμβοι επί 4 πυρήνες ανά κόμβο).



Εικόνα 44 - Linpack Benchmark main algorithm (Πηγή: www.netlib.org)

Στην ιστοσελίδα του «Linpack Benchmark» (www.netlib.org/benchmark/hpl) αναφέρεται από τους δημιουργούς του (A. Petitet, R. C. Whaley, J. Dongarra, A. Cleary) ότι η βέλτιστη πρακτική είναι το πλέγμα να βρίσκεται κοντά στο τετράγωνο (square) συνήθως με το «P» να είναι λίγο μικρότερο από το «Q».

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι επιλογές για την συγκεκριμένη Συστάδα οι οποίες είναι οι εξής πέντε (6) με τις δύο (2) τελευταίες να αποκλείονται.

Για την πληρότητα και την πειραματική απόδειξη των παραπάνω είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν δοκιμές σε όλες τις επιλογές των ζευγών.

| Πίνακας Επιλογών Ζευγών Παραμέτρων «P» και «Q» | | | | | | |
|------------------------------------------------|----|----|---|---|----|----|
| Επιλογή | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| P | 1 | 2 | 4 | 5 | 10 | 20 |
| Q | 20 | 10 | 5 | 4 | 2 | 1 |

Μια άλλη σημαντική παράμετρος είναι η «N» η οποία εκφράζει το μέγεθος του προβλήματος και συνήθως ο στόχος είναι να βρεθεί το μεγαλύτερο μέγεθος προβλήματος που θα ταιριάζει στη μνήμη του συστήματος. Η παράμετρος «N» πρέπει να είναι κοντά στο συνολικό μέγεθος μνήμης (διπλή ακρίβεια 8 bytes), αλλά μην φτάνει ποτέ το 100% του μεγέθους της μνήμης, δεδομένου ότι κάποια ποσότητα μνήμης καταναλώνεται από το σύστημα.

Η επιλογή μίας μικρής τιμής για την παράμετρο «N» έχει ως αποτέλεσμα να μην εκτελείται αρκετή εργασία σε κάθε επεξεργαστή και δίνει μικρά αποτελέσματα και χαμηλή απόδοση. Η επιλογή μίας τιμής «N» που υπερβαίνει το μέγεθος της μνήμης ενεργοποιεί την εικονική μνήμη του συστήματος και μειώνει την απόδοση.

Μια άλλη παράμετρος είναι η «NB» η οποία αναφέρεται στο μέγεθος του μπλοκ στο πλέγμα. Τα μεγέθη των μπλοκ που δίνουν καλά αποτελέσματα είναι εντός των ορίων 96 και 256 με βήμα τον αριθμό ακριβείας της μνήμης (διπλή ακρίβεια 8 bytes).

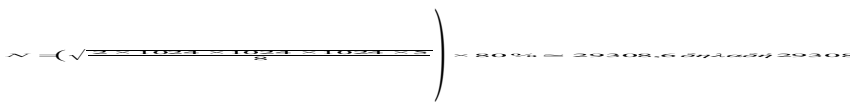
Ο υπολογισμός της τιμής N μπορεί να γίνει κάλλιστα με την εφαρμογή του εξής τύπου:

$$N = \left(\sqrt{\frac{\text{Μνήμη κ άθε κ ό μβου} \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times \text{πλήθος κ ό μβων}}{8}} \right) \times \text{Ποσοστ ό μνήμης} * \dot{\iota}$$

* Ποσοστό μνήμης είναι αυτό που θα χρησιμοποιηθεί.

Για καλύτερα αποτελέσματα καλό είναι στον παραπάνω υπολογισμό να ληφθεί υπόψη και η παράμετρος «NS». Έτσι το αποτέλεσμα του παραπάνω τύπου πρέπει να διαιρεθεί με τον αριθμό της «NS» και το αποτέλεσμα να στρογγυλοποιηθεί προς τα κάτω σε ακέραιο αριθμό. Τέλος το αποτέλεσμα να πολλαπλασιαστεί ξανά με τον αριθμό της «NS» και έτσι θα προκύψει η βέλτιστη τιμή της παραμέτρου «N».

Συγκεκριμένα για την συστάδα των 5 κόμβων με χρήση μνήμης 80% και μέγεθος μπλοκ 128 η τιμή της «N» είναι:



Λαμβάνοντας υπόψη την τιμή της παραμέτρου «NS» η βελτιστοποιημένη τιμή της παραμέτρου «N» διαμορφώνεται ως εξής:

$$N = \text{round down} \left(\frac{29308}{128} \right) \times 128 = 29184$$

19.1 Αποτελέσματα

Με το πέρας της προεργασίας σειρά έχει η πειραματική διαδικασία και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων του «Linpack Benchmark» παρατίθενται στο Παράρτημα «Ε». Η συστάδα είχε τα καλύτερα αποτελέσματα (13,83 Gflops) με το ζεύγος «PχQ» στις τιμές «5» και «4» αντίστοιχα, ενώ η τιμή της παράμετρου «NS» ήταν «256».

Ακολουθεί πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων ενεργειακής απόδοσης βασιζόμενος στον εξής τύπο υπολογισμού.

$$\text{Ενεργειακή Απόδοση} = \frac{\text{Υπολογιστική Ισχύς}}{\text{Κατανάλωση}} = \frac{\text{Gigaflops}}{\text{Watt}}$$

| Πίνακας Σύγκρισης Αποτελεσμάτων Ενεργειακής Απόδοσης «Linpack Benchmark» | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|
| Αναγνωριστικό | Μέγιστη επεξεργαστική ισχύς (Gigaflops) | Κατανάλωση (Watt) | Ενεργειακή απόδοση (Gigaflops / Watt) |
| Cluster | 13,83 | 24,2 | 0,571488 |
| T9300 | 8,115 | 71,1 | 0,114135 |
| i5 | 45,25 | 84,5 | 0,535503 |
| i7 | 42,07 | 161,8 | 0,260012 |
| Ryzen5 | 120,4 | 159,7 | 0,753914 |
| ThreadRipper | 119,6 | 248,6 | 0,481094 |

Αναλυτικά τα αποτελέσματα του «Linpack Benchmark» στο Παράρτημα «Ε».

8. Εφαρμογή Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος σε Κρυπτονομίσματα (Cryptocurrency).

15.2 Προεργασία

Καταρχάς πρέπει να ετοιμαστεί κατάλληλα η ανεξάρτητη υπολογιστική μονάδα που θα αναλάβει τις μετρήσεις. Απαραίτητη είναι η μεταφόρτωση και η μεταγλώττιση ενός κόμβου «ΑΕΟΝ». Για την μεταγλώττιση του κόμβου χρειάζεται να εγκατασταθούν πρώτα οι εξαρτήσεις και στην συνέχεια να γίνει η μεταγλώττιση με κοινόχρηστες βιβλιοθήκες, έτσι ούτως ώστε να μπορεί να τις χρησιμοποιήσει η εφαρμογή «Monero-Stratum», που θα έχει τον ρόλο της συλλογής των πραγματικών μετρήσεων. Στη συνέχεια ακολουθεί η μεταφόρτωση και η μεταγλώττιση της εφαρμογής «Monero-Stratum» στην ίδια μονάδα.

Για τις συμβατικές υπολογιστικές μονάδες και τους κόμβους της συστάδας χρειάζεται η μεταφόρτωση και η μεταγλώττιση της εφαρμογής «XMRig». Για την λήψη ασφαλών αποτελεσμάτων τροποποιείται ελαφρώς ο κώδικας ώστε να μην λειτουργεί το τμήμα της δωρεάς προς τον δημιουργό του προγράμματος (ποσοστό επί του χρόνου λειτουργίας).

Οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για την μέτρηση στο αρχείο ρυθμίσεων είναι οι εξής:

- "algo": "cryptonight-lite", για τον αλγόριθμο.
- "asm": auto, για την ενεργοποίηση assembly microcode.
- "av": 0, για τον αυτόματο καθορισμό των νημάτων.
- "huge-pages": true, για την χρήση μεγάλων σελίδων μνήμης.
- "hw-aes": true, για την χρήση σετ εντολών AES από τον επεξεργαστή.
- "max-cpu-usage": 100, για την χρήση του συνόλου του επεξεργαστή.
- "safe": true, για την χρήση «ασφαλών» ρυθμίσεων.

19.2 Αποτελέσματα

Με την ολοκλήρωση της προεργασίας το επόμενο βήμα είναι η πειραματική διαδικασία και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων της εξόρυξης «AEON» (AEON mining) βρίσκονται στο Παράρτημα «ΣΤ». Ακολουθεί πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων ενεργειακής απόδοσης στην εξόρυξη «AEON».

Ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης είναι ο εξής:

$$\text{Ενεργειακή Απόδοση} = \frac{\text{Υπολογιστική Ισχύς}}{\text{Κατανάλωση}} = \frac{\text{Hash}}{\text{Watt}}$$

| Πίνακας Σύγκρισης Αποτελεσμάτων Ενεργειακής Απόδοσης | | | |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------------------------|
| Εξόρυξη «AEON» (AEON mining) | | | |
| Αναγνωριστικό | Επεξεργαστική ισχύς (Hash Rate) | Κατανάλωση (Watt) | Ενεργειακή απόδοση (Hash / Watt) |
| Cluster | 146,25 | 19,9 | 7,349246 |
| T9300 | 56,08 | 67,9 | 0,825920 |
| i5 | 445,67 | 71,3 | 6,250631 |
| i7 | 886,58 | 131,4 | 6,747184 |
| Ryzen5 | 1603,75 | 118,1 | 13,579594 |
| ThreadRipper | 2206,33 | 162,4 | 13,585776 |
| Cluster | 146,25 | 19,9 | 7,349246 |

Αναλυτικά τα αποτελέσματα της εξόρυξης «AEON» στο Παράρτημα «ΣΤ».

9. Εφαρμογή Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος στην Βιοπληροφορική (Bioinformatics).

15.3 Προεργασία

Η πρώτη ενέργεια της προεργασίας είναι η λήψη και μεταγλώττιση της εφαρμογής «MSAProbs» μαζί με τις απαραίτητες εξαρτήσεις και βιβλιοθήκες. Στην συνέχεια ακολουθεί, από τον οργανισμό «UniProt», η λήψη πραγματικών πρωτεϊνικών αλληλουχιών.

19.3 Αποτελέσματα

Μετά το τέλος της προεργασίας ακολουθεί η πειραματική διαδικασία για τη λήψη των αποτελεσμάτων. Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ευθυγράμμισης αλληλουχιών από το «MSAProbs» φαίνονται στο Παράρτημα «Z».

Τα αποτελέσματα της ενεργειακής απόδοσης υπολογίζονται με τον εξής τύπο:

$$\text{Ενεργειακή Απόδοση} = \frac{\text{Έργο}}{\text{Ενέργεια}} = \frac{\text{Έργο}}{\text{Κατανάλωση} \times \text{Χρόνος}}$$

$$\hat{=} \frac{\text{Σύνολο Πρωτεϊνών}}{\text{Συνολική Κατανάλωση}} = \frac{\text{Proteins}}{\text{Joule}}$$



Εικόνα 45 - DNA (Πηγή: www.sciencemag.org)

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της ενεργειακής απόδοσης στην ευθυγράμμιση αλληλουχιών βρίσκεται στον ακόλουθο πίνακα.

| Πίνακας Σύγκρισης Αποτελεσμάτων Ενεργειακής Απόδοσης «MSAProbs» | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Αναγνωριστικό | Χρόνος (Sec) | Κατανάλωση (Watt) | Συνολική Κατανάλωση (Joule) | Ενεργειακή απόδοση (Proteins / Joule) |
| Orange Pi Cluster | 994,88 | 23,1 | 22.981,73 | 0,0383348023 3 |
| T9300 | 643,48 | 68,7 | 44.207,08 | 0,0199289362 6 |
| i5 | 269,31 | 80,2 | 21.598,28 | 0,0407902883 4 |
| i7 | 254,71 | 153,7 | 39.148,51 | 0,0225040487 2 |
| Ryzen5 | 90,34 | 144,1 | 13.017,99 | 0,0676755573 9 |
| ThreadRipper | 75,42 | 219 | 16.516,98 | 0,0533390486 6 |

Αναλυτικά τα αποτελέσματα του «MSAProbs» στο Παράρτημα «Z».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Εισαγωγή

Με το τέλος των μετρήσεων και λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, μπορούν να γίνουν κατανοητά εύκολα τα παρακάτω συμπεράσματα που αφορούν τους βασικούς στόχους της εργασίας.

Για τον πρώτο στόχο που αφορούσε την σύγκριση της συστάδας με κλασικούς επιτραπέζιους υπολογιστές όπως θα αναλυθεί και παρακάτω μπορεί να θεωρηθεί απόλυτα επιτυχής.

Σχετικά με τον δεύτερο στόχο την εξέταση του εάν και κατά πόσο είναι εφικτή η δημιουργία ενός Υπερυπολογιστή (Supercomputer) από μία συστάδα υπολογιστικών μονάδων χαμηλού όγκου / κατανάλωσης θα ακολουθήσει εκτεταμένη ανάλυση.

Στους επιμέρους στόχους για τη μεν υπολογιστική ισχύ και κατανάλωση στο «Linpack Benchmark» τα αποτελέσματα ήταν καλύτερα από τα αναμενόμενα, για τις δε εφαρμογές κρυπτονομισμάτων (Cryptocurrency) και Βιοπληροφορικής (Bioinformatics) τουλάχιστον ενθαρρυντικά.

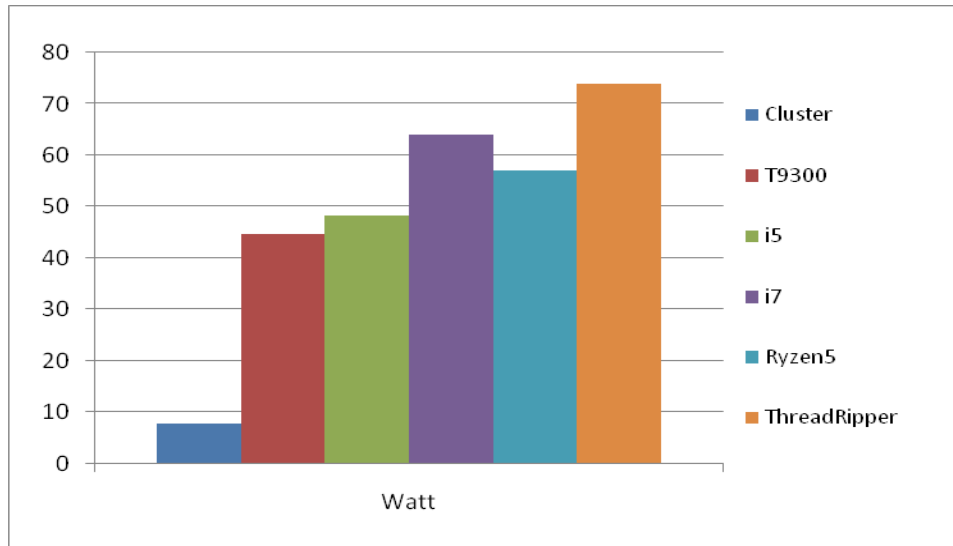
2. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Από τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρείται ότι η εν λόγω συστάδα, σε σχέση πάντα με τις συμβατικές υπολογιστικές μονάδες που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, ικανοποίησε σχεδόν όλους τους στόχους που είχαν τεθεί εξ' αρχής. Αυτό μπορεί να γίνει πιο κατανοητό με την ανάλυση και τα γραφήματα που ακολουθούν.

2.1 Αξιολόγηση Μέτρησης Κατανάλωσης σε Κατάσταση Αναμονής

Ήταν αναμενόμενο, αλλά και πάλι δεν σταματά να εκπλήσσει η διαφορά της καταναλώσεως ηλεκτρικής ενέργειας, των υπολογιστικών μονάδων, σε κατάσταση αναμονής. Όσο και αν φαίνεται ασήμαντο εκ πρώτης όψεως είναι πολύ σημαντικό για έναν μεγάλο υπερυπολογιστή και αυτό διότι στην πλειονότητά τους οι υπερυπολογιστές δεν χρησιμοποιούνται στο 100% των δυνατοτήτων τους.

Η διαφορά αυτή σε ένα μεγάλο Κέντρο Δεδομένων (Data Center) που κατά μέσο όρο χρησιμοποιεί το 75% της επεξεργαστικής του ισχύος μεταφράζεται σε ένα υπέρογκο ποσό και τεράστια σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας με ό,τι συνεπάγεται αυτό.

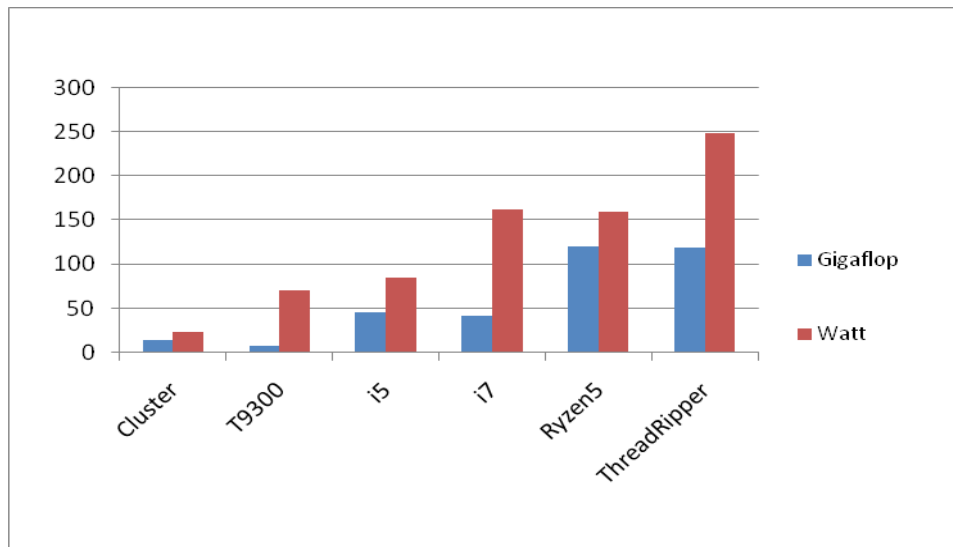


Εικόνα 46 - Γράφημα Κατανάλωσης σε Κατάσταση Αναμονής

Στο παραπάνω γράφημα παρουσιάζονται οι καταναλώσεις των υπολογιστικών μονάδων σε κατάσταση αναμονής με απόλυτους αριθμούς σε «Watt».

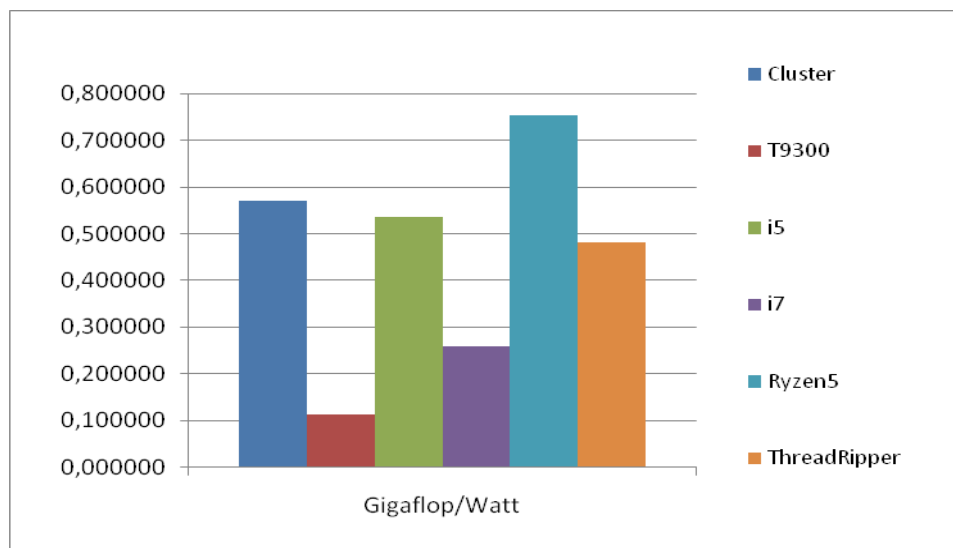
2.2 Αξιολόγηση Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος (Benchmark)

Με μία πρώτη ματιά τα αποτελέσματα του «Linpack Benchmark» για τη συστάδα είναι τουλάχιστον αποθαρρυντικά. Η πραγματικότητα όμως απέχει πολύ από αυτή την εικόνα.



Εικόνα 47 - Γράφημα Υπολογιστικής Ισχύος και Κατανάλωσης «Linpack Benchmark»

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται σε γράφημα η υπολογιστική ισχύς (σε Gigaflops) και η κατανάλωση (σε Watt) όλων των υπολογιστικών μονάδων στο «Linpack Benchmark» με απόλυτες τιμές. Το πραγματικό ζητούμενο όμως δεν είναι αυτή καθαυτή η υπολογιστική ισχύς, αλλά η υπολογιστική ισχύς σε σχέση με την κατανάλωση. Η ενεργειακή απόδοση λοιπόν (σε Gigaflops ανά Watt) ακολουθεί στο επόμενο γράφημα.



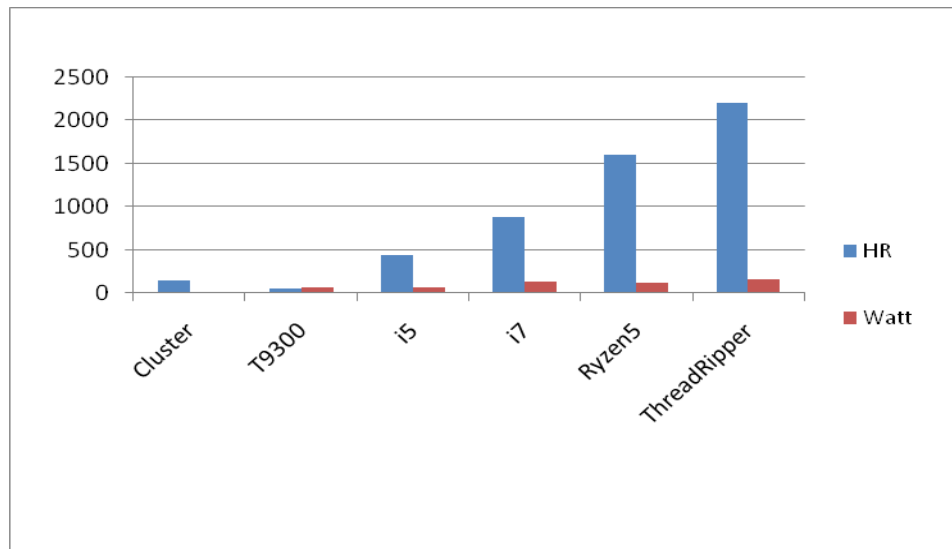
Εικόνα 48 - Γράφημα Ενεργειακής Απόδοσης «Linpack Benchmark»

Το παραπάνω γράφημα με την απεικόνιση ενεργειακής απόδοσης δείχνει ξεκάθαρα ότι η συστάδα ή καλύτερα τα στοιχεία που αποτελούν την συστάδα έχουν σαν αποστολή τους την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

Να σημειωθεί ότι, όπως φαίνεται στο Παράρτημα «Ε», με προηγούμενη έκδοση του πυρήνα του λειτουργικού συστήματος η επίδοση της συστάδας στο «Linpack Benchmark» ήταν 7,105 Gigaflops έναντι των 13,83 Gigaflops που είναι τώρα με τον νέο πυρήνα. Συνεπώς με μελλοντικές αναβαθμίσεις και την καλύτερη υποστήριξη του λογισμικού τα αποτελέσματα μπορούν να βελτιωθούν περισσότερο για την συστάδα.

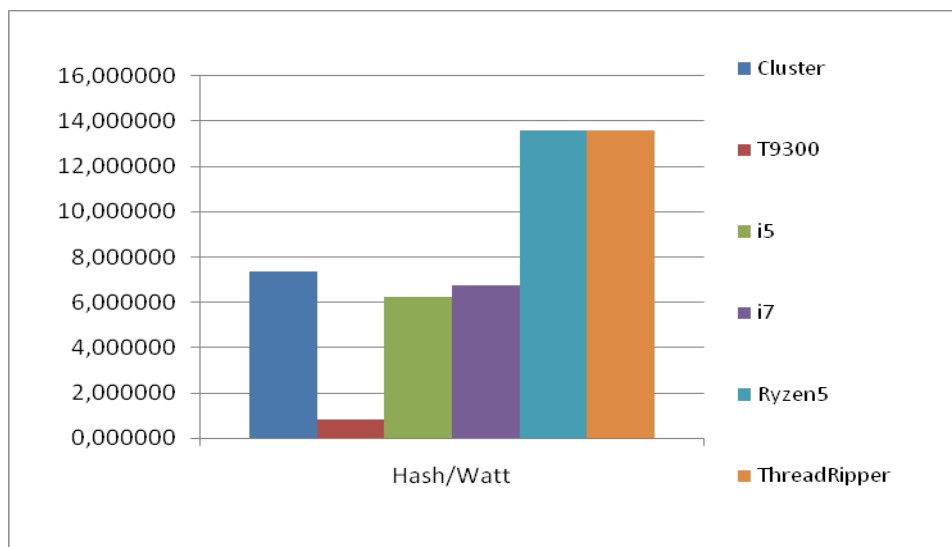
2.3 Αξιολόγηση Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος σε Κρυπτονομίσματα (Cryptocurrency)

Όσον αφορά την εξόρυξη του κρυπτονομίσματος «AEON» η συστάδα βρίσκεται σε πολύ καλό επίπεδο. Επί των αποτελεσμάτων όμως πρέπει να γίνουν ορισμένες επισημάνσεις. Καταρχήν ο «T9300» δεν διαθέτει το σετ εντολών «AES-NI» με αποτέλεσμα την χειρόστη επίδοσή του στο «AEON mining». Επίσης ο «T9300» όπως και οι κόμβοι της συστάδας δεν κάνουν χρήση του μικροκώδικα (microcode) που διαθέτει η εφαρμογή «XMRig». Η χρήση του μικροκώδικα από τον «T9300» είναι αδύνατη ενώ για τους «ARM» επεξεργαστές της συστάδας δεν έχει γραφεί ακόμα. Η χρήση του αποφέρει μία αύξηση της τάξεως του 15% περίπου. Επίσης οι ακριβοί επεξεργαστές που διαθέτουν αξιόλογη μνήμη «Case» παρουσιάζουν δυσανάλογη αύξηση της επεξεργαστικής ισχύος στο κρυπτονομίσμα. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται σε γράφημα η απόδοση (σε HashRate) και η κατανάλωση (σε Watt) όλων των υπολογιστικών μονάδων στο «AEON mining».



Εικόνα 49 - Γράφημα Υπολογιστικής Ισχύος και Κατανάλωσης «ΑΕON mining»

Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζεται σε γράφημα η ενεργειακή απόδοση (σε Hash ανά Watt) όλων των υπολογιστικών μονάδων στο «ΑΕON mining».



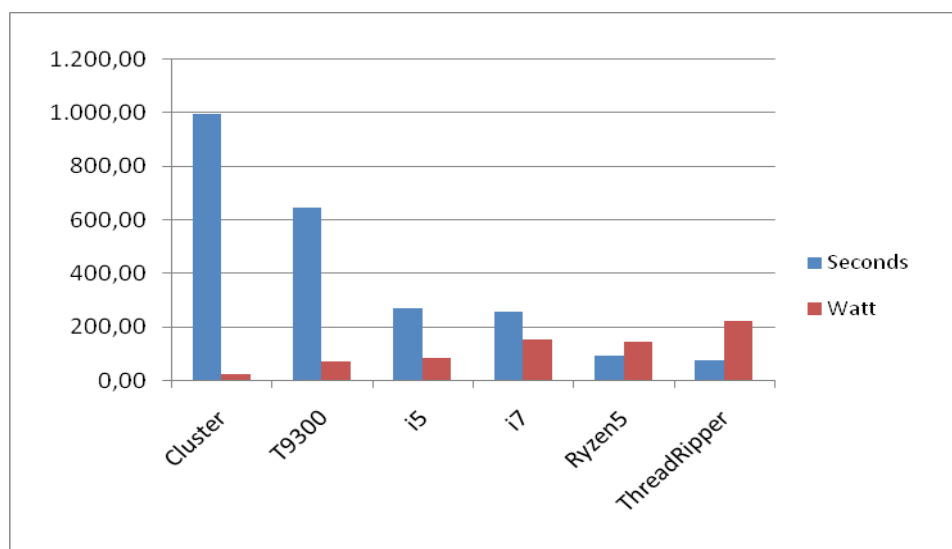
Εικόνα 50 - Γράφημα Ενεργειακής Απόδοσης «ΑΕON mining»

Αξιολογώντας τα παραπάνω αποτελέσματα διακρίνεται ότι η συστάδα είναι μεν καλύτερη από παλαιές ή / και κοινές μονάδες επεξεργασίας, αλλά δυστυχώς δε, στερείται των μεγάλων επιδόσεων που προσφέρει η μνήμη «Cache» στους σύγχρονους (και ακριβούς) επεξεργαστές επιδόσεων. Παρόλα ταύτα με μία καλύτερη υποστήριξη από το λογισμικό η κατάσταση αυτή μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά.

2.4 Αξιολόγηση Μέτρησης Υπολογιστικής Ισχύος στην Βιοπληροφορική (Bioinformatics)

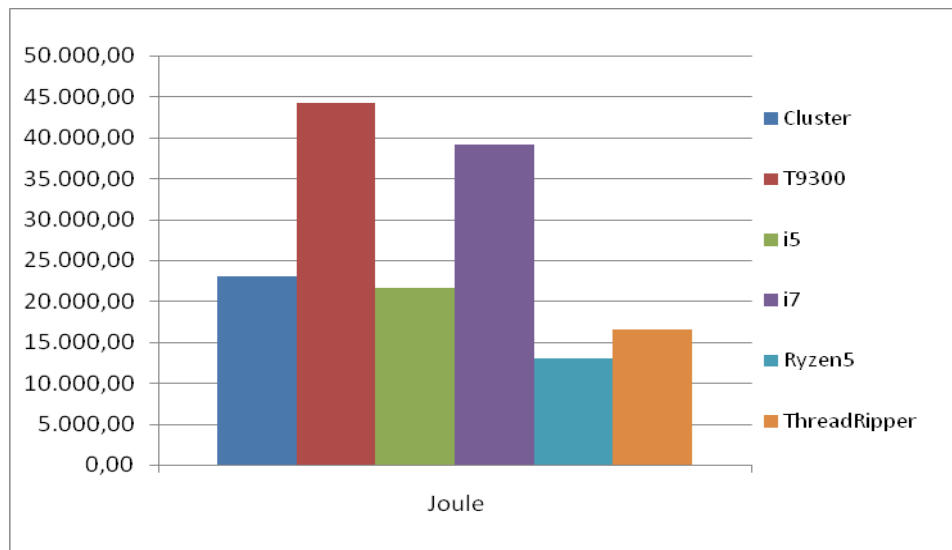
Στον τομέα της Βιοπληροφορικής η συστάδα έχει ενθαρρυντικά αποτελέσματα, αν και είναι αρκετά περιορισμένη σε πλήθος κόμβων. Για τους υπολογισμούς αυτού του είδους μία συστάδα με 128 και πλέον κόμβους βρίσκεται πραγματικά στο στοιχείο της, παρέχοντας (2x128) 256 Megabytes μνήμης RAM για την εκτέλεση των υπολογισμών.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται σε γράφημα ο χρόνος (σε Seconds) και η κατανάλωση (σε Watt) όλων των υπολογιστικών μονάδων στο σύνολο των εργασιών του «MSAProbs». Να σημειωθεί ότι για κάθε κόμβο που προστίθεται στη συστάδα η υπολογιστική της ισχύς πολλαπλασιάζεται κυρίως λόγω της συνεπαγόμενης αύξησης της συνολικής μνήμης. Σημαντικός παράγοντας είναι η μη χρήση της εικονικής μνήμης του συστήματος. Σαν αποτέλεσμα η συστάδα μπορεί να αναλάβει ακόμα πιο μεγάλες εργασίες μειώνοντας δραστικά το χρόνο εκτέλεσης και αυξάνοντας ελαφρώς την κατανάλωση.



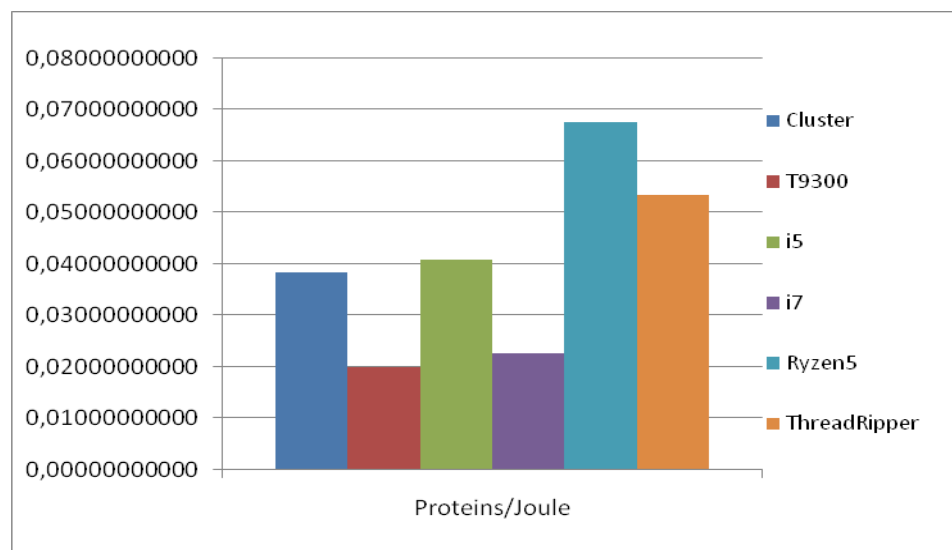
Εικόνα 51 - Γράφημα Χρόνου και Κατανάλωσης «MSAProbs»

Η αμέσως επόμενη εικόνα παρουσιάζει σε γράφημα την συνολική κατανάλωση των εργασιών σε «Joule». Σημαντικός παράγοντας είναι ο χρόνος εκτέλεσης. Βεβαίως εκ του αποτελέσματος φαίνεται ότι ακόμα και μία τόσο μικρή συστάδα στον τομέα της Βιοπληροφορικής μπορεί να έχει αξιοσημείωτα αποτελέσματα.



Εικόνα 52 - Γράφημα Συνολικής Κατανάλωσης «MSAProbs»

Το τελευταίο γράφημα αναπαριστά την συνολική κατανάλωση (σε Joule) των υπολογιστικών μονάδων στο σύνολο των εργασιών του «MSAProbs».



Εικόνα 53 - Γράφημα Ενεργειακής Απόδοσης «MSAProbs»

Στο σημείο αυτό με βεβαιότητα μπορεί να αποδοθεί η όποια διαφορά στο μέγεθος της συστάδας και αν ληφθεί υπόψη και ο οικονομικός παράγοντας τότε δεν χωράει αμφιβολία για τον νικητή της αναμέτρησης.

3. Δημιουργία Υπερυπολογιστή από υπολογιστικές μονάδες χαμηλού όγκου / κατανάλωσης.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η δημιουργία ενός Υπερυπολογιστή (Supercomputer) από μία συστάδα υπολογιστικών μονάδων χαμηλού όγκου / κατανάλωσης είναι εφικτή. Ο καλύτερος τρόπος να διαπιστωθεί το κατά πόσο είναι εφικτό αυτό είναι το Top500 (www.top500.org) στο οποίο αναρτάται ανά εξάμηνο ο κατάλογος με τους καλύτερους υπερυπολογιστές του κόσμου (Παράρτημα «Η»).

Για το Top500.org σημαντικό ρόλο παίζουν τρεις παράμετροι το «Rmax», το «Rpeak» και το «Efficiency». Τι είναι όμως το καθένα από αυτά. Το «Rmax» είναι η πραγματική υπολογιστική ισχύ που μετράει το «Linpack Benchmark». Το «Rpeak» είναι η θεωρητική μέγιστη υπολογιστική ισχύς του συστήματος. Τέλος το «Efficiency» είναι ο λόγος του «Rmax» προς το «Rpeak».

Ο υπολογισμός του «Rpeak» γίνεται με τον εξής απλό τύπο:

$$R_{peak} = \text{Ταχύτητα επεξεργαστή (GHz)} \times \text{Συνολικός αριθμός πυρήνων} \\ \times (\text{Λειτουργίες ανά κύκλο})$$

Για την συγκεκριμένη συστάδα το «Rpeak» υπολογίζεται:

- Ταχύτητα επεξεργαστή = 1,5 GHz.
- Συνολικός αριθμός πυρήνων = 20.
- Λειτουργίες ανά κύκλο (Operations/Cycle) = 1.
- Αντικαθιστώντας στον τύπο για την εύρεση του «Rpeak»:
- $R_{peak} = 1,5 \times 20 \times 1 = 30$

Το «Efficiency» υπολογίζεται ως εξής:

- $\text{Efficiency} = R_{max} / R_{peak} = 13,83 / 30 = 0,461$ περίπου δηλαδή στο 46,1%.

Το μικρό «Efficiency» δείχνει ότι αν και η συστάδα έχει επιπλέον δυνατότητες επεξεργαστικής ισχύος, δεν μπορεί να τις αξιοποιήσει πλήρως. Στην περίπτωση της συγκεκριμένης συστάδας αυτό είναι αναμενόμενο λόγω του σχεδιασμού, της αρχιτεκτονικής και ιδιαίτερα λόγω της περιορισμένης ποσότητας μνήμης που διαθέτουν οι κόμβοι.

Για την είσοδο στην λίστα του Top500 πρέπει να ξεπεραστεί τουλάχιστον ο τελευταίος στην κατάταξη υπερυπολογιστής τα στοιχεία του οποίου είναι:

- Rank: 500
- Segment: Industry
- Country: China
- System: Inspur TS10000, Xeon E5-2682v4 16C 2.5GHz, 10G Ethernet
- Cores: 44.800
- Rmax (TFlop/s): 874.1
- Rpeak (TFlop/s): 1,792
- Power (kW): Δ/Υ

Με την προϋπόθεση ότι με κάθε νέο κόμβο προστίθενται κάτι περισσότερο από δύομισι Gigaflors, οι κόμβοι που χρειάζονται για να βρεθεί μία συστάδα από «Orange Pi Win Plus» στο «Top500» είναι κατά προσέγγιση 350.000 με σύνολο πυρήνων 1.400.000. Η κατανάλωση μίας τέτοιας συστάδας όμως κατά προσέγγιση θα ήταν 1.694 kW.

Από την άλλη πλευρά όμως σε σχέση με το νούμερο «408» της κατάταξης από το «Research Institute for Information Technology, Kyushu University» της Ιαπωνίας με τα εξής χαρακτηριστικά:

- System: QUARTETTO - HA8000-tc HT210/PRIMERGY CX400 Cluster, Xeon E5-2680 8C 2.700GHz, Infiniband FDR, NVIDIA K20/K20x, Xeon Phi 5110P, Hitachi/Fujitsu
- Cores: 222.072
- Rmax (TFlop/s): 1,018.0
- Rpeak (TFlop/s): 1,502.2
- Power (kW): 19.431

με τα ίδια στοιχεία και υπολογισμούς για μία συστάδα αντίστοιχης υπολογιστικής ισχύος θα χρειαζόταν κατά προσέγγιση 400.000 κόμβους με σύνολο πυρήνων 1.600.000. Η κατανάλωση μίας τέτοιας συστάδας όμως κατά προσέγγιση θα ήταν 1.936 kW. Η διαφορά στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με τον υπολογιστή του πανεπιστημίου του «Kyushu» της Ιαπωνίας (Rank 408) βρίσκεται στην **δεκαπλάσια** τιμή.

Για τον λόγο αυτό και για την προσέγγιση των υπερυπολογιστών από την πλευρά της ενεργειακής απόδοσης υπάρχει και η κατάταξη «Green500». Ο κατάλογος «Green500» κατατάσσει τους κορυφαίους 500 υπερυπολογιστές στον κόσμο με ενεργειακή απόδοση. Το επίκεντρο των λειτουργιών ηλεκτρονικών υπολογιστών επιδόσεων έχει οδηγήσει στην εμφάνιση υπερυπολογιστών που καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας και παράγουν τόσο μεγάλη θερμότητα ώστε πρέπει να κατασκευαστούν μεγάλες εγκαταστάσεις ψύξης για να εξασφαλιστεί η σωστή απόδοση. Για να αντιμετωπιστεί αυτή η τάση, ο κατάλογος «Green500» δίνει ένα ασφάλιστρο στις ενεργειακά αποδοτικές επιδόσεις για βιώσιμο υπερυπολογισμό.

Η εναρκτήρια λίστα Green500 ανακοινώθηκε στις 15 Νοεμβρίου 2007 στο «SuperComputing Conference 07 (SC/07)» «The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis». Ως συμπλήρωμα του TOP500, η αποκάλυψη του Green500 ξεκίνησε σε μια νέα εποχή όπου οι υπερυπολογιστές μπορούν να συγκριθούν με την απόδοση ανά Watt (Παράρτημα «Η»).

Ενώ η επιλογή οποιασδήποτε μέτρησης ισχύος-απόδοσης θα είναι αμφιλεγόμενη, επιλέχτηκε αυτήν την περίοδο το «FLOPS-ανά-Watt» (δεδομένου ότι έχει ήδη γίνει ένα

ευρέως χρησιμοποιούμενο μέτρο στην κοινότητα), έτσι παρουσιάστηκε στο «2ο IEEE IPDPS Workshop on High-Performance, Power-Aware Computing» τον Απρίλιο του 2006.

Εν κατακλείδι Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα που δίνουν μία κατανάλωση λίγο καλύτερη από τα 0,57 (Gigaflor ανά Watt), στην περίπτωση που κατασκευαστεί υπερυπολογιστής από συστάδα υπολογιστικών μονάδων χαμηλού όγκου / κατανάλωσης μπορεί να διεκδικήσει μία θέση στο «Top500» και αν το καταφέρει θα έχει σίγουρα μία θέση στο «Green500» κοντά στην θέση «213».

4. Μελλοντική Έρευνα και Προτάσεις

4.1 Συνεχής Βελτίωση και Παρακολούθηση

Στο μέλλον με την προσθήκη νέων κόμβων, και κατά συνέπεια την αύξηση της επεξεργαστικής της ισχύος, η συστάδα μπορεί να αναλάβει νέες μετρήσεις και δοκιμασίες βελτιστοποιώντας και δίνοντας μεγαλύτερη ακρίβεια στα αποτελέσματα. Επίσης είναι πολύ πιθανό να βρεθεί τρόπος για την καλύτερη υποστήριξη του υλικού από τα λειτουργικά συστήματα και τις εφαρμογές, ούτως ώστε στο εγγύς μέλλον νέες εκδόσεις λογισμικού και / ή νέο λογισμικό να δώσουν καλύτερα αποτελέσματα. Να σημειωθεί ότι μέχρι στιγμής κανένα μη «προσαρμοσμένο» λειτουργικό σύστημα δεν αξιοποιεί πλήρως τις δυνατότητες των «Single Board Computers» (linux-sunxi.org/Linux_mainlining_effort#Status_Matrix).



Εικόνα 54 - Συνεχής Παρακολούθηση (Πηγή: unkt.org)

Καλό θα ήταν να διερευνούνται κατά καιρούς και άλλα είδη υπολογιστικών μονάδων, διότι λόγω της συνεχούς εξέλιξης των υπολογιστικών μονάδων χαμηλού όγκου / κατανάλωσης, η τεχνολογία τους «ωριμάζει» και έρχονται στο προσκήνιο νέες τεχνολογίες σε επεξεργαστές, μνήμες, κάρτες γραφικών κλπ. Προφανώς αρκετές από αυτές θα είναι ενεργειακά αποδοτικότερες από τις είδη υπάρχουσες.

4.2 Ενεργητική Ψύξη - Υδρόψυξη

Από τις πρώτες δοκιμές και μετρήσεις ένα χαρακτηριστικό που έλειπε ήταν η ψύξη. Οι «Single Board Computers» έχουν παθητική ψύξη και όταν η θερμοκρασία ανεβεί πάνω από το όριο που έχει θέσει ο κατασκευαστής, ο επεξεργαστής κατεβάζει την ταχύτητά του. Σε μία μεγάλη συστάδα με μεγάλο φόρτο εργασίας κάτι τέτοιο θα μπορούσε να εξαλειφτεί με την χρήση ενεργητικής ψύξης. Θα ήταν σκόπιμο να διερευνηθεί και το ενδεχόμενο της υδρόψυξης ώστε με την μικρότερη δυνατή κατανάλωση να συνοδεύει η καλύτερη δυνατή απόδοση.



Εικόνα 55 – Υδρόψυξη
(Πηγή: www.aerocooler.com)

4.3 Νέες Δυνατότητες με Χρήση «Cluster Manager»

Η έρευνα για νέες δυνατότητες της συστάδας με την χρήση «Cluster Manager» είναι σίγουρα στην λίστα των προτεραιοτήτων. Οι διαθέσιμοι «Cluster Managers» σήμερα είναι εν συντομία οι παρακάτω:

- Apache Mesos, from the Apache Software Foundation
- Kubernetes, founded by Google Inc, from the Cloud Native Computing Foundation
- Heartbeat, from Linux-HA
- oneSIS
- Rocks Cluster Distribution
- Stacki, from StackIQ

- YARN, distributed with Apache Hadoop
- xCAT
- Warewulf
- Foreman

Ο κάθε «Cluster Manager» έχει τα δικά του χαρακτηριστικά, τις δικές του δυνατότητες καθώς και μία πλειάδα από εφαρμογές. Επομένως κάθε ένας από αυτούς μπορεί να αποτελέσει ξεχωριστό αντικείμενο έρευνας.

| Cray Cluster Software Stack | | | | | | | |
|-----------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------|
| Deep Learning Environment | Bright for Deep Learning | | | | | | |
| | Frameworks | Caffe, Caffe2, Caffe-MPI, Chainer, Microsoft Cognitive Toolkit, Keras, MXNet, TensorFlow, Theano, Torch | | | | | |
| | Libraries | cuDNN, NCCL, cuBLAS | | | | | |
| | User Access | NVIDIA® DIGITS | | | | | |
| HPC Programming Tools | Development & Performance Tools | Cray Compiler Environment (CCE), CrayPAT™, Cray Apprentice2, Cray® Reveal™ | Intel® Parallel Studio XS Cluster Edition | Alinea MAP | PGI Cluster Development Kit | GNU Toolchain | NVIDIA® CUDA® |
| | Scientific and Communication Libraries | Cray® LibSci™, LIBSci_ACC, FFTW | Intel® MPI | MVAPICH2, MVAPICH-gdr | | IBM® Spectrum LSF | Open MPI |
| | Debuggers | Cray CCDB, LGDB | Intel® IDB | Alinea DDT | PGI PGDBG | Rogue Wave TotalView® | GNU GDB |
| Schedulers, File Systems and Management | Resource Management/Job Scheduling | SLURM | Adaptive Computing Moab®, Maui, TORQUE | | Altair PBS Professional® | IBM Spectrum LSF | Grid Engine |
| | File Systems | Lustre® | NFS | GPFS | Panasas PanFS® | Local (ext3, ext4, XFS) | |
| | Cluster Management | Bright Cluster Manager for HPC including support for NVIDIA® Data Center GPU Manager | | | | | |
| Operating Systems and Drivers | Drivers & Network Mgmt. | Accelerator Software Stack and Drivers | | | OFED | | |
| | Operating Systems | Linux® (Red Hat® Enterprise Linux®, CentOS) | | | | | |

Εικόνα 56 - Cray Cluster Software Stack (Πηγή: www.cray.com)

4.4 *Student Cluster Competition*

Συμμετοχή του πανεπιστημίου στο «Student Cluster Competition». Τι είναι όμως το «SCC»; Το «SuperComputing Conference 17 (SC/17)» επιθυμεί να κρατήσει έναν διαγωνισμό φοιτητών τον «Student Cluster Competition» ή «SCC», τώρα στο ενδέκατο έτος, ως ευκαιρία να παρουσιάσει την εμπειρία των σπουδαστών σε φιλικό πνεύμα αλλά με ανταγωνισμό. Στο πλαίσιο του «SC17's Students @ SC» πραγματοποιήθηκε ο «Student Cluster Competition». Σαν στόχο έχει να εισαγάγει την επόμενη γενιά μαθητών στην κοινότητα υπολογιστών υψηλών επιδόσεων. Με τα χρόνια, ο ανταγωνισμός έχει συγκεντρώσει ομάδες από τις Ηνωμένες Πολιτείες και όλο τον κόσμο. Ο διαγωνισμός «Student Cluster Competition» είναι μια επιστημονική εμπειρία «High Performance Computing - HPC» ενσωματωμένη στη μεγαλύτερη συνάντηση της κοινότητας «HPC», το «Supercomputing Conference». Ο διαγωνισμός είναι ένας μικρόκοσμος ενός σύγχρονου κέντρου HPC που διδάσκει και εμπνέει τους μαθητές να ακολουθήσουν μια σταδιοδρομία στον τομέα. Δείχνει το εύρος των δεξιοτήτων, των τεχνολογιών και της επιστήμης που χρειάζεται για την κατασκευή, συντήρηση και χρήση ενός υπερυπολογιστή. Σε αυτήν την πραγματική, χωρίς διακοπή, 48ωρη πρόκληση, ομάδες προπτυχιακών και / ή μαθητών λυκείου συναρμολογούν μία μικρή συστάδα και δίνουν αγώνα για να ολοκληρώσουν πραγματική πρόκληση φόρτου εργασίας σε μια σειρά εφαρμογών για να εντυπωσιάσουν τους κριτές και τους ειδικούς του «HPC».



Εικόνα 57 - SuperComputing Conference (Πηγή: sc18.supercomputing.org)



Εικόνα 58 - Atos Will Build Germany's Fastest Supercomputer (www.top500.org)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διεθνής Βιβλιογραφία

Baker, M., & Buyya, R. (1999). Cluster computing at a glance. *High Performance Cluster Computing, 1*, 3-47.

Barroso, L. A., Dean, J., & Holzle, U. (2003). Web search for a planet: The Google cluster architecture. *IEEE micro, 23*(2), 22-28.

Buyya, R. (1999). High performance cluster computing. *New Jersey: Prentice*.

Cardellini, V., Colajanni, M., & Yu, P. S. (1999). Dynamic load balancing on web-server systems. *IEEE Internet computing, 3*(3), 28-39.

Sushant Sharma, Chung-Hsing Hsu and Wu-chun Feng. Making a Case for a Green500 List. 20th IEEE International Parallel & Distributed Processing Symposium (IPDPS). Workshop on High-Performance, Power-Aware Computing (HP-PAC), April 2006.

Wu-chun Feng and Thomas Scogland. The Green500 List: Year One. 23rd IEEE International Parallel & Distributed Processing Symposium (IPDPS). Workshop on High-Performance, Power-Aware Computing (HP-PAC), May 2009

Yeo, C., Buyya, R., Pourreza, H., Eskicioglu, R., Graham, P., & Sommers, F. (2006). Cluster computing: High-performance, high-availability, and high-throughput processing on a network of computers. *Handbook of nature-inspired and innovative computing*, 521-551.

Συνέδρια

2nd IEEE IPDPS Workshop on High-Performance, Power-Aware Computing, April 2006

SuperComputing Conference 2007 (SC/07) - The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis, November 2007.

SuperComputing Conference 2009 (SC/09) - The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis, November 2009

SuperComputing Conference 2017 (SC/17) - The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis, November 2017

Βιβλιογραφία

Διαδικτυακές αναφορές

[“Close encounters with clusters of computers”](#) Cern Courier. 02 Okt 2001. Retrieved 16 Feb 2018.

[“Computer Cluster”](#). Wikipedia 28 Nov 2017. Retrieved 30 Nov 2017.

[“Folding@home”](#) Folding at home. Retrieved 05 Feb 2018.

[“Nuclear weapons supercomputer reclaims world speed record for US”](#). The Telegraph. 18 Jun 2012. Retrieved 30 Nov 2017.

[“SETI@home”](#) SETI at home. Retrieved 05 Feb 2018.

[“Take Engineering to new heights with HPC & Big Data”](#) IBM Spectrum Computing. Retrieved 16 Feb 2018.

[“Άδεια λογισμικού”](#). Wikipedia. Retrieved 16 Feb 2018.

[“Τι είναι το Ελεύθερο Λογισμικό / Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα;”](#). Ellak. Retrieved 6 Apr 2018.



Εικόνα 59 - Reference Design Kit, Single Board Computer Intelligent Display, Stellaris® (Πηγή: www.newark.com)


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Α»


ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

ΧΑΜΗΛΟΥ ΟΓΚΟΥ / ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ


1. 86Duino Zero / Zero Plus

| 86Duino Zero / Zero Plus | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 60 - 86Duino Zero / Zero Plus</p> | Κατασκευαστής | DM&P, 86Duino.com |
| | Ιστοσελίδα | http://www.86duino.com/?p=68 |
| | Επεξεργαστής | DM&P Vortex86EX (1x x86 @ 300MHz) |
| | Μνήμη | 128MB DDR3 (Zero), 1GB (Zero Plus) |
| | Δίκτυο | 10/100 Ethernet |
| | Τιμή | \$39 (Zero), \$54 (Zero Plus) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Linux, Windows Compact 7.0, QNX, VxWorks, DOS |


2. A20-OlinuXino-Micro

| A20-OlinuXino-Micro | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 61 - A20-OlinuXino-Micro</p> | Κατασκευαστής | Olimes, OlinuXino, Mouser |
| | Ιστοσελίδα | https://www.olimes.com/Products/OlinuXino/A20/A20-OlinuXino-MICRO |
| | Επεξεργαστής | Allwinner A20 (2x Cortex-A7 @ 1GHz), Mali-400 GPU |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 10/100 Ethernet port |
| | Τιμή | €55, €65 (4GB Emmc) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 4.2.2, Linux |

3. A64-OLinuXino


| A64-OLinuXino | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 62 - A64-OLinuXino</p> | Κατασκευαστής | Olimex, OlinuXino, Mouser |
| | Ιστοσελίδα | https://www.olimex.com/Products/OLinuXino/A64/A64-OLinuXino/open-source-hardware |
| | Επεξεργαστής | Allwinner A64 (4x Cortex-A53 @ 1.2GHz), Mali-400 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM (2GB on 2G16G-IND) |
| | Δίκτυο | 10/100/1000Mbps Ethernet port 802.11b/g/n |
| | Τιμή | €40, €50 (4GB eMMC), €75 (2G16G-IND) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android, Linux |

4. Banana Pi BPI-M2 Berry


| Banana Pi BPI-M2 Berry | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 63 - Banana Pi BPI-M2 Berry</p> | Κατασκευαστής | SinoVoip |
| | Ιστοσελίδα | http://forum.banana-pi.org/t/banana-pi-bpi-m2-berry-quad-core-single-board-computer-with-allwinner-v40/3312 |
| | Επεξεργαστής | Allwinner V40 (4x Cortex-A7), Mali-400 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 802.11b/g/n |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet port |
| | Τιμή | \$36 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Debian, Ubuntu, Raspbian Linux; Android |

5. Banana Pi BPI-M2 Magic

| Banana Pi BPI-M2 Magic | | |
|------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| | Κατασκευαστής | SinoVoip |
| | Ιστοσελίδα | http://www.banana-pi.org/m2m.html |
| | Επεξεργαστής | A33 (4x Cortex-A7), Mali-400 MP2 GPU |

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
|  <p>Εικόνα 64 - Banana Pi BPI-M2 Magic</p> | Μνήμη | 512MB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$21 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Debian, Ubuntu, Raspbian, Android |
| | | |


6. Banana Pi BPI-M2 Ultra

| Banana Pi BPI-M2 Ultra | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 65 - Banana Pi BPI-M2 Ultra</p> | Κατασκευαστής | SinoVoip |
| | Ιστοσελίδα | https://bananapi.gitbooks.io/bpi-m2-ultra-open-source-single-board-computer/content/bpi-m2ultrahardwarespec.html |
| | Επεξεργαστής | Allwinner R40 (4x Cortex-A7), Mali-400 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 2GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet port 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$56 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Debian, Ubuntu, Raspbian Linux, Android, other OS |
| | | |

7. Banana Pi BPI-M2 Zero

| Banana Pi BPI-M2 Zero | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 66 - Banana Pi BPI-M2 Zero</p> | Κατασκευαστής | SinoVoip |
| | Ιστοσελίδα | http://www.banana-pi.org/bpi-zero.html |
| | Επεξεργαστής | Allwinner H2+ (4x Cortex-A7 @ 1.2GHz), Mali-400 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 512MB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$21 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android, Debian, Ubuntu, Raspbian |

8. Banana Pi BPI-M64


| Banana Pi BPI-M64 | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 67 - Banana Pi BPI-M64</p> | Κατασκευαστής | SinoVoip |
| | Ιστοσελίδα | http://forum.banana-pi.org/t/banana-pi-bpi-m64-quad-core-64-bit-sbc-with-allwinner-a64/1997 |
| | Επεξεργαστής | Allwinner A64 (4x Cortex-A53 @ 1.2GHz), Mali-400 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 2GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet port (Realtek RTL8211E/D) 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$68 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 5.1/6.0, Debian, Ubuntu, Raspbian, other OS |

9. Banana Pi BPI-W2

| Banana Pi BPI-W2 | | |
|------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| | Κατασκευαστής | SinoVoip |
| | Ιστοσελίδα | https://bananapi.gitbooks.io/banana- |


| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 68 - Banana Pi BPI-W2</p> | | pi-bpi-w2-with-realtek-rtd1296/content/ |
| | Επεξεργαστής | Realtek RTD1296 (4x Cortex-A53 @ up to 1.5GHz) Mali-T820 MP3 GPU |
| | Μνήμη | 2GB DDR4 RAM |
| | Δίκτυο | 2x GbE LAN ports, 1x GbE WAN port |
| | Τιμή | \$93 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 6.0, CentOS, Debian 9, Raspbian, Ubuntu 15.04, OpenWrt |

10. BeagleBone Black, Rev C


| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| BeagleBone Black, Rev C | | |
|  <p>Εικόνα 69 - BeagleBone Black, Rev C</p> | Κατασκευαστής | BeagleBoard.org |
| | Ιστοσελίδα | http://beagleboard.org/BLACK |
| | Επεξεργαστής | TI Sitara AM3358 (1x Cortex-A8 @ 1GHz) (PRU MCU chips), PowerVR SGX530 GPU |
| | Μνήμη | 512MB RAM |
| | Δίκτυο | 10/100 Ethernet |
| | Τιμή | \$55 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Debian, Android, Ubuntu, Cloud9 IDE on Node.js w/ BoneScript library, other OS |

11. BeagleBone Blue


| | | |
|-----------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| BeagleBone Blue | | |
| | Κατασκευαστής | BeagleBoard.org |
| | Ιστοσελίδα | https://beagleboard.org/blue |
| | Επεξεργαστής | Octavo Systems OSD3358 SiP TI Sitara AM3358 (1x Cortex-A8 @ 1GHz) PRU MCU chips, |

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 70 - BeagleBone Blue</p> | | PowerVR SGX530 GPU |
| | Μνήμη | 512MB RAM |
| | Δίκτυο | 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$80 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Debian, Ubuntu Core; ROS, ArduPilot, Cloud9 IDE on NodeJS |
| | | |


12. Bubblegum-96

| Bubblegum-96 | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 71 - Bubblegum-96</p> | Κατασκευαστής | uCRobotics |
| | Ιστοσελίδα | http://www.ucrobotics.com.cn/bubblegum96/ |
| | Επεξεργαστής | Actions Semiconductor Actions S900 (4x Cortex-A53 @ 1.8GHz), PowerVR G6230 GPU |
| | Μνήμη | 2GB LPDDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$89 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 5.1 Lollipop, Debian Linux, Remix OS 2.0, Phoenix OS |
| | | |


13. CloudBit

| CloudBit | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 72 - CloudBit</p> | Κατασκευαστής | LittleBits Electronics |
| | Ιστοσελίδα | https://shop.littlebits.com/products/cloudbit |
| | Επεξεργαστής | NXP i.MX233 (1x ARM9 @ 454MHz) |
| | Μνήμη | 64MB RAM |
| | Δίκτυο | 802.11b/g |
| | Τιμή | \$60 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Arch Linux |


14. CubieAIO-A20

| CubieAIO-A20 | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 73 - CubieAIO-A20</p> | Κατασκευαστής | CubieBoard.org, CubieTech Limited |
| | Ιστοσελίδα | http://www.cubietech.com/product-detail/cubieaio-a20/ |
| | Επεξεργαστής | Allwinner A20 (2x Cortex-A7 @ up to 1GHz), Mali-400 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet port 802.11a/b/g/n |
| | Τιμή | \$83 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 4.2, Debian, Linaro, Ubuntu, other OS |

15. CubieBoard4

| CubieBoard4 | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 74 - CubieBoard4</p> | Κατασκευαστής | CubieBoard.org, CubieTech Limited |
| | Ιστοσελίδα | http://www.cubietech.com/product-detail/cubieboard4/ |
| | Επεξεργαστής | Allwinner A80 (4x Cortex-A15 @ up to 2GHz, 4x Cortex-A7 @ up to 1.3GHz), PowerVR G6230 GPU |
| | Μνήμη | 2GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet port Dual-band (2.4GHz/5.8GHz) Wi-Fi |
| | Τιμή | \$119 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 4.4, Debian (headless), Ubuntu/Linaro (under development) |

16. DragonBoard 820c


| DragonBoard 820c | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 75 - DragonBoard 820c</p> | Κατασκευαστής | Terasic, RocketBoards.org |
| | Ιστοσελίδα | https://www.arrow.com/en/products/dragonboard820c/arrow-development-tools |
| | Επεξεργαστής | Qualcomm Snapdragon 820E (2x Kyro cores @ 2.35GHz, 2x @ 1.6GHz), Adreno 530 GPU |
| | Μνήμη | 3GB LPDDR4-1866 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet port 802.11b/g/n/ac |
| | Τιμή | \$199 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Debian Linux |

17. Firefly-RK3288 Reload


| Firefly-RK3288 Reload | | |
|-----------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Κατασκευαστής | Firefly |
| | Ιστοσελίδα | http://shop.t-firefly.com/goods.php?id=1 |

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 76 - Firefly-RK3288 Reload</p> | Επεξεργαστής | Rockchip RK3288 (4x Cortex-A17 @ 1.8GHz), Mali-T760 GPU |
| | Μνήμη | 2GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet 802.11b/g/n/ac |
| | Τιμή | \$159 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 5.1, Ubuntu 14.04 |

18. Firefly-RK3399

| Firefly-RK3399 | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 77 - Firefly-RK3399</p> | Κατασκευαστής | Firefly |
| | Ιστοσελίδα | http://en.t-firefly.com/index.php/product/rk3399.html |
| | Επεξεργαστής | Rockchip RK3399 (2x Cortex-A72 @ up to 2.0GHz, 4x Cortex-A53 at up to 1.42GHz), Mali-T860 GPU |
| | Μνήμη | 2GB ή 4GB (Max) DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet 802.11b/g/n/ac |
| | Τιμή | \$149 (2GB) / \$209 (4GB) / \$259 (Max) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 6.0.1, Ubuntu 14.04 |

19. Firefly-ROC-RK3328-CC (Renegade)


| Firefly-ROC-RK3328-CC (Renegade) | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 78 - Firefly-ROC-RK3328-CC</p> | Κατασκευαστής | Firefly, Libre Computer |
| | Ιστοσελίδα | http://shop.t-firefly.com/goods.php?id=65 |
| | Επεξεργαστής | Rockchip RK3328 (4x Cortex-A53 @ 1.5GHz), Mali-450 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 1GB, 2GB, 4GB DDR4 |
| | Δίκτυο | 10/100/1000 Ethernet |
| | Τιμή | \$35 (1GB), \$50 (2GB), \$80 (4GB) |

| | | |
|------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (Renegade) | Λειτουργικό Σύστημα | Ubuntu 16.04 (Rockchip's Linux 4.4 Kernel / Mainline Linux 4.14 LTS Kernel), Android 7.1 Nougat |
|------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|

20. HiKey

| HiKey | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 79 - HiKey</p> | Κατασκευαστής | LeMaker |
| | Ιστοσελίδα | https://www.96boards.org/product/hikey/ |
| | Επεξεργαστής | HiSilicon Kirin 6220 (8x Cortex-A53 @ 1.2GHz), Mali 450-MP4 GPU |
| | Μνήμη | 2GB LPDDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 802.11g/n |
| | Τιμή | \$140 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android, Debian 8.0, Ubuntu, Fedora, Red Hat, OpenEmbedded/Yocto |

21. HummingBoard-Gate

| HummingBoard-Gate | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 80 - HummingBoard-Gate</p> | Κατασκευαστής | SolidRun |
| | Ιστοσελίδα | https://www.solid-run.com/nxp-family/hummingboard/ |
| | Επεξεργαστής | NXP i.MX6 Solo, DualLite, Dual, Quad (1x, 2x, 2x, 4x Cortex-A9 @ up to 1.2GHz), Vivante 2D/3D GPU |
| | Μνήμη | Solo (512MB), DualLite & Dual (1GB), Quad (2GB, 4GB) DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet (limited to 470Mbps) |
| | Τιμή | Από \$96 έως \$226 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android KitKat; Debian, GeexBox XBMC, OpenElec (Kodi), Arch Linux, Fedora, OpenSUSE, other OS |


22. Khadas Vim Pro

| Khadas Vim Pro | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 81 - Khadas Vim Pro</p> | Κατασκευαστής | Khadas |
| | Ιστοσελίδα | https://www.geekbuying.com/item/Khadas-Vim-Pro-Development-Board-2G-16G-375852.html |
| | Επεξεργαστής | Amlogic S905X (4x Cortex-A53 @ up to 2GHz) Mali-450 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 2GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 10/100 Ethernet 802.11n (802.11ac Pro) |
| | Τιμή | \$60 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 6.0, Ubuntu 16.04; Buildroot; OpenELEC/LibreELEC 7.0+ |

23. Khadas Vim2

| Khadas Vim2 | | |
|-------------|---------------|---------------------------------------------------------------------|
| | Κατασκευαστής | Khadas |
| | Ιστοσελίδα | https://www.khadas.com/vim |
| | Επεξεργαστής | Amlogic S912 |

Χαμηλού Όγκου / Κατανάλωσης

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 82 - Khadas Vim2</p> | | (8x Cortex-A53 @ up to 1.5GHz), Mali-T820 MP3 GPU |
| | Μνήμη | 2GB (Basic), 3GB (Pro, Max) DDR4 |
| | Δίκτυο | 10/100/1000 Ethernet 802.11ac |
| | Τιμή | \$90 (Basic), \$110 (Pro), \$130 (Max) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 7.1, Ubuntu 16.04+ |


24. LinkSprite Acadia V3

| LinkSprite Acadia V3 | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 83 - LinkSprite Acadia V3</p> | Κατασκευαστής | LinkSprite Technologies |
| | Ιστοσελίδα | http://store.linksprite.com/acadia-v3-quad-core-i-mx6/ |
| | Επεξεργαστής | NXP i.MX6 Quad (4x Cortex-A9 @ up to 1.2GHz), Vivante GC355 GPU |
| | Μνήμη | 1GB DRAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet |
| | Τιμή | \$119 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Ubuntu Linux 12.04, Android 4.4 |

25. LinkSprite Arches


| LinkSprite Arches | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 84 - LinkSprite Arches</p> | Κατασκευαστής | LinkSprite Technologies |
| | Ιστοσελίδα | http://store.linksprite.com/linksprite-arches-single-board-computer-pcduino8-beta/ |
| | Επεξεργαστής | Allwinner A80 (4x Cortex-A15 @ up to 2GHz, 4x Cortex-A7 @ up to 1.3GHz), PowerVR G6230 GPU |
| | Μνήμη | 2GB DRAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet |
| | Τιμή | \$95 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 4.4; Debian (headless), Ubuntu, Linaro |

26. MediaTek X20 Development Board


| MediaTek X20 Development Board | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 85 - MediaTek X20 Development Board</p> | Κατασκευαστής | ArcherMind (AlphaStar), MediaTek |
| | Ιστοσελίδα | https://en.alpha-star.org/mediatek-x20-development-board |
| | Επεξεργαστής | MediaTek Helio X20 (4x Cortex-A53 @ 1.4GHz, 4x Cortex-A53 @ 1.95GHz, 2x Cortex-A72 cores @ 2.5GHz), Mali-T880 GPU |
| | Μνήμη | 2GB LPDDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 802.11a/b/g/n 2.4GHz & 5GHz |
| | Τιμή | \$199 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android Marshmallow 6.0 |

27. MinnowBoard Turbot Dual-Core / Dual-Ethernet Dual-Core


| MinnowBoard Turbot Dual-Core / Dual-Ethernet Dual-Core | | |
|--------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Κατασκευαστής | ADI, MinnowBoard.org |
| | Ιστοσελίδα | https://minnowboard.org/minnowboard-turbot-dual-e/ |

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 86 - MinnowBoard Turbot Dual-Core / Dual-Ethernet Dual- Core</p> | | technical-specs |
| | Επεξεργαστής | Intel Atom E3826 (2x Bay Trail @ 1.46GHz), Intel HD Graphics |
| | Μνήμη | 2GB DDR3L RAM |
| | Δίκτυο | (1x, 2x)Gigabit Ethernet |
| | Τιμή | \$146, \$171 (Dual-Ethernet) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Debian GNU/Linux, Yocto Project Linux, Ubuntu, Android 4.4; Windows 10 |


28. MinnowBoard Turbot Quad-Core / Dual-Ethernet Quad-Core

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MinnowBoard Turbot Quad-Core / Dual-Ethernet Quad-Core | | |
|  <p>Εικόνα 87 - MinnowBoard Turbot Quad-Core / Dual-Ethernet Quad- Core</p> | Κατασκευαστής | ADI, MinnowBoard.org |
| | Ιστοσελίδα | https://minnowboard.org/ minnowboard-turbot-dual-e/ technical-specs |
| | Επεξεργαστής | Intel Atom E3845 (4x Bay Trail @ 1.91GHz), Intel HD Graphics |
| | Μνήμη | 2GB DDR3L RAM |
| | Δίκτυο | (1x, 2x) Gigabit Ethernet |
| | Τιμή | \$190, \$196 (Dual-Ethernet) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Debian GNU/Linux, Ubuntu, Yocto Project, Android 4.4, Brillo, Windows 8.1/10 |


29. MYS-6ULX SBC

| MYS-6ULX SBC | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 88 - MYS-6ULX SBC</p> | Κατασκευαστής | MYIR |
| | Ιστοσελίδα | http://www.myirtech.com/list.asp?id=561 |
| | Επεξεργαστής | NXP i.MX6 ULL /i.MX6 UL (1x Cortex-A7 @ 528MHz / 696MHz), 2D PXP GPU |
| | Μνήμη | 256MB DDR3 |
| | Δίκτυο | 10/100 Ethernet 802.11b/g/n (MYS-6ULX-IOT) |
| | Τιμή | \$29 (i.MX6 ULL), \$32 (UL) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Linux 4.1.15, Debian, Yocto Project |


30. NanoPC-T3 Plus

| NanoPC-T3 Plus | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 89 - NanoPC-T3 Plus</p> | Κατασκευαστής | FriendlyElec (FriendlyARM) |
| | Ιστοσελίδα | https://www.friendlyarm.com/index.php?route=product/product&path=69&product_id=210 |
| | Επεξεργαστής | Samsung S5P6818 (8x Cortex-A53 @ 400MHz to 1.4GHz), Mali-400 MP GPU |
| | Μνήμη | 2GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$75 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android; Debian; FriendlyCore |

31. NanoPC-T4


| NanoPC-T4 | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 90 - NanoPC-T4</p> | Κατασκευαστής | FriendlyElec (FriendlyARM) |
| | Ιστοσελίδα | https://www.friendlyarm.com/index.php?route=product/product&path=69&product_id=225 |
| | Επεξεργαστής | Rockchip RK3399 (2x Cortex-A72 @ up to 2.0GHz, 4x Cortex-A53 at up to 1.5GHz), Mali-T860 GPU |
| | Μνήμη | 4GB LPDDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet 802.11b/g/n/ac |
| | Τιμή | \$129 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 7.1.2; Lubuntu Desktop 16.04 |

32. NanoPi A64


| NanoPi A64 | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 91 - NanoPi A64</p> | Κατασκευαστής | FriendlyElec (FriendlyARM) |
| | Ιστοσελίδα | https://www.friendlyarm.com/index.php?route=product/product&path=69&product_id=159 |
| | Επεξεργαστής | Allwinner A64 (4x Cortex-A53 @ 1.2GHz), Mali-400 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$20 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Ubuntu Core (Qt Embedded), Ubuntu MATE |

33. NanoPi Duo

| NanoPi Duo | | |
|------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Κατασκευαστής | FriendlyElec (FriendlyARM) |
| | Ιστοσελίδα | https://www.friendlyarm.com/index.php?route=product/product&path=69&product_id=197 |

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 92 - NanoPi Duo</p> | Επεξεργαστής | Allwinner H2+ (4x Cortex-A7 @ 1.2GHz), Mali-400 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 256MB, 512MB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 10/100 Ethernet 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$8 (256MB), \$12 (512MB), \$18 / \$22 (Mini Shield) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Ubuntu 16.04 LTS Xenial |

34. NanoPi K1 Plus


| NanoPi K1 Plus | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 93 - NanoPi K1 Plus</p> | Κατασκευαστής | FriendlyElec (FriendlyARM) |
| | Ιστοσελίδα | https://www.friendlyarm.com/index.php?route=product/product&path=69&product_id=220 |
| | Επεξεργαστής | Allwinner H5 (4x Cortex-A53 @ up to 1.4GHz), Mali-450 GPU |
| | Μνήμη | 2GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$35 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Armbian, FriendlyCore (Linux 4.x) |

35. NanoPi K2

| NanoPi K2 | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 94 - NanoPi K2</p> | Κατασκευαστής | FriendlyElec (FriendlyARM) |
| | Ιστοσελίδα | https://www.friendlyarm.com/index.php?route=product/product&path=69&product_id=186 |
| | Επεξεργαστής | S905 (4x Cortex-A53 @ 1.5GHz), Mali-450 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 2GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$39 |

| | | |
|--|---------------------|-------------------|
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 5, Ubuntu |
|--|---------------------|-------------------|


36. NanoPi M1 Plus

| NanoPi M1 Plus | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 95 - NanoPi M1 Plus</p> | Κατασκευαστής | FriendlyElec (FriendlyARM) |
| | Ιστοσελίδα | https://www.friendlyarm.com/index.php?route=product/product&path=69&product_id=176 |
| | Επεξεργαστής | Allwinner H3 (4x Cortex-A7 @ 1.2GHz) ARM Mali-400 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet |
| | Τιμή | \$38 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Ubuntu MATE, Ubuntu Core, Debian, Android |


37. NanoPi M2A

| NanoPi M2A | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 96 - NanoPi M2A</p> | Κατασκευαστής | FriendlyElec (FriendlyARM) |
| | Ιστοσελίδα | http://www.nanopi.org/Nanopi-M2A_Feature.html |
| | Επεξεργαστής | Samsung S5P4418 (4x Cortex-A9 @ 400MHz to 1.4GHz), “3D” GPU |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 10/100/1000 Ethernet 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$42 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 4.4 / 5.1, Debian 8.1, Ubuntu Core (Qt) |


38. NanoPi Fire3

| NanoPi Fire3 | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 97 - NanoPi Fire3</p> | Κατασκευαστής | FriendlyElec (FriendlyARM) |
| | Ιστοσελίδα | https://www.friendlyarm.com/index.php?route=product/product&path=69&product_id=206 |
| | Επεξεργαστής | Samsung S5P6818 (8x Cortex-A53 @ 400MHz to 1.4GHz), “3D” GPU |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet |
| | Τιμή | \$35 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Debian; Android, FriendlyCore (Ubuntu Core 16.04) |


39. NanoPi Neo

| NanoPi Neo | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 98 - NanoPi Neo</p> | Κατασκευαστής | FriendlyElec (FriendlyARM) |
| | Ιστοσελίδα | https://www.friendlyarm.com/index.php?route=product/product&product_id=132 |
| | Επεξεργαστής | Allwinner H3 (4x Cortex-A7 @ 1.2GHz) Mali-400 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 256MB, 512MB DDR3 RAM (Neo) |
| | Δίκτυο | 10/100Mbit Ethernet |
| | Τιμή | \$12, \$14 (512MB) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Ubuntu Core (Qt & Linux 3.4 kernel) |


40. NanoPi Neo2-LTS

| NanoPi Neo2-LTS | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 99 - NanoPi Neo2-LTS</p> | Κατασκευαστής | FriendlyElec (FriendlyARM) |
| | Ιστοσελίδα | https://www.friendlyarm.com/index.php?route=product/product&product_id=180 |
| | Επεξεργαστής | Allwinner H5 (4x Cortex-A53 @ 1.2GHz), Mali-450 GPU |
| | Μνήμη | 512MB, 1GB DDR3 |
| | Δίκτυο | 10/100/1000Mbit Ethernet |
| | Τιμή | \$20, \$37 (1GB) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Ubuntu Core, Armbian |

41. NanoPi Neo Air

| NanoPi Neo Air | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 100 - NanoPi Neo Air</p> | Κατασκευαστής | FriendlyElec (FriendlyARM) |
| | Ιστοσελίδα | https://www.friendlyarm.com/index.php?route=product/product&path=69&product_id=151 |
| | Επεξεργαστής | Allwinner H3 (4x Cortex-A7 @ 1.2GHz), ARM Mali-400 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 512MB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$28 (8GB eMMC) \$39 (32GB eMMC) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Ubuntu Core |

42. NanoPi Neo Plus2

| NanoPi Neo Plus2 | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 101 - NanoPi Neo Plus2</p> | Κατασκευαστής | FriendlyElec (FriendlyARM) |
| | Ιστοσελίδα | https://www.friendlyarm.com/index.php?route=product/product&path=69&product_id=196 |
| | Επεξεργαστής | Allwinner H5 (4x Cortex-A53 @ 1.5GHz); ARM Mali-450 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 10/100/1000Mbps Ethernet |
| | Τιμή | \$44 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Ubuntu Core |

43. Odroid-C0

| Odroid-C0 | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 102 - Odroid-C0</p> | Κατασκευαστής | Hardkernel, Odroid |
| | Ιστοσελίδα | https://www.hardkernel.com/main/products/prdt_info.php?g_code=G145326484280 |
| | Επεξεργαστής | Amlogic S805 (4x Cortex-A5 @ 1.5GHz), Mali-450 GPU |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | - |
| | Τιμή | \$30 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 4.4.x, Ubuntu 14.04, Arch Linux, Debian, OpenELEC |


44. Odroid-C1+

| Odroid-C1+ | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 103 - Odroid-C1+</p> | Κατασκευαστής | Hardkernel, Odroid |
| | Ιστοσελίδα | https://www.hardkernel.com/main/products/prdt_info.php?g_code=G143703355573 |
| | Επεξεργαστής | Amlogic S805 (4x Cortex-A5 @ 1.5GHz), Mali-450 GPU |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet |
| | Τιμή | \$35 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 4.4.x, Ubuntu 14.04, (Linux Kernel 3.10 LTS) |

45. Odroid-C2


| Odroid-C2 | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 104 - Odroid-C2</p> | Κατασκευαστής | Hardkernel, Odroid |
| | Ιστοσελίδα | https://www.hardkernel.com/main/products/prdt_info.php?g_code=G145457216438 |
| | Επεξεργαστής | Amlogic S905 (4x Cortex-A53 @ up to 1.5GHz), Mali-450 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 2GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet |
| | Τιμή | \$46 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Ubuntu 16.04, Android 5.1, (Linux Kernel 3.14 LTS) |

46. Odroid-N1


| Odroid-N1 | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  <p>Εικόνα 105 - Odroid-N1</p> | Κατασκευαστής | Hardkernel, Odroid | |
| | Ιστοσελίδα | https://www.hardkernel.com/main/products/prdt_info.php?g_code=G145457216725 | |
| | Επεξεργαστής | Rockchip RK3399 (2x Cortex-A72 @ 2.0GHz, 4x Cortex-A53 @ 1.5GHz), Mali-T860 MP4 GPU | |
| | Μνήμη | 4GB DDR3 RAM | |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet | |
| | Τιμή | \$110 | |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 7.1, Ubuntu 18.04, Debian Stretch 9.3, (Linux Kernel 4.4 LTS) | |
| | (*Έχει σταματήσει η παραγωγή του λόγω προβλημάτων με την τροφοδοσία της μνήμης και θα αντικατασταθεί με το Odroid-N2) | | |

47. Odroid-XU4

| Odroid-XU4 | | |
|------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Κατασκευαστής | Hardkernel, Odroid |
| | Ιστοσελίδα | https://www.hardkernel.com/main/products/prdt_info.php? |

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 106 - Odroid-XU4</p> | | g_code=G143452239825 |
| | Επεξεργαστής | Samsung Exynos5422 (4x Cortex-A15 @ 2.0GHz, 4x Cortex-A7 @ 1.4GHz), Mali-T628 MP6 GPU |
| | Μνήμη | 2GB LPDDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet |
| | Τιμή | \$59 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 4.4.2 (Linux Kernel LTS 3.10), Ubuntu 15.04 (OpenGL ES, OpenCL, Kernel LTS 3.10), Android 5.1, Mainline Linux 4.2 RC1 |

48. Orange Pi 2G-IOT


| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Orange Pi 2G-IOT | | |
|  <p>Εικόνα 107 - Orange Pi 2G-IOT</p> | Κατασκευαστής | Shenzhen Xunlong |
| | Ιστοσελίδα | http://www.orangepi.org/OrangePi2GIOT/ |
| | Επεξεργαστής | RDA RDA8810PL (1x Cortex-A5), Vivante GC860 GPU |
| | Μνήμη | 256MB LPDDR2 RAM |
| | Δίκτυο | 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$10 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 4.4, Ubuntu, Debian, Raspbian |

49. Orange Pi 3G-IOT-B

| | | |
|--------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Orange Pi 3G-IOT-B | | |
| | Κατασκευαστής | Shenzhen Xunlong |
| | Ιστοσελίδα | http://www.orangepi.org/orange%20pi%203g-iot-512mb%20-%20B/ |
| | Επεξεργαστής | MediaTek MT6572 (2x Cortex-A7 @ 1.2GHz), Mali-400 MP1 GPU |

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------|
|  <p>Εικόνα 108 - Orange Pi 3G-IOT-B</p> | Μνήμη | 512MB DDR2 RAM |
| | Δίκτυο | WIFI |
| | Τιμή | \$25 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 4.4 |
| | | |


50. Orange Pi 4G-IOT

| Orange Pi 4G-IOT | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 109 - Orange Pi 4G-IOT</p> | Κατασκευαστής | Shenzhen Xunlong |
| | Ιστοσελίδα | http://www.orangepi.org/Orange%20Pi%204G-IOT/ |
| | Επεξεργαστής | MediaTek MT6737 (4x Cortex-A53), Mali-T720 MP1 GPU |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Wi-Fi |
| | Τιμή | \$45 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 6.0 |
| | | |
| | | |

51. Orange Pi i96

| Orange Pi i96 | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 110 - Orange Pi i96</p> | Κατασκευαστής | Shenzhen Xunlong |
| | Ιστοσελίδα | http://www.orangepi.org/OrangePii96/ |
| | Επεξεργαστής | RDA RDA8810PL (1x Cortex-A5), Vivante GC860 GPU |
| | Μνήμη | 256MB LPDDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$9 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 4.4, Ubuntu, Debian, Raspbian |


52. Orange Pi Lite

| Orange Pi Lite | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 111 - Orange Pi Lite</p> | Κατασκευαστής | Shenzhen Xunlong |
| | Ιστοσελίδα | http://www.orangepi.org/orangepilite/ |
| | Επεξεργαστής | Allwinner H3 (4x Cortex-A7 @ 1.2GHz), Mali-400 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 512MB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Wi-Fi |
| | Τιμή | \$12 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 4.4, Ubuntu, Debian, Raspbian |


53. Orange Pi One Plus

| Orange Pi One Plus | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 112 - Orange Pi One Plus</p> | Κατασκευαστής | Shenzhen Xunlong |
| | Ιστοσελίδα | http://www.orangepi.org/OrangePiOneplus/ |
| | Επεξεργαστής | Allwinner H6 (4x Cortex-A53). ARM Mali-T720 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 1GB LPDDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 10/100/1000Mbit Ethernet |
| | Τιμή | \$20 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 7.0, Ubuntu, Debian |


54. Orange Pi PC / PC Plus

| Orange Pi PC / PC Plus | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 113 - Orange Pi PC / PC Plus</p> | Κατασκευαστής | Shenzhen Xunlong |
| | Ιστοσελίδα | http://www.orangepi.org/orangepipcplus/ |
| | Επεξεργαστής | Allwinner H3 (4x Cortex-A7 @ 1.6GHz), Mali-400 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 10/100Mbit Ethernet |
| | Τιμή | \$15 (PC), \$24 (PC Plus) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 4.4, Ubuntu, Debian, Raspbian |


55. Orange Pi PC 2

| Orange Pi PC 2 | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 114 - Orange Pi PC 2</p> | Κατασκευαστής | Shenzhen Xunlong |
| | Ιστοσελίδα | http://www.orangepi.org/orangepipc2/ |
| | Επεξεργαστής | Allwinner H5 (4x Cortex-A53), Mali-450 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 10/100/1000 Mbps Ethernet |
| | Τιμή | \$20 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 5.1, Ubuntu, Debian, Raspbian |

56. Orange Pi Prime

| Orange Pi Prime | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 115 - Orange Pi Prime</p> | Κατασκευαστής | Shenzhen Xunlong |
| | Ιστοσελίδα | http://www.orangepi.org/OrangePiPrime/ |
| | Επεξεργαστής | Allwinner H5 (4x Cortex-A53), Mali-450 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 2GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 10/100/1000Mbps Ethernet |
| | Τιμή | \$36 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 5.1, Ubuntu, Debian, Raspbian |

57. Orange Pi R1

| Orange Pi R1 | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 116 - Orange Pi R1</p> | Κατασκευαστής | Shenzhen Xunlong |
| | Ιστοσελίδα | http://www.orangepi.org/OrangePiR1 |
| | Επεξεργαστής | Allwinner H2 (4x Cortex-A7 @ 1.2GHz), Mali-400 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 256MB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 2x 10/100 Ethernet, 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$14 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 4.4, Ubuntu, Debian |

58. Orange Pi RK3399


| Orange Pi RK3399 | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 117 - Orange Pi RK3399</p> | Κατασκευαστής | Shenzhen Xunlong |
| | Ιστοσελίδα | http://www.orangepi.org/Orange%20Pi%20RK3399/ |
| | Επεξεργαστής | Rockchip RK3399 (2x Cortex-A72 @ up to 2.0GHz, 4x Cortex-A53 at up to 1.42GHz), Mali-T860 GPU |
| | Μνήμη | 2GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet, 802.11b/g/n/ac |
| | Τιμή | \$109 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 6.0 |

59. Orange Pi Win Plus / Win


| Orange Pi Win Plus / Win | | |
|--------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Κατασκευαστής | Shenzhen Xunlong |
| | Ιστοσελίδα | http://www.orangepi.org/OrangePiWinPlus/ |
| | Επεξεργαστής | Allwinner A64 (4x Cortex-A53), Mali-400 MP2 GPU |

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 118 - Orange Pi Win Plus / Win</p> | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM (Win), 2GB DDR3 RAM (Win Plus) |
| | Δίκτυο | 10/100/1000 Mbps Ethernet, 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$25 (Win), \$37 (Win Plus) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 6.0, Ubuntu Desktop / Server Xenial, Debian Server Jessie, Raspbian, other OS |

60. Orange Pi Zero H2+ / Zero Plus 2 H3 / Zero Plus 2 H5


| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Orange Pi Zero H2+ / Zero Plus 2 H3 / Zero Plus 2 H5 | | |
|  <p>Εικόνα 119 - Orange Pi Zero H2+ / Zero Plus 2 H3 / Zero Plus 2 H5</p> | Κατασκευαστής | Shenzhen Xunlong |
| | Ιστοσελίδα | http://www.orangepi.org/OrangePiZeroPlus2/ |
| | Επεξεργαστής | Allwinner H2+/H3 (4x Cortex-A7 @ 1.2GHz), Mali-400 MP2 GPU Allwinner H5 (4x Cortex-A53 @ 1.2GHz), Mali-450 MP2 (H5) |
| | Μνήμη | 256MB, 512MB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$9 (H2+ 256MB), \$22.90 (H3), \$23.90 (H5) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android, Ubuntu, Debian, Raspbian |

61. OSD3358-SM-RED


| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OSD3358-SM-RED | | |
|  | Κατασκευαστής | Octavo Systems |
| | Ιστοσελίδα | https://octavosystems.com/octavo_products/osd3358-sm-red/ |
| | Επεξεργαστής | Octavo Systems OSD3358 SiP (1x Cortex-A8 @ 1GHz), PowerVR SGX530 GPU |
| | Μνήμη | 512MB RAM |

| | | |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|
| Εικόνα 120 - OSD3358-SM-RED | Δίκτυο | 10/100/1000 Ethernet |
| | Τιμή | \$199 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Debian Linux |
| | | |

62. Parallella

| Parallella | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 121 - Parallella</p> | Κατασκευαστής | Adapteva, Parallella.org |
| | Ιστοσελίδα | https://www.parallella.org/ |
| | Επεξεργαστής | Xilinx Zynq-7020 / 7010 SoC (2x Cortex-A9 @ 667MHz plus FPGA) |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet |
| | Τιμή | \$127 (Micro-Server - 7010), \$149 (Standard - 7010), \$265 (Standard - 7020) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Ubuntu Linux |
| | | |

63. Pine A64 / A64-LTS

| Pine A64 / A64-LTS | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 122 - Pine A64 / A64-LTS</p> | Κατασκευαστής | Pine64, Inc. |
| | Ιστοσελίδα | https://www.pine64.org/?product=pine-a64-lts |
| | Επεξεργαστής | Allwinner A64 / R18 (A64-LTS) (4x Cortex-A53 cores @ 1.2GHz), Mali-400 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 512MB, 1GB, 2GB (A64-LTS) DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Fast / Gigabit (Plus) Ethernet |
| | Τιμή | \$15 (512MB), \$19 (1GB), \$32 (2GB A64-LTS) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 5.1, Ubuntu, (Linux Kernel 3.10), Ubuntu Snappy, Lubuntu, OpenHAB, other OS |

64. Pine H64

| Pine H64 | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 123 - Pine H64</p> | Κατασκευαστής | Pine64, Inc. |
| | Ιστοσελίδα | https://www.pine64.org/?product=pine-h64-2gb-board |
| | Επεξεργαστής | Allwinner H6 (4x Cortex-A53 cores), Mali-T720 GPU |
| | Μνήμη | 1GB, 2GB, 4GB LPDDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 10/100/1000Mbit Ethernet |
| | Τιμή | \$26 (1GB), \$36 (2GB) \$45 (3GB) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android, Linux |


65. Raspberry Pi Zero

| Raspberry Pi Zero | | |
|-------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Κατασκευαστής | Raspberry Pi Foundation |
| | Ιστοσελίδα | https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-zero/ |
| | Επεξεργαστής | Broadcom BCM2835 |


Χαμηλού Όγκου / Κατανάλωσης

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 124 - Raspberry Pi Zero</p> | | (1x ARM1176JZFS core @ 1GHz), FPU & VideoCore IV dual-core GPU |
| | Μνήμη | 512MB SDRAM |
| | Δίκτυο | - |
| | Τιμή | \$6 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Raspbian Linux |


66. Raspberry Pi Zero W / Zero WH

| Raspberry Pi Zero W / Zero WH | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 125 - Raspberry Pi Zero W / Zero WH</p> | Κατασκευαστής | Raspberry Pi Foundation |
| | Ιστοσελίδα | https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-zero-w/ |
| | Επεξεργαστής | Broadcom BCM2835 (1x ARM1176JZFS core @ 1GHz), FPU and VideoCore IV dual-core GPU |
| | Μνήμη | 512MB SDRAM |
| | Δίκτυο | 802.11n |
| | Τιμή | \$10, \$14 Zero WH |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Raspbian Linux |
| | | |

67. Raspberry Pi 3 Model B


| Raspberry Pi 3 Model B | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 126 - Raspberry Pi 3 Model B</p> | Κατασκευαστής | Raspberry Pi Foundation |
| | Ιστοσελίδα | https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/ |
| | Επεξεργαστής | Broadcom BCM2837 (4x Cortex-53 @ 1.2GHz), Broadcom VideoCore IV GPU @ 400MHz |
| | Μνήμη | 1GB SDRAM |
| | Δίκτυο | 10/100 Ethernet, 802.11b/g/n |
| | Τιμή | \$30 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | ARM Linux Distributions, Windows 10 IoT |

68. Raspberry Pi 3 Model B+


| Raspberry Pi 3 Model B+ | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 127 - Raspberry Pi 3 Model B+</p> | Κατασκευαστής | Raspberry Pi Foundation |
| | Ιστοσελίδα | https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/ |
| | Επεξεργαστής | Broadcom BCM2837B0 (4x Cortex-53 @ 1.4GHz), Broadcom VideoCore IV GPU @ 400MHz |
| | Μνήμη | 1GB LPDDR2 RAM |
| | Δίκτυο | 10/100/1000 Ethernet 802.11ac |
| | Τιμή | \$30 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | ARM Linux Distributions, Windows 10 IoT |

69. Rico Board


| Rico Board | | |
|------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| | Κατασκευαστής | MYIR |
| | Ιστοσελίδα | http://www.myirtech.com/list.asp? |

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 128 - Rico Board</p> | | id=510 |
| | Επεξεργαστής | TI AM437x (1x Cortex-A9 core @ up to 1GHz), PowerVR SGX530 GPU |
| | Μνήμη | 256MB, 512MB, 1GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 10/100/1000 Ethernet |
| | Τιμή | \$99 (512MB) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Linux 3.14 |

70. Rockchip RK3399 Sapphire

| Rockchip RK3399 Sapphire | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 129 - Rockchip RK3399 Sapphire</p> | Κατασκευαστής | Vamrs |
| | Ιστοσελίδα | https://store.vamrs.com/products/rockchip-rk3399-sapphire-board |
| | Επεξεργαστής | Rockchip RK3399 (2x Cortex-A72 @ up to 2.0GHz, 4x Cortex-A53 @ up to 1.42GHz), Mali-T860 GPU |
| | Μνήμη | 4GB LPDDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet |
| | Τιμή | \$149 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 7.1 (Linux kernel 4.4), Linux BSP (Yocto & Debian) |

71. Rock64

| Rock64 | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 130 - Rock64</p> | Κατασκευαστής | Pine64 |
| | Ιστοσελίδα | https://www.pine64.org/?page_id=7147 |
| | Επεξεργαστής | Rockchip RK3328 (4x Cortex-A53 @ 1.5GHz), Mali-450 MP2 GPU |
| | Μνήμη | 1GB, 2GB, 4GB DDR3L |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet |
| | Τιμή | \$24.95 (1GB), \$34.95 (2GB), \$44.95 (4GB) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android 7.1, Debian, Yocto |

72. RockPro64

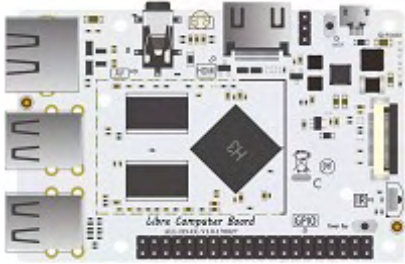
| RockPro64 | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 131 - RockPro64</p> | Κατασκευαστής | Pine64 |
| | Ιστοσελίδα | https://www.pine64.org/?page_id=61454 |
| | Επεξεργαστής | Rockchip RK3399 (2x Cortex-A72 @ up to 2.0GHz, 4x Cortex-A53 @ 1.5GHz), Mali-T864 GPU |
| | Μνήμη | 2GB, 4GB LPDDR4 |
| | Δίκτυο | 10/100/1000Mbit Ethernet |
| | Τιμή | \$60 (2GB), \$80 (4GB) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android, Linux |

73. SAMA5D4 Xplained Ultra


| SAMA5D4 Xplained Ultra | | |
|------------------------|---------------|------------------------------|
| | Κατασκευαστής | Newark Element14, Microchips |

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 132 - SAMA5D4 Xplained Ultra</p> | Ιστοσελίδα | https://www.element14.com/community/docs/DOC-73554/1/sama5d4-xplained-ultra |
| | Επεξεργαστής | Atmel SAMA5D4 (1x Cortex-A5 @ 528MHz) |
| | Μνήμη | 512MB DDR2 RAM |
| | Δίκτυο | Fast Ethernet |
| | Τιμή | \$107 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Linux |

74. Tritium


| Tritium | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 133 - Tritium</p> | Κατασκευαστής | Libre Computer |
| | Ιστοσελίδα | https://libre.computer/products/boards/all-h3-cc/ |
| | Επεξεργαστής | Allwinner H2+, H3, H5 (4x Cortex-A7 (H2+/H3), 4x Cortex-A53 (H5)), Mali-400 MP2 (H2+/H3) Mali-450 MP4 (H5) |
| | Μνήμη | 512MB, 1GB, 2GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 10/100 Ethernet |
| | Τιμή | \$20 (H2+ - 512MB), \$30 (H3 - 1GB), \$40 (H5 - 2GB) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Linux 4.16+/3.4, Debian 9, Ubuntu 16.04, Android Nougat |

75. Udo0 Quad / Dual / Dual Basic


| Udo0 Quad / Dual / Dual Basic | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 134 - Udo0 Quad / Dual /</p> | Κατασκευαστής | Udo0 (Seco) |
| | Ιστοσελίδα | https://shop.udoo.org/usa/quad-dual.html |
| | Επεξεργαστής | NXP i.MX6 Quad / DualLite (4x / 2x Cortex-A9 @ 1GHz), Vivante GPUs Atmel SAM3X8E Cortex-M3 MCU |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet Wi-Fi Module |

| | | |
|-------------------|---------------------|--------------------------------------------------|
| Dual Basic | Τιμή | \$99 (Dual Basic), \$115 (Dual), \$135 (Quad) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android, Linux |


76. Udoos X86

| Udoos X86 | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 135 - Udoos X86</p> | Κατασκευαστής | Udoos (Seco) |
| | Ιστοσελίδα | https://shop.udoo.org/usa/x86.html |
| | Επεξεργαστής | Intel Braswell Quad-core SoCs (Advanced Plus: Celeron N3160 @ up to 2.24GHz; Ultra: Pentium N3710 @ up to 2.56GHz), Intel Gen 8-LP GPU |
| | Μνήμη | 4GB (Advanced Plus), 8GB (Ultra) DDR3L RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet Wireless Module |
| | Τιμή | \$174 (Advanced Plus), \$267 (Ultra) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Linux, Android, Windows 7/8.1/10 |


77. UP board

| UP board | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 136 - UP board</p> | Κατασκευαστής | Aeon, UP Community |
| | Ιστοσελίδα | https://up-board.org/up/specifications/ |
| | Επεξεργαστής | Intel Atom x5-Z8350 (4x Cherry Trail @ 1.44GHz / 1.92GHz burst), Intel HD 400 Graphics |
| | Μνήμη | 1GB, 2GB, 4GB DDR3L RAM |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet |
| | Τιμή | \$99 (1GB/16GB), \$109 (2GB/16GB), \$109 (2GB/32GB), \$119 (2GB/16GB & "Cooler"), \$109 (2GB/32GB), \$149 (4GB/32GB), \$159 (4GB/32GB & "Cooler"), \$169 (4GB/64GB) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Ubuntu Linux |


78. UP Core

| UP Core | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 137 - UP Core</p> | Κατασκευαστής | Aeon, UP Community |
| | Ιστοσελίδα | https://up-board.org/upcore/specifications/ |
| | Επεξεργαστής | Intel Atom x5-Z8350 (4x Cherry Trail @ 1.44GHz/1.92GHz burst), Intel HD 400 Graphics |
| | Μνήμη | 1GB, 2GB, 4GB DDR3L RAM |
| | Δίκτυο | 802.11 b/g/n |
| | Τιμή | \$99 (1GB/16GB), \$109 (2GB/16GB), \$119 (2GB/32GB), \$149 (4GB/32GB), \$169 (4GB/64GB) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Linux (Ubuntu, ubilinux, Yocto), Android Marshmallow, Windows 10, Windows 10 IoT Core |


79. UP Squared

| UP Squared | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 138 - UP Squared</p> | Κατασκευαστής | Aeon, UP Community |
| | Ιστοσελίδα | https://up-board.org/upsquared/specifications/ |
| | Επεξεργαστής | Intel Celeron N3350 (2x Apollo Lake @ 1.1GHz/2.4GHz), Pentium N4200 (4x Apollo Lake @ 1.1GHz/2.5GHz), Intel Gen9 HD 500/505 GPU |
| | Μνήμη | 2GB, 4GB, 8GB LPDDR4 |
| | Δίκτυο | 2x Gigabit Ethernet |
| | Τιμή | \$149 (Celeron 2GB/32GB), \$179 (Celeron 4GB/32GB), \$239 (Pentium 4GB/32GB), \$299 (Pentium 8GB/64GB), \$339 (Pentium 8GB/128GB) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Linux (Ubuntu, Ubilinux, Yocto), Android Marshmallow, Windows 10 IoT Enterprise |


80. USB Armory

| USB Armory | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 139 - USB Armory</p> | Κατασκευαστής | Inverse Path (F-Secure) |
| | Ιστοσελίδα | http://inversepath.com/usbarmory |
| | Επεξεργαστής | NXP i.MX53 (1x Cortex-A8 @ 800MHz) |
| | Μνήμη | 512MB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | - |
| | Τιμή | \$150 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Android, Linux (Debian, Ubuntu, FreeBSD) |


81. VoltaStream Zero

| VoltaStream Zero | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 140 - VoltaStream Zero</p> | Κατασκευαστής | PolyVection |
| | Ιστοσελίδα | https://voltastream.com/product/voltastream-zero/ |
| | Επεξεργαστής | NXP i.MX6 ULL (1x Cortex-A7 @ 996MHz), 2D PXP GPU |
| | Μνήμη | 512MB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | |
| | Τιμή | \$38 |
| | Λειτουργικό Σύστημα | PolyOS (Yocto Linux), PolyBian (Debian Linux) |


82. Wand-Pi-8M

| Wand-Pi-8M | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 141 - Wand-Pi-8M</p> | Κατασκευαστής | Wandboard.org, Technexion |
| | Ιστοσελίδα | https://www.wandboard.org/products/wandpi-8m/ |
| | Επεξεργαστής | NXP i.MX8M Quad (4x Cortex-A53 @ 1.3GHz), Vivante GC7000Lite GPU |
| | Μνήμη | 1GB DDR4/4GB eMMC (Lite), 2GB/8GB (Pro), 2GB/16GB (Deluxe) |
| | Δίκτυο | Gigabit Ethernet |
| | Τιμή | \$99 (Lite), \$109 (Pro), \$129 (Deluxe) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Linux, Yocto, Ubuntu, Android Oreo |

83. Z-turn Board

| Z-turn Board | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 142 - Z-turn Board</p> | Κατασκευαστής | MYIR |
| | Ιστοσελίδα | http://www.myirtech.com/list.asp?id=502 |
| | Επεξεργαστής | Xilinx Zynq-7010 / 7020 (2x Cortex-A9 cores @ 667MHz) FPGA |
| | Μνήμη | 1GB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 10/100/1000 Ethernet |
| | Τιμή | \$99 (7010), \$119 (7020) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Linux 3.15.0 |

84. Z-turn Lite

| Z-turn Lite | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Εικόνα 143 - Z-turn Lite</p> | Κατασκευαστής | MYIR |
| | Ιστοσελίδα | http://www.myirtech.com/list.asp?id=565 |
| | Επεξεργαστής | Xilinx Zynq-7007S / 7010 (1x or 2x Cortex-A9 cores @ 667MHz), FPGA |
| | Μνήμη | 512MB DDR3 RAM |
| | Δίκτυο | 10/100/1000 Ethernet |
| | Τιμή | \$69 (7010), \$75 (7020) |
| | Λειτουργικό Σύστημα | Linux 3.15.0 |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Β»

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΧΑΜΗΛΟΥ ΟΓΚΟΥ /
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

1. 86Duino Zero / Zero Plus

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Vortex86EX SOM (128-EX module):

- Επεξεργαστής: Vortex86EX (1x 32-bit x86 core @ 300MHz)
- Μνήμη: 128MB DDR RAM, 8MB SPI flash
- Δίκτυο: 10/100 Ethernet MAC & PHY
- Είσοδος / Έξοδος (Standard I/O):
 - SATA
 - USB 2.0
 - 10x COM
 - 8x ADC
 - 80x GPIO
 - DMA & interrupt controllers
 - MTBF counter
- Είσοδος / Έξοδος προγραμματιζόμενη (Configurable I/O):
 - COM (TX/RX only)
 - RS485 auto direction
 - SPI 1 ή 2
 - Parallel port
 - SD/eMMC
 - I2C, CAN, PS/2
 - HD audio
 - Ethernet LED, Watchdog
 - MCM (motion control module)
- Δυνατότητες επέκτασης (Expansion buses):
 - PCIe control και target interfaces
 - xISA bus
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 0 έως 60°C
- Λειτουργικό σύστημα: Linux, Windows Compact 7.0, QNX, VxWorks, DOS

2. A20-OlinuXino-Micro

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το A20-OLinuXino-Micro και A20-OLinuXino-Micro-4G:

- Επεξεργαστής: Allwinner A20 (2x Cortex-A7), Mali 400 GPU
- Μνήμη:
 - 1GB DDR3 RAM
 - 4GB NAND flash (A20-OLinuXino-Micro-4GB model)
 - MicroSD/MMC slot
 - 2KB EEPROM (MAC address storage)
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: SATA connector (5V SATA power jack)
- Δυνατότητες απεικόνισης:

- HDMI port (ESD protectors)
- VGA (6-pin 1.25mm step connector)
- LCD connector
- Optional Olimex 4.3, 7.0, 10.1 inch displays (resistive touch)
- Δίκτυο: 10/100 Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 2 x USB host ports (power control & current limiter)
 - USB-OTG port (power control & current limiter)
 - Audio line (out & mic-in connectors)
 - 2 x UEXT connectors (optional Olimex modules)
 - 160x GPIOs (3x connectors)
 - Debug-UART connector (console debug με USB-Serial-Cable-F)
- Λοιπά χαρακτηριστικά: 10x buttons με Android functionality, reset button, GPIO, battery, και power LEDs, 4x mount holes
- Τροφοδοσία: 6-16V τροφοδοτικό, battery connector με charging
- Διαστάσεις: 142.24 x 82.55mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 4.2.2 image προεγκατεστημένο σε 4GB flash στο A20-OLinuXino-Micro-4GB model, microSD cards με either Linux ή Android images

3. A64-OLinuXino

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το A64-OLinuXino-1G4GW:

- Επεξεργαστής: Allwinner A64 (4x Cortex-A53 @ 1.2GHz), ARM Mali-400 MP2 GPU
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 1GB DDR3L RAM (2GB on 2G16G-IND model)
 - 4GB eMMC (none on 1G0G model, 16GB on 2G16G-IND)
 - microSD slot (up to 32GB)
 - Optional SPI flash in SO8 package με hardware WP (not assembled)
- Ασύρματη Επικοινωνία: WiFi και Bluetooth 4.2 (όχι στο 1G0G ή 2G16G-IND), κεραία.
- Δίκτυο: 10/100/1000Mbps Ethernet port
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI port
 - MIPI DSI on 20-pin ribbon connector
 - LCD interface on 40-pin ribbon cable
 - 3.5mm audio input και output jacks
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 2.0 host port
 - Micro-USB 2.0 OTG port
 - USB headers
 - GPIO 40-pin connector με CSI, GPIO, etc.
 - UEXT 10-pin connector (not assembled)
 - Debug UART header (TTL level)

- Λοιπά χαρακτηριστικά: power, battery, και user LEDs, U-Boot, reset, και power buttons, RTC, 4x mounting holes
- Τροφοδοσία: 5V DC jack, 3.7V LiPo battery connector, step-up, και charging support
- Θερμοκρασία λειτουργίας: commercial range except for 2G16G-IND model με -40 to 85°C
- Διαστάσεις: 90.0 x 62.5mm
- Λειτουργικό σύστημα: Linux και Android

4. Banana Pi BPI-M2 Berry

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Banana Pi BPI-M2 Berry:

- Επεξεργαστής: Allwinner V40 or R40 (4x Cortex-A7), ARM Mali-400 MP2 GPU @ 500MHz
- Μνήμη: 1GB DDR3
- Αποθηκευτικά μέσα:
 - MicroSD slot for up to 256GB
 - SATA interface
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11b/g/n WiFi (AP 6212), Bluetooth 4.0
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI 1.4 out με audio, TV out
 - 4-lane MIPI-DSI out
 - MIPI-CSI
 - 3.5mm audio jack με mic support
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 4x USB 2.0 host ports
 - Micro-USB 2.0 OTG port for power
 - 40-pin, RPi-compatible expansion header με GPIO, UART, I2C, SPI, PWM, I2S, etc.
- Λοιπά χαρακτηριστικά: 2x LEDs, reset, power, U-Boot buttons
- Τροφοδοσία: 5V/2A via micro-USB OTG
- Βάρος: 40 g
- Διαστάσεις: 85 x56mm
- Λειτουργικό σύστημα: Debian, Ubuntu, Raspbian Linux, Android

5. Banana Pi BPI-M2 Magic

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Banana Pi BPI-M2 Magic:

- Επεξεργαστής: Allwinner A33 (4x Cortex-A7), ARM Mali-400 MP2 GPU
- Μνήμη: 512MB DDR3
- Αποθηκευτικά μέσα:
 - MicroSD slot

- Optional 8GB 16GB, 32GB or 64GB eMMC
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11b/g/n και Bluetooth 4.0 BLE, antenna connector (AP 6212)
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - 4-lane MIPI-DSI out
 - MIPI-CSI in
 - 3.5mm audio jack
 - Onboard mic
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 2.0 host port
 - Micro-USB 2.0 OTG port for power
 - 40-pin, RPi-compatible header με 28x GPIO, including UART, I2C, SPI, PWM, etc.
- Λοιπά χαρακτηριστικά: 3x LEDs, reset, power buttons
- Τροφοδοσία: 5V/2A DC jack, 3.7V lithium battery support, AXP223 PMIC
- Βάρος: 40 g
- Διαστάσεις: 51 x 51mm
- Λειτουργικό σύστημα: Debian, Ubuntu, Raspbian image, Android

6. Banana Pi BPI-M2 Ultra

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Banana Pi M2 Ultra:

- Επεξεργαστής: Allwinner R40 (4x Cortex-A7), ARM Mali-400 MP2 GPU @ 500MHz
- Μνήμη: 2GB DDR3 733MHz (shared με GPU)
- Αποθηκευτικά μέσα:
 - MicroSD slot
 - 8GB eMMC, expandable to 16/32/64GB
 - SATA interface
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11b/g/n WiFi (AP 6212), Bluetooth 4.0
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI 1.4 out με audio, TV out
 - 4-lane MIPI-DSI out for connection to suitable LCDs
 - 3.5mm audio jack
 - Microphone
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 3x USB 2.0 host ports
 - Micro-USB 2.0 OTG port
 - Debug UART
 - 40-pin, RPi-compatible expansion header με GPIO, UART, I2C, SPI, PWM, I2S, etc.
- Λοιπά χαρακτηριστικά: LEDs, IR receiver, reset, power. U-Boot buttons,
- Τροφοδοσία: 5V DC port, 3.7V lithium battery support

- Βάρος: 45 g
- Διαστάσεις: 92 x 60mm
- Λειτουργικό σύστημα: Debian, Ubuntu, Raspbian Linux, Android

7. Banana Pi BPI-M2 Zero

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το BPI-M2 Zero:

- Επεξεργαστής: Allwinner H2+ (4x Cortex-A7 @ 1.2GHz), ARM Mali-400 MP2 GPU @600MHz
- Μνήμη: 512MB DDR3 SDRAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: MicroSD slot for up to 64GB
- Ασύρματη Επικοινωνία:
 - 802.11b/g/n plus Bluetooth 4.0 dual mode (Ampak AP6212)
 - Optional dual mode Broadcom AP6335 με 802.11ac και BT 4.0 ή Gigafu Tech AP6181 (2.4GHz WiFi και no BT, but low power consumption)
 - RF connector
- Έξοδος Οθόνης: Mini-HDMI port με audio for up to 1080p60
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - Micro-USB 2.0 OTG port (με power support)
 - MIPI-CSI for 5MP cam ή 1080p @30 video input
 - Debug UART/ground header με 3x GPIO
 - 40-pin RPi 3-compatible expansion connector
- Λοιπά χαρακτηριστικά: 2x LEDs, power και reset buttons
- Τροφοδοσία: 5V/2A via micro-USB
- Διαστάσεις: 60 x 30mm
- Βάρος: 35 g
- Λειτουργικό σύστημα: Android, Debian, Ubuntu, Raspbian image

8. Banana Pi BPI-M64

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Banana Pi BPI-M64:

- Επεξεργαστής: Allwinner A64 (4x Cortex-A53 cores @ 1.2GHz), ARM Mali400-MP2 GPU (2x @ 500MHz)
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 2GB DDR3 (733MHz) RAM
 - 8GB eMMC, expandable to 16GB, 32GB, or 64GB
 - MicroSD slot for up to 256GB
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI 1.4 port με audio for up to 4K x 2K (H.265 decode at 4K@30fps, also MPEG 1/2/4, H.263/264)
 - MIPI-DSI interface
 - MIPI-CSI interface for 8-bit YUV422 CMOS 5-megapixel (supports CCIR656 και 1080p@30fps capture)
 - 3.5mm audio jack
 - Onboard mic
- Ασύρματη Επικοινωνία: AP6212 module με 802.11b/g/n και Bluetooth 4.0 με εσωτερική κεραία
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port (Realtek RTL8211E/D)
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 3x USB 2.0 host ports
 - Micro-USB OTG port
 - Debug TTL UART
 - Raspberry Pi 2-compatible 40-pin expansion header με 28x GPIO (UART, I2C, SPI, PWM, I2S, etc.)
- Λοιπά χαρακτηριστικά: IR receiver, reset, power, U-Boot buttons, 2x LEDs, HW security for Trustzone, DRM, encrypt/decrypt, και secure boot/JTAG/effuse
- Τροφοδοσία: 5V/2A DC port, AXP 803 PMU, 3.7V Lithium battery support
- Βάρος: 45 g
- Διαστάσεις: 92 x 60mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 5.1/6.0, Debian, Ubuntu, Raspbian Linux και άλλα Λειτουργικά Συστήματα

9. Banana Pi BPI-W2

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Banana Pi BPI-W2:

- Επεξεργαστής: Realtek RTD1296 (4x Cortex-A53 @ up to 1.5GHz), Mali-T820 MP3 GPU
- Μνήμη: 2GB DDR4 RAM
- Αποθηκευτικά μέσα:
 - 8G eMMC flash, expandable to 16GB, 32GB, or 64GB
 - MicroSD slot for up to 256GB
 - 2x SATA III interfaces
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI 1.4 out port με audio
 - HDMI in port
 - Mini-DisplayPort
 - Audio out jack
 - Audio I/O header
- Δίκτυο: 2x GbE LAN ports, 1x GbE WAN port, RGMII interface με PIN
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 3.0 host port
 - 2x USB OTG ports
 - USB Type-C port
 - Fan interface
 - Debug UART
- Επεκτάσεις:
 - PCIe 2.0 slot (M.2 E-Key)
 - PCIe 1.1 με SDIO slot (M.2 E-Key)
 - M.2 interface
 - SIM card slot
 - 40-pin RPi 3 compatible expansion header
- Λοιπά χαρακτηριστικά: RTC battery support, IR interface, reset, power, U-Boot και LSADC keys
- Τροφοδοσία: 12V/2A DC input
- Βάρος: 100 g
- Διαστάσεις: 148 x 100.5mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 6.0, CentOS, Debian 9, Raspbian, Ubuntu 15.04, OpenWrt

10. BeagleBone Black, Rev C

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το BeagleBone Black:

- Επεξεργαστής: TI Sitara AM3359 (Cortex-A8 @1GHz)
- Μνήμη: 512MB DDR3 RAM (606MHz), 4GB onboard eMMC flash, microSD slot
- Δίκτυο: 10/100 Ethernet
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - Micro-HDMI
 - USB 2.0 host
 - Mini-USB 2.0 client
 - 20-pin CTI JTAG interface (optional)
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης:
 - 3x serial
 - McASP0, SPI1, I2C
 - 65x GPIO
 - CAN
 - LCD
 - GPMC, MMC1, MMC2
 - EHRPWM
 - 7x AIN (1.8V max.)
 - 4x timers, XDMA interrupt
- Λοιπά χαρακτηριστικά: reset, boot, power buttons
- Τροφοδοσία:
 - Mini-USB, DC jack, or 5VDC external (via header) source
 - PMIC regulator
 - Approximately 2.3 Watts max power consumption
- Διαστάσεις: 86 x 53mm (3.4 x 2.1 inches)
- Βάρος: 39.7 g (1.4 oz)
- Λειτουργικό σύστημα: Debian, Android, Ubuntu, Cloud9 IDE on Node.js w/ BoneScript library και άλλα Λειτουργικά Συστήματα

11. BeagleBone Blue

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το BeagleBone Blue:

- Επεξεργαστής: Octavo OSD3358 SiP με TI Sitara AM3358 @ 1GHz με 2x 32-bit 200MHz PRU MCUs
- Μνήμη / Αποθηκευτικές δυνατότητες: 512MB DDR3 RAM (on SiP), 4GB eMMC flash, microSD slot
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11bgn (2.4GHz) και Bluetooth 4.1 BLE via TI WiLink 1835, ext. antennas, GPS και DSM2 radio interfaces
- Έξοδος Οθόνης:
 - 8x 6V servo out (4A reg.)
 - 4x DC motor out (4A reg.)
 - 4x quad encoder inputs
- Αισθητήρες: 9 axis IMU, barometer

- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - Micro-USB 2.0 client port με power support
 - USB 2.0 host port
 - 6x UARTs
 - 8x GPIOs
 - 2x SPI
 - 4x ADC
 - CAN, I2C
- Λοιπά χαρακτηριστικά: Power, reset, boot, και 2x user buttons, 11x configurable LEDs, power και charger LEDs, JTAG
- Τροφοδοσία: 2-cell (2S) LiPo battery JST-XH connector με balancing, 9-18V DC jack, micro-USB
- Λειτουργικό σύστημα: Debian με real-time kernel, optional Ubuntu Core, supports ROS, ArduPilot, Cloud9 IDE on NodeJS

12. Bubblegum-96

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Bubblegum-96:

- Επεξεργαστής: Actions Semiconductor Actions S900 (4x Cortex-A53, 28nm cores @ up to 1.8GHz), PowerVR G6230 GPU @ 600MHz
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 2GB LPDDR3 DRAM (800MHz)
 - 8GB eMMC
 - MicroSD 3.0 slot
- Δυνατότητες απεικόνισης:
 - HDMI 1.4 (type A/C) με HDCP
 - Up to 4K Ultra HD MHL 2.1 decoding, 1080p@60fps H.264 encoding
 - RGB/LVDS/MIPI-DSI/eDP via 60-pin και onboard connectors @ up to 1920 x 1080
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11b/g/n WiFi, Bluetooth 4.0
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 3.0 port
 - USB 2.0 port
 - Micro-USB 2.0 port
 - JTAG interface
 - 40-pin low-speed connector (+1.8V, +5V, SYS_DCIN, GND, UART, I2C, SPI, PCM, 12x GPIO)
 - 60-pin high-speed connector (SDIO, MIPI-DSI, MIPI-CSI, I2C, USB 2.0)
- Λοιπά χαρακτηριστικά: On/off και reset buttons
- Τροφοδοσία: 12V@2A με ATC2609 PMU
- Διαστάσεις: 85 x 54mm, 96Boards standard CE
- Λειτουργικό σύστημα: Android 5.1 Lollipop, Debian Linux, Remix OS 2.0, Phoenix OS

13. CloudBit

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το CloudBit:

- Επεξεργαστής: Freescale i.MX233 (1x ARM926EJ-S core @ 454MHz)
- Μνήμη: 64MB of RAM, microSD slot με 4GB SD card (includes Arch Linux distro)
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11b/g (via USB)
- Είσοδος / Έξοδος (Standard I/O):
 - USB port (for power)
 - 2x BitSnap connectors for LittleBits connectivity, including ADC/DAC και GPIO signals
 - Serial console UART (3.3V, 8-N-1, 115,200 baud) on bottom of board
- Λοιπά χαρακτηριστικά: LED, setup button, optional Cloud Starter Bundle that adds button, sound trigger, long LED, servo, mounting, και power modules
- Τροφοδοσία: via USB (power module, wall adapter, και cable included)
- Βάρος: 0.34 lbs (0.154 kg)
- Διαστάσεις: 15 x 10 x 5mm
- Λειτουργικό σύστημα: Arch Linux

14. CubieAIO-A20

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το CubieAIO-A20 SBC και AIO mini-PC:

- Επεξεργαστής: Allwinner A20 (2x Cortex-A7 @ up to 1.08GHz), Mali-400 MP2 GPU
- Μνήμη: 1GB DDR3 480MHz, 8GB eMMC (optional 8GB TSD), flash expandable to 32GB για eMMC ή 64GB για TSD
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: MicroSD slot, SATA 2.0 mSATA interface (via mini-PCIe)
- Ασύρματη Επικοινωνία:
 - 802.11a/b/g/n και Bluetooth 4.0 (via Ampak AP6210 module και Einstein-A20 COM)
 - SIM card slot
 - Optional 3G or 4G wireless module via mini-PCIe
 - Ext. antenna mount for optional telescopic antenna
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI 1.4 port με audio for up to 1080p
 - LCD/RGB interface
 - LVDS interface
 - 7-inch, 1024 x 600 capacitive touchscreen (AIO model)
 - 3.5mm headphone/mic jack
 - Onboard mic
 - 2W speaker
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):

- 6x USB 2.0 host ports
- USB Device Type-B port
- 2x UART DIN sockets με optional extension interface (supports 6x serial ports)
- UART header με optional AMIDIjack terminal interface
- 54-pin GPIO header — UART, LineIN, MicIn, PWM, low-res ADC, SPI, I2C, LCD, GPIO, CCIR656, MIPI_CSI, I2S...
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης: 2x mini-PCIe slots (1x for mSATA, 1x for optional 3G ή 4G module)
- Λοιπά χαρακτηριστικά: IR receiver, power, Uboot, και reset keys, 2x LEDs, buzzer, fan switch, case (AIO model), RTC (via Einstein-A20 COM)
- Τροφοδοσία: 5V input, optional 3.7V battery, optional 5V@4A adapter
- Θερμοκρασία λειτουργίας: -20 έως 70°C, optional environmental protection packaging (on AIO)
- Διαστάσεις: SBC version 172 x 106 x 20mm, AIO version 175 x 108 x 30mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 4.2, Debian, Linaro Ubuntu και άλλα Λειτουργικά Συστήματα

15. CubieBoard4

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Cubieboard4 (CC-A80):

- Επεξεργαστής: Allwinner A80 (4x Cortex-A15 cores @ up to 2GHz, και 4x Cortex-A7 cores @ up to 1.3GHz), Imagination's 64-core PowerVR G6230 GPU
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 2GB (optionally 1GB) DDR3-800 RAM
 - 8GB eMMC 4.5 flash, expandable to 64GB
 - MicroSD slot
- Έξοδος Οθόνης: HDMI 1.4 port, VGA port
- Ασύρματη Επικοινωνία: Dual-band (2.4GHz/5.8GHz) WiFi με ext. antenna, Bluetooth 4.0+EDR
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 3.0 OTG port με power-input support
 - 4x USB 2.0 host ports
 - 2x 3.5mm audio I/O jacks
 - SPDIF interface
 - JTAG interface
 - 54x pin expansion connector με 2.0mm pitch for I2S, I2C, SPI, 2x UART, CVBS, 2x LRADC, UART, PS2, 2x PWM, TS/CSI, IRDA, Line-in, Mic-in, FM-in, TV-in
- Λοιπά χαρακτηριστικά: IR receiver, RTC, 4x LEDs, power, reset, και U-Boot keys
- Τροφοδοσία: 5V@4A DC in, supports USB 3.0 power και 3.7V Li-Po battery, PMIC
- Θερμοκρασία λειτουργίας: -20 to 70°C

- Βάρος: 590 g
- Διαστάσεις: 111 x 111 x 18mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 4.4, Debian (headless), Ubuntu, Linaro

16. DragonBoard 820c

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το DragonBoard 820c:

- Επεξεργαστής: Qualcomm Snapdragon 820E:
 - 4x 14nm Kryo cores clocked at up to 2.35GHz
 - Adreno 530 GPU @ up to 653MHz με OpenGL ES 3.1 + AEP, OpenCL2.0 Full1, Vulkan, Renderscript, 64-bit virtual addressing
 - Hexagon 680 DSP με Hexagon vector eXtentions και Low Power Island for sensor processing — Miracast 2.0 streaming HEVC 10-bit και VP9 decode Direct Stream Video for Wireless Display, 3:1 Frame Buffer Compression ratio
 - Dual 14-bit Spectra ISP for 28MP και 13MP cams at up to 600MHz
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 3GB LPDDR4-1866 RAM in PoP format
 - 32GB UFS 2.0
 - MicroSD 3.0 slot (UHS-I)
- Οθόνη / Κάμερα:
 - HDMI 2.0 port for up to 4k@60 (supports audio)
 - MIPI-DSI και CSI via expansion connectors
- Ασύρματη Επικοινωνία:
 - 802.11b/g/n/ac 2x2 dual-band WiFi (QCA6174A)
 - Bluetooth 4.2 (QCA6174A)
 - Qualcomm WGR7640 GNSS RF receiver (GPS, GLONASS, Beidou, Galileo, QZSS, SBAS)
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 2x USB 3.0 host ports
 - Micro-USB 2.0 OTG port
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης:
 - 40-pin low-speed connector (UART x2, SPI, I2S, I2C x2, GPIO x12, DC)
 - 60-pin high-speed connector (4L-MIPI DSI, USB, I2C x2, 2L+4L-MIPI CSI)
 - Second 60-pin high-speed connector (4L-MIPI DSI, SSC serial busses, TSIF — connection available only in hardware)
 - 2x analog audio connector (headset, speaker via sound-wire interface, microphones, line-outs) με PCM/AAC+/MP3/WMA, ECNS, Audio+ post-processing (optional)
 - Mini-PCIe slot
- Λοιπά χαρακτηριστικά: 6-axis IMU με accelerometer και gyroscope, 3-axis magnetometer, power/reset και volume controls, 12x LEDs (4x user)
- Τροφοδοσία: 6.5V to 18V input

- Διαστάσεις: 100 x 85mm (96Boards CE Extended)
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 0 to 40°C
- Λειτουργικό σύστημα: Debian Linux

17. Firefly-RK3288 Reload

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Firefly-RK3288 Reload:

- Επεξεργαστής: Rockchip RK3288 (4x Cortex-A17 cores @ 1.8GHz), Mali-T760 GPU
- Μνήμη:
 - 2GB DDR3 RAM
 - 16GB eMMC flash
 - MicroSD slot
 - SATA 2.0 slot
- Δυνατότητες απεικόνισης:
 - 2x HDMI out με audio (2.0 for 4K@60Hz και 1.4 for 1080p@60Hz)
 - HDMI input (με PIP και video record support)
 - MIPI-DSI
 - eDP
 - 2x LVDS
- Κάμερα:
 - MIPI-CSI (up to 13MP)
 - DVP (up to 5MP)
- Ήχος:
 - 3.5mm analog audio I/O jack
 - SPDIF output
 - Mic input
 - I2S audio I/O
 - 2x HDMI (see Display above)
- Ασύρματη Επικοινωνία:
 - 802.11b/g/n/ac (Broadcom AP6335)
 - Bluetooth 4.0 με BLE (Broadcom AP6335)
 - IR receiver module με self-defined IR remote
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 3x USB 2.0 host ports
 - Micro-USB 2.0 με OTG
 - Serial console debug
 - 184-pin expansion header (MIPI, 2x LVDS, eDP, PWM, SPI, UART, ADC, I2C, I2S, GPIO)
- Λοιπά χαρακτηριστικά: Power, reset, recover buttons
- Τροφοδοσία: 12V, 1.5A (via DC jack)
- Βάρος: 176 g
- Διαστάσεις: 178 x 117mm (82 x 60mm for integrated COM)
- Λειτουργικό σύστημα: Android 5.1, Ubuntu 14.04

18. Firefly-RK3399

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Firefly-RK3399:

- Επεξεργαστής: Rockchip RK3399 (2x Cortex-A72 cores @ up to 2.0GHz, 4x Cortex-A53 cores at up to 1.42GHz), 28nm fab, Mali-T860 GPU
- Μνήμη:
 - 2GB or 4GB (Plus kit) DDR3 RAM
 - 16GB or 32GB (Plus kit) eMMC flash
 - MicroSD slot
 - M.2 B-key slot (PCIe 2.1-based) με SSD και I/O (2x PCIe, SATA, USB 2.0 και 3.0, HSIC, SSIC, audio, UIM, I2C)
- Δυνατότητες απεικόνισης:
 - HDMI 2.0 port με audio for up to 4K@60Hz
 - DisplayPort 1.2 με audio for up to 4K@60Hz
 - MIPI-DSI at up to 2560×1600@60fps
 - eDP 1.3 (4-lane)
- Κάμερα:
 - 2x MIPI-CSI (up to 13MP)
 - DVP (up to 5MP)
- Ήχος:
 - 3.5mm analog audio I/O jack
 - SPDIF output
 - Mic input
 - Speaker με 1.5W per channel
 - I2S audio I/O
 - HDMI και DP (see Display above)
- Ασύρματη Επικοινωνία:
 - 802.11b/g/n/ac 2.4GHz/5GHz dual-band 2×2 MIMO (Broadcom AP6354)
 - Bluetooth 4.1 με BLE (Broadcom AP6354)
 - SIM card slot
 - IR receiver module με self-defined IR remote
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port (Realtek RTL8211E)
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 2x USB 3.0 host ports (1x Type-C, 1x standard)
 - 4x USB 2.0 host (2x ports, 2x interfaces)
 - Serial console debug
 - 42-pin expansion header (SPI/UART, 2x ADC, 2x I2C, I2S, 2x GPIO, line-out, speaker)
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης: Mini-PCIe slot for optional LTE module
- Λοιπά χαρακτηριστικά: Power, reset, recover buttons, RTC με battery support, LEDs
- Τροφοδοσία: 12V, 2A (via DC jack)
- Βάρος: 89 g (με fan: 120g)

- Διαστάσεις: 124 x 93mm
- Λειτουργικό σύστημα: Dual-boot Android 6.0.1 και Ubuntu 14.04 με U-boot

19. Firefly-ROC-RK3328-CC (Renegade)

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Renegade:

- Επεξεργαστής: Rockchip RK3328 (4x Cortex-A53 cores @ up to 1.5GHz), Mali-450 MP2 GPU
- Μνήμη: 1GB, 2GB or 4GB DDR4 RAM
- Αποθηκευτικά μέσα:
 - MicroSD slot
 - eMMC 5.x interface
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI 2.0 port
 - 3.5mm TRRS AV jack
- Δίκτυο: 10/100/1000 Ethernet
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 2x USB 2.0 host ports
 - USB 3.0 host port
 - Micro-USB port με power support
 - IR Receiver
 - UART header
 - ADC headers
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης: 40-pin RPi 3 Model B style header (PWM, I2C, SPI, GPIO)
- Τροφοδοσία: 5V 2.5A DC via Micro-USB
- Λοιπά χαρακτηριστικά: U-Boot button
- Λειτουργικό σύστημα: Ubuntu 16.04 με Rockchip's Linux 4.4 Kernel, Mainline Linux 4.14 LTS Kernel, Android 7.1 Nougat

20. HiKey

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το 96Boards CE:

- Επεξεργαστής: ARM Cortex-A (placement options include top or bottom of SBC)
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 512MB (1GB strongly recommended for Android)
 - MicroSD slot for up to 64GB
 - 8MB bootable flash (required if no bootable microSD card available)
- Οθόνη:

- HDMI με audio (full-sized or micro)
- MHL (HDMI) με audio (via micro-USB)
- DisplayPort με audio (via USB Type C)
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11g/n, Bluetooth 4.0 LE (BLE)
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O): (all με specified locations):
 - 2x USB host ports (USB 2.0 or 3.0, Type A or C)
 - Micro-USB client or OTG for PC connection (USB 2.0 or 3.0, Type AB/B for power, Type C for no power)
 - 40-pin low-speed GPIO expansion connection (female header) for maker/community use με required serial UART και I2S/PCM (audio) και optional I2C, SD/SPI, 2x20, 2mm pitch
 - 60-pin high-speed connection (female module header) for advanced maker/OEM use με USB και MIPI-DSI (both required), or optional MIPI CSI-2, MIPI-HSIC, etc., 2x30, 0.8mm pitch
- Τροφοδοσία:
 - 8V to 18V supply from DC jack, SYS-DCIN port on low-speed connector, or USB 3.1 Type C (5V)
 - No simultaneous power supported
 - Current sense resistor required for power consumption measurement
 - Power και reset buttons required
 - Optional onboard battery power/charging support
 - Power to external devices (minimums required):
 - 7W to mezzanine via SYS-DCIN (με DC jack only)
 - 5W to mezzanine via regulated +5V
 - 5W to ext. USB device via host ports
 - 0.18W to mezzanine via regulated +1.8V
- Λοιπά χαρακτηριστικά: 6x LEDs required (WiFi, BT, και 4x user)
- Διαστάσεις: 85 x 54 x 12mm (standard) or 85 x 100 x 12mm (extended)
- Λειτουργικό σύστημα: Open source Linux or Android (builds initially available for Debian 8.0 και Android, Ubuntu, Fedora, Red Hat και OpenEmbedded/Yocto)

21. HummingBoard-Gate

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το HummingBoard-Gate:

- Επεξεργαστής: Freescale i.MX6 (1x, 2x, or 4x Cortex-A9 cores @ up to 1.2GHz)
- Μνήμη: Up to 4GB DDR3 RAM
- Αποθηκευτικά μέσα: MicroSD slot με optional blank 8GB card
- Ασύρματη Επικοινωνία: Optional WiFi/Bluetooth module
- Δίκτυο:- Gigabit Ethernet port, limited to 470Mbps bandwidth “due to internal chip buses”
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI out
 - MIPI-DSI

- MIPI-CSI-4
- Parallel camera
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O): και Επεκτάσεις:
 - 4x USB 2.0 ports
 - 36x GPIO header
 - mikroBUS expansion socket με 150x optional add-ons
 - Mini-PCIe slot με SIM card holder
- Λοιπά χαρακτηριστικά: Reset button, optional metal enclosure
- Τροφοδοσία: 7-36V, 5.5mm “in”
- Διαστάσεις: 102 x 69mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android KitKat, Debian, GeexBox XBMC, OpenElec (Kodi) Linux, Arch Linux, Fedora, OpenSUSE και άλλα Λειτουργικά Συστήματα

22. Khadas Vim Pro

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Khadas Vim:

- Επεξεργαστής: Amlogic S905X (4x 64-bit Cortex-A53 cores @ up to 1.5GHz) με penta-core Mali-450 MP2 GPU (3x fragment/pixel cores plus 2x vertex shader cores) @ 750MHz
- Μνήμη:
 - 2GB DDR3 RAM
 - 8GB ή 16GB eMMC 5.0
 - MicroSD (TF) slot for up to 64GB
- Ασύρματη Επικοινωνία: Broadcom (AP6212/802.11n or AP6255/802.11ac on Pro) WiFi με Bluetooth 4.2
- Δίκτυο: 10/100 Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 2x USB 2.0 host ports (1x 500mA, 1x 900Ma)
 - USB 2.0 OTG Type-C με 5V power input
 - HDMI 2.0a με 4K decoding (H.265/VP9 @60fps, 10-bit) και HDR (10 και HLG)
 - 40-pin GPIO expansion (2x USB, 2x UART, 2x I2C, ADC, SPDIF, PWM, GPIOs)
- Λοιπά χαρακτηριστικά: RTC με battery support, LEDs, IR receiver, 3x user buttons, transparent case
- Τροφοδοσία: 5V input και USB 2.0 Type C port με 5V input
- Διαστάσεις: 82 x 57.5mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 6.0, Ubuntu 16.04, Buildroot, OpenELEC/LibreELEC 7.0+

23. Khadas Vim2

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Khadas Vim2:

- Επεξεργαστής: Amlogic S912 (4x 64-bit Cortex-A53 cores @ up to 1.5GHz) με Mali-T820 MP3GPU (@ 750MHz, programmable 8-bit STM8S003 MCU for EEPROM)

- Μνήμη:
 - 2GB (Basic) or 3GB (Pro/Max) DDR4 RAM
 - 16GB (Basic), 32GB (Pro) or 64GB (Max) eMMC 5.0
 - 2MB 16Mbit SPI
 - MicroSD (TF) Molex slot
- Ασύρματη Επικοινωνία:
 - Basic – Ampak AP6356S module με 802.11ac 2x2 MIMO και Bluetooth 4.1, IPEX antenna connector
 - Pro και Max — Ampak AP6359SA module με 802.11ac 2x2 MIMO RSDB και Bluetooth 4.2, IPEX antenna connector
- Δίκτυο: 10/100/1000 Ethernet port με WoL
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 2x USB 2.0 host ports (1x 500mA, 1x 900Ma)
 - USB 2.0 OTG Type-C με 5V power input
 - HDMI 2.0a με 4K decoding (H.265/VP9 @60fps, 10-bit) και HDR (10 και HLG)
 - 40-pin GPIO expansion (USB, I2C, I2S, SPDIF, UART, PWM, ADC, ISO7816, GPIOs)
 - 10-pin FPC connector με I2C, GPIO, etc.
 - Pogo Pads array for USB, I2C, DVB-Bus, GPIO
 - Pogo Pads (7x) for MCU (SWIM, UART, ADC, NRST)
 - Fan header
- Λοιπά χαρακτηριστικά: RTC με battery support, LEDs, dual-channel IR receiver, 3x user buttons, 4x mounting holes, transparent case, optional VTV extension DTV board for STB application
- Τροφοδοσία: 5-9V input και USB 2.0 Type C port με 5V input, Pogo Pads for 4-pin VIN system power input, current limit switch
- Διαστάσεις: 82 x 57.5mm
- Βάρος: 0.07 k
- Λειτουργικό σύστημα: Android 7.1, Ubuntu 16.04 και later, Buildroot, Docker support

24. LinkSprite Acadia V3

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το pcDuino Acadia 1:

- Επεξεργαστής: Freescale i.MX6 Quad (4x Cortex-A9 cores @ up to 1.2GHz), Vivante GC2000 με OpenGL/ES 2.x, OpenCL EP, και OpenVG 1.1 acceleration
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 1GB DRAM
 - 8GB eMMC flash
 - 2x microSD slots for up to 128GB
 - SATA host socket
- Έξοδος Οθόνης / Κάμερα:
 - HDMI 1.4 out με HDCP support
 - LVDS interface
 - MIPI camera interface

- CSI camera interface
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 2x USB host ports
 - 1x USB OTG port
 - 3.5mm audio jack
 - IR receiver
 - Arduino Uno compatible socket:
 - 14x GPIO
 - 2x PWM
 - 6x ADC
 - 1x each UART, SPI, I2C
- Τροφοδοσία: 5V, 2000mA, Li-Poly Battery Interface
- Διαστάσεις: 120 x 65mm (4.72 x 2.56 in.)
- Λειτουργικό σύστημα: Ubuntu Linux 12.04, Android 4.4

25. LinkSprite Arches

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Cubieboard4 (CC-A80):

- Επεξεργαστής: Allwinner A80 (4x Cortex-A15 cores @ up to 2GHz, και 4x Cortex-A7 cores @ up to 1.3GHz), Imagination's 64-core PowerVR G6230 GPU
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 2GB (optionally 1GB) DDR3-800 RAM
 - 8GB eMMC 4.5 flash, expandable to 64GB
 - MicroSD slot
- Έξοδος Οθόνης: HDMI 1.4 port, VGA port
- Ασύρματη Επικοινωνία: Dual-band (2.4GHz/5.8GHz) WiFi με ext. antenna, Bluetooth 4.0+EDR
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 3.0 OTG port με power-input support
 - 4x USB 2.0 host ports
 - 2x 3.5mm audio I/O jacks
 - SPDIF interface
 - JTAG interface
 - 54x pin expansion connector με 2.0mm pitch for I2S, I2C, SPI, 2x UART, CVBS, 2x LRADC, UART, PS2, 2x PWM, TS/CSI, IRDA, Line-in, Mic-in, FM-in, TV-in
- Λοιπά χαρακτηριστικά: IR receiver, RTC, 4x LEDs, power, reset, και U-Boot keys
- Τροφοδοσία: 5V@4A DC in, supports USB 3.0 power και 3.7V Li-Po battery, PMIC
- Θερμοκρασία λειτουργίας: -20 to 70°C
- Βάρος: 590 g
- Διαστάσεις: 111 x 111 x 18mm

- Λειτουργικό σύστημα: Android 4.4, Debian (headless), Ubuntu, Linaro

26. MediaTek X20 Development Board

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το MediaTek X20 Development Board:

- Επεξεργαστής: MediaTek Helio X20 (4x Cortex-A53 @ 1.4GHz, 4x Cortex-A53 @ 1.95GHz, 2x Cortex-A72 cores @ 2.5GHz), ARM Mali-T880 GPU
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 2GB LPDDR3 RAM
 - 8GB eMMC 5.1
 - MicroSD slot
- Έξοδος Οθόνης: HDMI port for up to 1080p @ 30Hz
- Ασύρματη Επικοινωνία:
 - 802.11a/b/g/n 2.4GHz & 5GHz
 - Bluetooth 4.1
 - GPS
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 2x USB 2.0 host ports
 - Micro-USB 2.0 device port
 - 40-pin low-speed expansion connector (UART, 2x I2C, SPI, 12x GPIO, DC power)
 - 60-pin high-speed expansion connector (4-lane MIPI-DSI, 2-lane + 4-lane MIPI-CSI, 2x I2C, USB)
 - 16-pin analog connector for audio και other analog
- Διαστάσεις: 85 x 54mm (96Boards Consumer Edition form-factor)
- Λειτουργικό σύστημα: Android Marshmallow 6.0

27. MinnowBoard Turbot Dual-Core / Dual-Ethernet Dual-Core

These specifications are supported by the MinnowBoard Turbot:

- Επεξεργαστής: Atom E3826 (Bay Trail-I) με Intel HD Graphics (2x cores, @ 1.46GHz, 7W TDP)
- Μνήμη: 2GB DDR3L 1333MT/s
- Αποθηκευτικά μέσα: 8MB SPI boot flash (for TianoCore UEFI, Coreboot, SeaBIOS, etc.)
- Είσοδος / Έξοδος (Standard I/O):
 - MicroSD slot
 - Micro-HDMI port
 - Gigabit Ethernet port (RJ45)
 - Dual USB ports — 1x USB 3.0 host, 1x USB 2.0 host
 - 1x SATA 3Gb/sec port
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης:
 - 26-pin low-speed connector (LSE) — SPI, I2C, I2S audio, 2x UARTs (TTL-level), 8x GPIO (2x supporting PWM), +5V, GND

- 60-pin high-speed connector (HSE) — 1x PCIe Gen 2.0 lane, 1x SATA 3Gb/sec, 1x USB 2.0 host, I2C, GPIO, JTAG, +5V, GND
- Λοιπά χαρακτηριστικά: serial debug port (header), firmware flash port (header), heatsink, ACPI 5.0 support
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 0 to 70°C
- Τροφοδοσία:
 - 5VDC input via coaxial jack
 - 5VDC output via 2-pin header
- Διαστάσεις: 99 x 74mm (3.9 x 2.9 in.)
- Πιστοποιήσεις: FCC Part 15 Class B, CE Class B, IEC-60950, RoHS/WEEE
- Λειτουργικό σύστημα: Debian GNU/Linux, Yocto Project Linux, Ubuntu, Android 4.4, Windows 10

28. MinnowBoard Turbot Quad-Core / Dual-Ethernet Quad-Core

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το MinnowBoard Turbot Quad:

- Επεξεργαστής: Atom E3845 (Bay Trail-I) με 4x cores @ 1.91GHz, Intel HD Graphics, 10W TDP
- Μνήμη: 2GB DDR3L-1067, 8MB SPI boot flash for TianoCore UEFI, Coreboot, SeaBIOS
- Αποθηκευτικά μέσα:
 - MicroSD slot
 - SATA II (3Gbps)
- Έξοδος Οθόνης: micro-HDMI port
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port (Intel I210)
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 3.0 host port
 - USB 2.0 host port
 - Serial console via FTDI cable
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης:
 - 26-pin low-speed connector (LSE) — SPI, I2C, I2S audio, 2x UART (TTL-level), 8x GPIO (2x supporting PWM), +5V, GND
 - 60-pin high-speed connector (HSE) — 1x PCIe Gen 2.0 lane, 1x SATA 3Gbps, 1x USB 2.0 host, I2C, GPIO, JTAG, +5V, GND
- Θερμοκρασία λειτουργίας: TBD
- Τροφοδοσία: 5VDC input via coaxial jack (threaded locking connector), 5VDC output via 2-pin header
- Διαστάσεις: 99 x 74mm (3.9 x 2.9 in.)
- Λειτουργικό σύστημα: Debian GNU/Linux, Ubuntu, Yocto Project, Android 4.4, Brillo, Windows 8.1/10

29. MYS-6ULX SBC

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το MYS-6ULX (MYS-6ULX-IND και MYS-6ULX-IOT):

- Επεξεργαστής: NXP i.MX6 UL (MYS-6ULX-IND με MCIMX6G2CVM05AA SoC model) (ή) i.MX6 ULL (MYS-6ULX-IOT με MCIMX6Y2DVM05AA) 1x Cortex-A7 @ up to 696MHz ή 528MHz
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 256MB DDR3, expandable to 2GB
 - 256MB NAND, expandable to 512MB or 1GB
 - MicroSD slot
 - Reserved 4GB onboard eMMC
- Ασύρματη Επικοινωνία: USB-based 2.4GHz 802.11b/g/n με antenna (MYS-6ULX-IOT only)
- Δίκτυο: 10/100 Ethernet port
- Δυνατότητες απεικόνισης:
 - 24-bit RGB LCD interface με touch support
 - Optional 4.3- (resistive) και 7-inch (resistive or capacitive) touchscreens
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 2.0 host port
 - Micro-USB 2.0 OTG port
 - Debug connector
 - 2x 20-pin expansion headers — (1x Ethernet, 8x UARTs, 4x I2C, 2x CAN, 4x SPI, 8x ADC, 4x PWM, 2x I2S, 1x 8-bit camera, 1x JTAG, up to 46x GPIOs)
- Λοιπά χαρακτηριστικά: 3x LEDs (2x user), reset και user buttons, optional MYB-6ULX baseboard
- Τροφοδοσία: 5V DC input
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 0 to 70°C (MYS-6ULX-IOT), -40 to 85°C (MYS-6ULX-IND)
- Διαστάσεις: 70 x 55mm
- Λειτουργικό σύστημα: Linux 4.1.15 (Debian με Alexa demo or Yocto Project με ported Qt)

30. NanoPC-T3 Plus

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το NanoPC-T3 Plus:

- Επεξεργαστής: Samsung S5P6818 (8x 28nm Cortex-A53 cores @ 400MHz to 1.46GHz, Mali-400MP GPU)
- Μνήμη:
 - 2GB DDR3 RAM
 - 16GB eMMC
 - Micro-SD slot for up to 128GB
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI 1.4A port for up to 1080p

- RGB LCD
- MIPI-DSI
- LVDS
- MIPI-CSI camera
- DVP camera
- 3.5mm headphone jack και mic interface
- Ασύρματη Επικοινωνία:
 - 802.11b/g/n
 - Bluetooth 4.0 dual mode
 - Porcelain IPX antenna
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port (RTL8211E)
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 4x USB 2.0 (3x ports, 1x header shared με I2S)
 - Micro-USB 2.0 client port
 - 30-pin GPIO header
 - Serial debug header
- Λοιπά χαρακτηριστικά: RTC, boot selection button, LEDs, heatsink με mounting holes, optional metal case
- Τροφοδοσία: DC/5V/2A, PMIC (Cortex-M0) reset και power keys
- Διαστάσεις: 100 x 64 x 11.8mm, 6-layer PCB
- Θερμοκρασία λειτουργίας: -40 to 80°C
- Λειτουργικό σύστημα: Android, Debian, FriendlyCore (based on UbuntuCore 16.04 με Qt-5.9 και OpenGL ES1.1/2.0)

31. NanoPC-T4

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το NanoPC-T4:

- Επεξεργαστής: Rockchip RK3399 (2x Cortex-A72 at up to 2.0GHz, 4x Cortex-A53 @ up to 1.5GHz), Mali-T864 GPU
- Μνήμη:
 - 4GB LPDDR3 RAM (dual-channel)
 - 16GB eMMC 5.1 flash
 - MicroSD slot
 - Optional NVME SSD via M.2 M-Key (see expansion section below)
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI 2.0a port (με audio και HDCP 1.4/2.2) for up to 4K at 60Hz
 - DisplayPort 1.2 (via USB Type-C)
 - MIPI-DSI (4-lane)
 - eDP 1.3
 - 2x, 4-lane MIPI-CSI (up to 13MP) με dual ISP support
 - 3.5mm analog audio I/O jack
- Ασύρματη Επικοινωνία:
 - 802.11b/g/n/ac 2.4GHz/5GHz dual-band
 - Bluetooth 4.1 dual mode
 - Dual antennas
 - IR receiver
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 3.0 host port
 - USB 3.0 Type-C port (can be used for DP)
 - 2x USB 2.0 host ports
 - Serial debug UART
 - 3x ADC (1.8V)
 - 12V cooling fan interface με PWM
- Επεκτάσεις:
 - 40-pin RPi compatible expansion header
 - M.2 M-Key slot με PCIe 2.1, dual operation mode, και M3 PCB nut for mounting M.2 2280
- Λοιπά χαρακτηριστικά: RTC, power, reset, recovery, boot buttons, LEDs, heatsink, acrylic case
- Τροφοδοσία: 12V/2A DC input jack και adapter, PMIC
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 0 to 80°C
- Βάρος: 63 gm
- Διαστάσεις: 100 x 64mm, 10-layer PCB
- Λειτουργικό σύστημα: Android 7.1.2, Ubuntu Desktop 16.04

32. NanoPi A64

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το NanoPi A64:

- Επεξεργαστής: Allwinner A64 (4x Cortex-A53 cores @ 648MHz to 1.152GHz με DVFS), ARM Mali400-MP2 GPU με OpenGL ES2.0, OpenVG1.1 support
- Μνήμη: 1GB DDR3 RAM, microSD slot
- Οθόνη / Κάμερα:
 - HDMI 1.4 out port
 - MIPI-DSI
 - DVP camera
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11b/g/n
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port (RTL8211E)
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 2x USB 2.0 host ports
 - Micro-USB port (power input only) με conversion cable
 - Audio out/mic jack
 - Serial debug
 - I2S
 - 40-pin Raspberry Pi compatible με UART, SPI, I2C, PWM, I/O etc
- Λοιπά χαρακτηριστικά: 2x LEDs, IR receiver
- Διαστάσεις: 64 x 60mm
- Τροφοδοσία: DC 5V/2A via micro-USB, PMU (AXP803) με software power-off, power button
- Λειτουργικό σύστημα: Ubuntu Core με Qt Embedded, Ubuntu MATE

33. NanoPi Duo

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το NanoPi Duo:

- Επεξεργαστής: Allwinner H2+ (4x Cortex-A7 @ 1.2GHz), ARM Mali-400 MP2 GPU @600MHz
- Μνήμη: 256MB or 512MB DDR3 SDRAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: MicroSD slot
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11b/g/n (Allwinner XR819 module) με εσωτερική κεραία
- Δίκτυο: 10/100 Ethernet header
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - Micro-USB OTG port με power input
 - 2x USB host pins
 - Audio I/O header
 - CVBS video out header
 - Debug serial port

- 32-pin dual-in-line interface via 2x 16-pin headers (UART, SPI, I2C, audio, Ethernet, IO, etc.)
- Επέκταση: Optional carrier με 10/100 Ethernet port, 4x USB 2.0 ports, micro-USB port, half-size mSATA interface, audio port, GPIO header
- Προαιρετικές Επεκτάσεις: Heat sink, 8GB microSD card, converter cables, TTL to RS232 module, 2-megapixel USB camera
- Τροφοδοσία: 5V/2A DC via micro-USB OTG
- Θερμοκρασία λειτουργίας: -40 to 80°C
- Διαστάσεις: 50 x 25.4mm
- Βάρος: 7.76 g με pin headers
- Λειτουργικό σύστημα: Ubuntu 16.04 LTS Xenial με Ubuntu Core με Qt Embedded image, Linux kernel 4.11.2 mainline, U-Boot

34. NanoPi K1 Plus

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το NanoPi K1 Plus:

- Επεξεργαστής: Allwinner H5 (4x 64-bit Cortex-A53 cores @ 400MHz to 1.4GHz) με Mali-450 GPU
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 2GB DDR3 RAM
 - MicroSD slot for up to 128GB (bootable)
 - eMMC socket
- Ασύρματη Επικοινωνία: 2.4GHz 802.11b/g/n, PCB antenna
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port (Realtek RTL8211E)
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI 1.4 port (4K@30fps video και audio)
 - DVP camera 24-pin header
 - 3.5mm audio jack με CVBS output
 - Onboard mic
 - I2S/PCM via 7-pin header
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 3x USB 2.0 host ports
 - Micro-USB 2.0 device/OTG port με power cable
 - Serial debug 4-pin header
 - 40-pin RPi 3 compatible expansion connector (I2C, GPIO, UART, PWM, SPDIF, SPI)
- Λοιπά χαρακτηριστικά: LEDs, IR receiver, GPIO button, heatsink, optional acrylic case
- Τροφοδοσία: 5V2A DC input via micro-USB, PMIC
- Διαστάσεις: 85 x 56mm
- Λειτουργικό σύστημα: Images for Armbian και FriendlyCore (based on Ubuntu Core) με Linux 4.x

35. NanoPi K2

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το NanoPi K2:

- Επεξεργαστής: Amlogic S905 (4x 64-bit Cortex-A53 cores @ 1.5GHz) με Mali-450 MP2 GPU
- Μνήμη:
 - 2GB DDR3 RAM
 - MicroSD slot (bootable)
 - Empty eMMC socket
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11b/g/n και Bluetooth 4.0 (via Ampak AP6212), porcelain antenna με IPX
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 4x USB 2.0 host ports
 - Micro-USB 2.0 device/OTG port με power support
 - Full-sized HDMI 2.0 out Type-A port (4K@60fps video και audio)
 - 40-pin GPIO expansion connector (I2C, ADC, GPIO, UART, PWM, SPDIF, CVBS)
 - Serial debug port
 - I2S audio connector
- Λοιπά χαρακτηριστικά: LEDs, IR receiver, “user” power key, remote control, mounting holes for heatsink
- Τροφοδοσία: 5V2A DC input
- Διαστάσεις: 85 x 56mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 5.1 image, Ubuntu in development

36. NanoPi M1 Plus

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το NanoPi M1 Plus:

- Επεξεργαστής: Allwinner H3 (4x Cortex-A7 @ 1.2GHz), ARM Mali-400 MP2 GPU @600MHz, 256KB L1, 1MB L2 cache
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 1GB DDR3 SDRAM
 - 8GB eMMC
 - MicroSD slot
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11 b/g/n και dual-mode Bluetooth 4.0 με antenna IPX interface
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI 1.4a output με audio
 - 3.5mm CVBS A/V output με composite και stereo audio
 - DVP camera interface

- Onboard mic
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 2x USB 2.0 host ports
 - USB 2.0 host header
 - Micro-USB 2.0 OTG port (με power input)
 - Debug serial port header
 - 40-pin, RPi compatible GPIO connector for UART, SPI, I2C, I2S/PCM, SPDIF-OUT, etc.
- Λοιπά χαρακτηριστικά: IR receiver, power & status LEDs, numerous options
- Τροφοδοσία: DC barrel jack, +5V @ 2A (max.), supports micro-USB input, power και reset buttons
- Διαστάσεις: 64 × 60mm
- Λειτουργικό σύστημα: Ubuntu MATE, Ubuntu Core, Debian, Android

37. NanoPi M2A

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το NanoPi M2A:

- Επεξεργαστής: Samsung S5P4418 (4x Cortex-A53 cores @ 400MHz to 1.4GHz, 3D GPU)
- Μνήμη: 1GB DDR3 RAM, microSD slot
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11b/g/n, Bluetooth 4.0 dual mode, porcelain antenna IPX interface
- Δίκτυο: 10/100/1000 Ethernet port
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI 1.4a port
 - LCD interface
 - LVDS interface
 - DVP camera interface
 - 3.5mm audio jack
 - I2S audio interface
 - Onboard mic
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 2x USB 2.0 host ports
 - 2x USB 2.0 host headers
 - Micro-USB 2.0 client port
 - Debug serial port header
 - 40-pin, Raspberry Pi compatible GPIO connector for UART, SPI, I2C, PWM etc.
- Λοιπά χαρακτηριστικά: Power και reset buttons, power και status LEDs
- Τροφοδοσία: DC barrel jack, +5V @ 3A, RTC Battery header, AXP228 PMU
- Διαστάσεις: 64 x 60mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 4.4 / 5.1, Debian 8.1, Ubuntu Core (Qt)

38. NanoPi Fire3

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το NanoPi Fire2A και NanoPi 2 Fire3:

- Επεξεργαστής:
 - NanoPi Fire2A: Samsung S5P4418 (4x Cortex-A9 @ 400MHz to 1.4GHz), 3D GPU
 - NanoPi Fire3: Samsung S5P6818 (8x Cortex-A53 @ 400MHz to 1.4GHz), Mali-400 MP GPU
- Μνήμη / Αποθηκευτικές δυνατότητες: 512MB (Fire2A) or 1GB (Fire3) DDR3, microSD slot
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - Micro-HDMI 1.4a port
 - LCD interface με full-color RGB 8-8-8
 - DVP camera interface (includes ITU-R BT 601/656 8-bit, I2C, και I/O)
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port (Realtek RTL8211E)
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 2.0 port
 - Micro-USB port με data και power support
 - Debug/serial interface
 - 40-pin RPi-compatible expansion interface με UART, SPI, I2C, PWM, I/O etc.
- Λοιπά χαρακτηριστικά: RTC με battery backup, 2x LEDs, power και reset buttons, optional heatsink, capacitive touchscreens, και camera
- Τροφοδοσία: 5V/2A via micro-USB, PMIC (Cortex-M0 MCU)
- Διαστάσεις: 75 x 40mm
- Λειτουργικό σύστημα: Debian, Android (image only for Fire3), FriendlyCore (based on Ubuntu Core 16.04)

39. NanoPi Neo

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το NanoPi Neo:

- Επεξεργαστής: Allwinner H3 (4x Cortex-A7 @ 1.2GHz), ARM Mali-400 MP2 GPU @600MHz, 256KB L1, 1MB L2 cache
- Μνήμη : 256MB or 512MB DDR3 SDRAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: MicroSD slot
- Δίκτυο: 10/100Mbit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 2.0 host port
 - Micro-USB 2.0 OTG port (με power input)
 - Debug serial port header (4-pin)
 - 12-pin GPIO με 2x USB, IR, mic, line-out, SPDIF, power, etc.,
 - 24-pin GPIO με UART, SPI, I2C, PWM etc.

- Τροφοδοσία: +5V @ 2A via micro-USB input or GPIO
- Διαστάσεις: 40 x 40mm
- Λειτουργικό σύστημα: Ubuntu Core, με Qt Embedded και Linux 3.4 kernel

40. NanoPi Neo2-LTS

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το NanoPi Neo2:

- Επεξεργαστής: Allwinner H5 (4x Cortex-A53 @ 1.2GHz), ARM Mali-450 hexa-core GPU (unused in this design), 512KB L2 cache
- Μνήμη: 512MB DDR3 SDRAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: MicroSD slot
- Δίκτυο: 10/100/1000Mbit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 2.0 host port
 - 2x USB 2.0 headers
 - Micro-USB 2.0 OTG port (με power input)
 - Debug serial port header (4-pin)
 - Audio in και out header
 - 12-pin GPIO με USB, IR, I2S etc.,
 - 24-pin GPIO με UART, SPI, I2C, etc. compatible με RPi's first 24 pins
- Λοιπά χαρακτηριστικά: LEDs
- Τροφοδοσία: +5V @ 2A via micro-USB input or GPIO
- Διαστάσεις: 40 x 40mm
- Λειτουργικό σύστημα: Ubuntu Core, Armbian, U-boot available

41. NanoPi Neo Air

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το NanoPi Neo Air:

- Επεξεργαστής: Allwinner H3 (4x Cortex-A7 @ 1.2GHz), ARM Mali-400 MP2 GPU @600MHz, 256KB L1, 1MB L2 cache
- Μνήμη: 512MB DDR3 SDRAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: 8GB eMMC, microSD slot
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11b/g/n, dual-mode Bluetooth 4.0, IPX ant.
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - Micro-USB 2.0 OTG port (με power input)
 - Debug serial port header (4-pin)
 - DVP camera interface με optional 5MP or 2MP cam modules
 - 12-pin GPIO με 2x USB, IR, mic, line-out, SPDIF, power, κλπ
 - 24-pin GPIO με UART, SPI, I2C, GPIO, etc.

- Προαιρετικές Επεκτάσεις: heat sink, case, RTC, GPS, sensors, κλπ
- Τροφοδοσία: +5V @ 2A via micro-USB input or GPIO
- Διαστάσεις: 40 x 40mm
- Βάρος: 7.5 g w/o pin headers, 9.7 g w/ headers
- Λειτουργικό σύστημα: Ubuntu Core, με U-Boot

42. NanoPi Neo Plus2

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το NanoPi Neo Plus2:

- Επεξεργαστής: Allwinner H5 (4x Cortex-A53 @ 1.5GHz), ARM Mali-450 hexa-core GPU, 512KB L2 cache
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 1GB DDR3 SDRAM
 - 8GB eMMC
 - MicroSD slot
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11b/g/n plus Bluetooth 4.0 dual mode (Ampak AP6212), ext. antenna
- Δίκτυο: 10/100/1000Mbps Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 2.0 host port
 - Micro-USB port (με power input)
 - Debug serial port header (4-pin)
 - Audio in και out header
 - 12-pin GPIO με USB, IR, I2S etc.
 - 24-pin GPIO με UART, SPI, I2C, etc. compatible με RPi's first 24 pins
- Λοιπά χαρακτηριστικά: LEDs
- Τροφοδοσία: +5V @ 2A via micro-USB input or GPIO
- Διαστάσεις: 52 x 40mm, 6-layer
- Λειτουργικό σύστημα: Ubuntu Core, U-boot, etc.

43. Odroid-C0

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Odroid-C0:

- Επεξεργαστής: Amlogic S805 (4x Cortex-A5 cores @ 1.5GHz) με dual-core Mali-450 MP2 GPU, 1080p video accelerator
- Μνήμη:
 - 1GB DDR3 RAM
 - MicroSD slot (supports faster UHS-1 cards)
 - eMMC 4.5 socket με optional module up to 64GB
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 2x unpopulated USB 2.0 host ports
 - Full-sized HDMI out Type-A port (video και audio)

- 40-pin, Pi-compatible, unpopulated GPIO expansion connector (GPIO/UART/SPI/I2C/ADC)
- IR receiver
- Serial console port (unpopulated)
- I2S audio interface (unpopulated)
- Λοιπά χαρακτηριστικά: LEDs, IR receiver (unpopulated), RTC, optional Connector Kit, optional USB-based 720p camera, WiFi USB dongle, heatsink, etc.
- Τροφοδοσία:
 - 5V2A DC input με optional \$7 plug
 - DC/DC step-down και step-up converters
 - 3.7V Li-ion or Li-Polymer battery connector με optional, \$12 3000mAh battery
 - Power button
 - Typical 0.5A consumption, 2A max
 - Battery voltage level is accessible via ADC in the SoC
- Διαστάσεις: 65 x 56mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 4.4.x και Ubuntu 14.04 images, Arch Linux, Debian και OpenELEC

44. Odroid-C1+

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Odroid-C1+:

- Επεξεργαστής: Amlogic S805 (4x Cortex-A5 cores @ 1.5GHz) με dual-core Mali-450 MP2 GPU, 1080p video accelerator
- Μνήμη:
 - 1GB DDR3 @ 792MHz
 - MicroSD slot με optional 8GB or 16GB UHS-1 card
 - eMMC 4.5 socket με optional module up to 64GB
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port (Realtek RTL8211F) με Audio-MDIX support
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 4x USB 2.0 host ports
 - Micro-USB 2.0 device/OTG port με power support
 - Full-sized HDMI out Type-A port (video και audio)
 - 40-pin GPIO expansion connector (GPIO/UART/SPI/I2C/ADC)
 - ADC 10-bit SAR interface (2x channels)
 - Serial console port
 - I2S audio bus
- Λοιπά χαρακτηριστικά: Standard heatsink, LEDs, IR receiver, RTC, optional USB-based 720p camera, optional WiFi USB dongle, optional \$16 Tinkering Kit με breadboard etc.
- Τροφοδοσία: 5V2A DC input, 2-3W consumption (uses less than 0.5A in most cases, but can climb to 2A if many passive USB peripherals are attached)
- Διαστάσεις: 85 x 56mm (3.4 x 2.2 in.)

- Λειτουργικό σύστημα: Android 4.4.x, Ubuntu 14.04, both run on Linux Kernel 3.10 LTS

45. Odroid-C2

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Odroid-C2:

- Επεξεργαστής: Amlogic S905 (4x 64-bit Cortex-A53 cores @ 1.5GHz) με penta-core Mali-450 MP2 GPU (3x fragment/pixel cores plus 2x vertex shader cores)
- Μνήμη:
 - 2GB DDR3 @ 912MHz
 - MicroSD slot UHS-1 @83Mhz με optional 8GB or 16GB UHS-1 card or optional Emmc 4.5 storage up to 64GB
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 4x USB 2.0 host ports
 - Micro-USB 2.0 device/OTG port με power support
 - Full-sized HDMI 2.0 out Type-A port (4K/60Hz και audio)
 - 40+7-pin GPIO expansion connector (GPIO/UART/I2S/I2C/ADC)
 - ADC 10-bit SAR interface (2x channels)
 - Serial console port
 - I2S audio bus
- Λοιπά χαρακτηριστικά: Standard heatsink, LEDs, IR receiver
- Τροφοδοσία: 5V2A DC input, consumes less than 0.5A in most cases, but can climb to 2A if many passive USB peripherals are attached)
- Διαστάσεις: 85 x 56mm (3.4 x 2.2 in.)
- Βάρος: 40 g
- Λειτουργικό σύστημα: Ubuntu 16.04 (προεγκατεστημένο) και Android 5.1 (both based on Linux Kernel 3.14 LTS)

46. Odroid-N1

(*Έχει σταματήσει η παραγωγή του λόγω προβλημάτων με την τροφοδοσία της μνήμης και θα αντικατασταθεί με το Odroid-N2)

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Odroid-N1:

- Επεξεργαστής: Rockchip RK3399 (2x Cortex-A72 @ 2.0GHz, 4x Cortex-A53 @ 1.5GHz), Mali-T860 MP4 GPU με OpenGL ES1.1/2.0/3.0, OpenCL 1.2
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 4GB DDR3-1866 dual-channel RAM
 - eMMC 5.1 flash (amount unspecified but debug model has 16GB)

- MicroSD slot με UHS support
- 2x native SATA III via PCIe Gen2
- Έξοδος Οθόνης: HDMI 2.0 out port for up to 4K
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 2x USB 3.0 ports
 - 2x USB 2.0 ports
 - Serial console interface
 - Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης: 40-pin GPIO expansion header
- Λοιπά χαρακτηριστικά: passive or active heatsink, acrylic case, SPI boot, reset, και power switches
- Τροφοδοσία: 12V at 2A jack (Attaching two 3.5inch HDD requires a 12V/4A PSU.), RTC, PMIC, battery, possible addition of IR receiver
- Διαστάσεις: 99 x 99 x 20mm (excluding cooler)
- Λειτουργικό σύστημα: Android 7.1, as well as Ubuntu 18.04 or Debian Stretch 9.3 με Kernel 4.4 LTS (possibly Kernel 4.14)

47. Odroid-XU4

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Odroid-XU4:

- Επεξεργαστής: Samsung Exynos5422 Octa SoC:
 - CPUs — 4x ARM Cortex-A15 cores @ 2.0GHz + 4x Cortex-A7 cores @ 1.4GHz
 - GPU — Mali-T628 MP6 (OpenGL ES 3.0 / 2.0 / 1.1 και OpenCL 1.1 full profile)
- Μνήμη: 2GB LPDDR3
- Αποθηκευτικά μέσα:
 - MicroSD slot
 - eMMC 5.0 socket με optional data card at up to 64GB (Toshiba) or up to 43GB (Sandisk iNAND Extreme)
- Ασύρματη Επικοινωνία: Optional USB module for 802.11b/g/n με antenna, optional USB Bluetooth και GPS modules
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - HDMI type A
 - 2x USB 3.0 host
 - USB 2.0 host
 - Serial console (debug)
 - 30-pin I/O connector
 - 12-pin GPIO connector (GPIO, I2C, I2S)
- Λοιπά χαρακτηριστικά: RTC, LED, active cooling fan με PWM, various plastic cases και enclosures, weather, expansion, και USB I/O daughter-card options, optional

Oduino One Arduino και AHRS extensions, USB camera και audio adapters, optional shifter shield

- Τροφοδοσία: 5V @ 4A, PMIC
- Διαστάσεις: 82 x 58 x 22 mm
- Βάρος: 38 g (60 g με cooler fan)
- Λειτουργικό σύστημα: Android 4.4.2 on Linux Kernel LTS 3.10, Ubuntu 15.04 + OpenGL ES + OpenCL on Kernel LTS 3.10, experimental Android 5.1 και mainline Linux 4.2 RC1 builds available

48. Orange Pi 2G-IOT

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Orange Pi 2G-IOT:

- Επεξεργαστής: RDA8810PL (1x Cortex-A5 at up to 1GHz), Vivante GC860 GPU
- Memory (via RDA8810PL) – 256MB LPDDR2 RAM, 500MB NAND flash
- Αποθηκευτικά μέσα: microSD slot
- Ασύρματη Επικοινωνία:
 - WiFi (2.4GHz 802.11b/g/n), Bluetooth 2.1 + EDR, και FM via RDA5991 module
 - 2G GSM/GPRS/EDGE (via RDA8810PL)
 - 2G antenna
 - SIM card slot
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - LCD interface
 - MIPI-CSI interface
 - Audio jack με mic, FM
 - Optional speaker
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 2.0 host port
 - Micro-USB OTG port
 - GPIO (1×3) header
 - 40-pin RPi-compatible expansion connector
 - Debug UART με debug selector switch
- Λοιπά χαρακτηριστικά: Boot selector
- Τροφοδοσία: 5V input jack or micro-USB OTG, optional battery input, power button
- Θερμοκρασία λειτουργίας: -10 to 65°C
- Βάρος: 21 g
- Διαστάσεις: 68 x 42mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 4.4, Ubuntu, Debian, RPi image

49. Orange Pi 3G-IOT-B

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Orange Pi 3G-IOT:

- Επεξεργαστής: MediaTek MT6572 (2x Cortex-A7 @ 1.2GHz), Mali-4000 MP1 GPU
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 512MB DDR2
 - 4GB eMMC
 - MicroSD slot με hot-plug support
- Ασύρματη Επικοινωνία:
 - WiFi, Bluetooth, FM, και GPS combo module
 - 3G — GSM 850/900/1800/1900, WCDMA B1/B2/B5/B8, TD-CDMA, CDMA2000
 - Mini-SIM card slot
 - WiFi/BT antenna connectors (ext. antennas may be optional)
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - LCD interface (FWVGA via FPC zif connector) με capacitive touch
 - MIPI-CSI camera interface
 - 3.5mm earphone audio jack
 - Mic
 - Optional speaker
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 2.0 host port
 - Micro-USB port με power support
 - 40-pin expansion header
- Λοιπά χαρακτηριστικά: 2x LEDs
- Τροφοδοσία: 5V 2A via micro-USB, power button, optional battery
- Διαστάσεις: 68 x 52mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 4.4 με C, C++, Kotlin, Java, Shell, και Python support

50. Orange Pi 4G-IOT

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Orange Pi 4G-IOT:

- Επεξεργαστής: MediaTek MT6737 (4x Cortex-A53), Mali-T720 MP1 GPU
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 1GB of DDR3
 - 8GB of eMMC
 - MicroSD slot με hot-plug support
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI port for HD resolution
 - LCD interface με capacitive touch support
 - 13-megapixel camera interface (25-pin ZIF)
 - 3.5mm earphone UI/O audio jack
 - Mic
- Ασύρματη Επικοινωνία:
 - WiFi, Bluetooth, FM, και GPS combo module
 - 4G LTE module (FDD-LTE B1/B2/B3/B4/B7/B17/B20, TDD-LTE B38/B40/B41B, GSM 850/900/1800/1900, WCDMA B1-B8,
 - Mini-SIM card slot
 - Diversity receiving part (antenna connector)
 - Antennas (may be optional)
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 3x USB OTG host ports
 - Micro-USB port (only for writing image)
 - 40-pin expansion header (2x UART, 3x I2C, 2x SPI, 1.8V)
- Λοιπά χαρακτηριστικά: IR receiver, 2x LEDs, PRX receiver for attaching fingerprint reader
- Τροφοδοσία: 5V 2A input, power button, battery supported
- Βάρος: 42.5 g
- Διαστάσεις: 85 x 55mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 6.0 με C, C++, Kotlin, Java, Shell, και Python support

51. Orange Pi i96

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Orange Pi i96:

- Επεξεργαστής: RDA Microelectronics RDA8810PL (1x Cortex-A5 at up to 1GHz), Vivante GC860 GPU
- Μνήμη: 256MB LPDDR2 RAM, 500MB NAND flash
- Αποθηκευτικά μέσα: microSD slot
- Ασύρματη Επικοινωνία:

- WiFi (2.4GHz 802.11b/g/n), Bluetooth 2.1 + EDR, και FM via RDA5991 module
- Antenna
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 2.0 host port
 - Micro-USB OTG port
 - MIPI-CSI interface
 - GPIO (1×3) header
 - 40-pin expansion connector
- Λοιπά χαρακτηριστικά: Boot selector, LED
- Τροφοδοσία: 5V via micro-USB, optional battery input, power button
- Διαστάσεις: 60 x 30mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 4.4, Ubuntu, Debian, Raspbian

52. Orange Pi Lite

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Orange Pi Lite:

- Επεξεργαστής: Allwinner H3 (4x Cortex-A7 @ 1.2GHz), ARM Mali-400 MP2 GPU @600MHz, 256KB L1, 1MB L2 cache
- Μνήμη: 512MB DDR3 SDRAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: microSD slot (up to 64GB)
- Ασύρματη Επικοινωνία: WiFi με κεραία
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI output — supports audio, HDCP, CEC, 3D function
 - Camera interface — CSI input supports 8-bit YUV422 CMOS sensor interface, CCIR656 protocol for NTSC και PAL, 5M pixel camera sensor, και video capture at up to 1080p@30fps
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 2x USB 2.0 Host port
 - Micro-USB 2.0 OTG port (does not support DC power input)
 - GPIO connector με 3x GPIO lines
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης: 40-pin header compatible με Raspberry Pi B+
- Λοιπά χαρακτηριστικά: power & status LEDs, power button
- Τροφοδοσία: DC barrel jack, +5V @ 2A (max.)
- Διαστάσεις: 69 × 48mm
- Βάρος: 36gm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 4.4, Ubuntu, Debian, Raspbian

53. Orange Pi One Plus

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Orange Pi One Plus:

- Επεξεργαστής: Allwinner H6 (4x Cortex-A53), ARM Mali-T720 MP2 GPU με OpenGL ES3 και DirectX 11
- Μνήμη: 1GB LPDDR3 RAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: microSD slot (up to 32GB)
- Δίκτυο: 10/100/1000Mbit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - HDMI 2.0a με audio και HDCP 2.2 output
 - USB 2.0 host port
 - Micro-USB 2.0 OTG port με power input
 - Mic input
 - 3-pin GPIO με UART και ground
 - 26-pin GPIO expansion connector
- Λοιπά χαρακτηριστικά: IR receiver, power και status LEDs
- Τροφοδοσία: DC barrel jack με +5V @ 2A, PMU (AXP805), power button
- Βάρος: 45 g
- Διαστάσεις: 68 × 48mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 7.0, Ubuntu και Debian images

54. Orange Pi PC / PC Plus

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Orange Pi PC:

- Επεξεργαστής: Allwinner H3 (4x Cortex-A7 @ 1.6GHz), ARM Mali-400 MP2 GPU @600MHz, 256KB L1, 1MB L2 cache
- Μνήμη: 1GB DDR3 SDRAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: microSD slot (up to 64GB)
- Δίκτυο: 10/100Mbit Ethernet (RJ45)
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI output — supports HDCP, CEC, 3D function, και integrated CVBS (allows simultaneous output of HDMI και CVBS)
 - A/V output on 3.5 mm jack
 - Mic input
 - Camera interface — CSI input supports 8-bit YUV422 CMOS sensor interface, CCIR656 protocol for NTSC και PAL, SM pixel camera sensor, και video capture at up to 1080p@30fps
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 3x USB 2.0 Host ports
 - 1x USB 2.0 OTG port (does not support DC power input)
 - GPIO connector με 3x GPIO lines

- Debug UART header (TTL level)
- IR receiver
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης: 40-pin header compatible με Raspberry Pi B
- Λοιπά χαρακτηριστικά: power & status LEDs, power button
- Τροφοδοσία: DC barrel jack, +5V @ 2A (max.)
- Διαστάσεις: 85 x 55mm
- Βάρος: 38gm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 4.4, Ubuntu, Debian, Raspbian

55. Orange Pi PC 2

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Orange Pi PC 2:

- Επεξεργαστής: Allwinner H5 (4x Cortex-53), 512KB L2 cache, ARM Mali-450 MP2 GPU (6x cores)
- Μνήμη / Αποθηκευτικές δυνατότητες: 1GB DDR3 SDRAM, 8MB NOR flash, microSD slot (up to 64GB)
- Δίκτυο: 10/100/1000 Mbps Ethernet (RJ45)
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI output — supports HDCP, CEC, 3D function, και integrated CVBS (allows simultaneous output of HDMI και CVBS)
 - A/V output on 3.5mm audio jack
 - Mic input
 - Camera interface — CSI input supports 8-bit YUV422 CMOS sensor interface, CCIR656 protocol for NTSC και PAL, 5M pixel camera sensor, και video capture at up to 1080p@30fps
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 3x USB 2.0 Host ports
 - Micro USB 2.0 OTG port (does not support DC power input)
 - GPIO connector με 3x GPIO lines
 - Debug UART header (TTL level)
 - IR receiver
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης: 40-pin header compatible με Raspberry Pi B
- Λοιπά χαρακτηριστικά: power & status LEDs, power button
- Τροφοδοσία: DC barrel jack, +5V @ 2A (max.)
- Διαστάσεις: 85 x 55mm
- Βάρος: 38gm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 5.1, Ubuntu, Debian, Raspbian

56. Orange Pi Prime

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Orange Pi Prime:

- Επεξεργαστής: Allwinner H5 (4x Cortex-A53), ARM Mali-450 MP2 GPU
- Μνήμη / Αποθηκευτικές δυνατότητες: 2GB DDR3 SDRAM, 2MB NOR flash, microSD slot (up to 64GB)
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11b/g/n και Bluetooth 4.0, antenna
- Δίκτυο: 10/100/1000Mbps Ethernet port
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI port (supports audio, HDCP, CEC, 3D function)
 - RCA/CVBS/AV output (via 3.5mm audio output)
 - 3.5mm audio output
 - Mic input
 - MIPI-CSI input με 8-bit YUV422 CMOS interface, CCIR656 protocol for NTSC και PAL, SM pixel camera sensor, και capture at up to 1080p@30fps
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 3x USB 2.0 host ports
 - Micro-USB 2.0 OTG port
 - GPIO connector με 3x GPIO lines
 - Debug UART header (TTL level)
 - IR receiver
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης: 40-pin header compatible με Raspberry Pi
- Λοιπά χαρακτηριστικά: upgrade key
- Τροφοδοσία: 5V DC jack, power και reset switches
- Θερμοκρασία λειτουργίας: -10 to 65°C
- Διαστάσεις: 98 x 60mm
- Βάρος: 48 g
- Λειτουργικό σύστημα: Android 5.1, Ubuntu, Debian, Raspbian

57. Orange Pi R1

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Orange Pi R1:

- Επεξεργαστής: Allwinner H2 (4x Cortex-A7 @ 1.2GHz), ARM Mali-400 MP2 GPU @600MHz
- Μνήμη: 256MB DDR3 SDRAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: MicroSD slot up to 32GB, 16MB SPI flash
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11b/g/n (Realtek RTL8189ETV), antenna
- Δίκτυο: 2x 10/100 Ethernet ports (1x Realtek RTL8152B, 1x via USB)
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - Micro-USB 2.0 OTG port (με power input)
 - GPIO (1x3) pin
 - Serial debug interface

- 13-pin function interface (TV out, mic, earphone, mic, 2x USB 2.0, IR)
- 26-pin header compatible με Raspberry Pi B+
- Λοιπά χαρακτηριστικά: power & status LEDs
- Τροφοδοσία: 5V via micro-USB OTG, power button
- Διαστάσεις: 60 x 45mm
- Βάρος: 35 g
- Λειτουργικό σύστημα: Android 4.4, Ubuntu, Debian

58. Orange Pi RK3399

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Orange Pi RK3399:

- Επεξεργαστής: Rockchip RK3399 (2x Cortex-A72 at up to 2.0GHz, 4x Cortex-A53), Mali-T860 GPU
- Μνήμη:
 - 2GB DDR3 RAM
 - 16GB eMMC flash
 - MicroSD slot
 - mSATA interface (plus optional 2nd interface via mini-PCIe)
- Οθόνη / Κάμερα:
 - HDMI 2.0 out port με audio for up to 4K at 60Hz
 - HDMI input port
 - DisplayPort 1.2 με audio for up to 4K at 60Hz
 - 2x MIPI-DSI at up to 2560×1600 at 60fps
 - eDP 1.3 (4-lane)
 - 2x MIPI-CSI (up to 13MP)
- Ήχος:
 - 3.5mm analog audio I/O jack
 - SPDIF output
 - Mic input με mic array interface
 - Speaker με 1.5W per channel
 - I2S 8-channel audio I/O
 - HDMI και DP (see Display above)
- Ασύρματη Επικοινωνία:
 - 802.11b/g/n/ac 2.4GHz/5GHz dual-band 2x2 MIMO (Broadcom AP6356S)
 - Bluetooth 4.1 με BLE (Broadcom AP6356S)
 - SIM card slot
 - IR receiver module
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port (Realtek RTL8211E)
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 3.0 Type-C port
 - 4x USB 2.0 host ports
 - Serial console debug
 - Reserved 4x I2C, 5x GPIO, 2x UART, SPI

- Επεκτάσεις:
 - 40-pin expansion header
 - Mini-PCIe slot for USB, LTE, or mSATA
- Λοιπά χαρακτηριστικά: Power, reset, recovery, menu, return, volume buttons, LEDs, Sensors: Gyro, Gyro/G-Sensor, Compass, HALL sensor, light sensor
- Τροφοδοσία: 12V at 2A και 5V at 2A inputs via DC jacks (also supports 5V at 2A via USB Type-C), 2x 7.4V batteries, PMIC
- Βάρος: 99 gm
- Διαστάσεις: 129 x 99 mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 6.0

59. Orange Pi Win Plus / Win

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Orange Pi Win/Win Plus (1GB /2GB RAM):

- Επεξεργαστής: Allwinner A64 (4x Cortex-A53), ARM Mali-400 MP2 GPU
- Μνήμη / Αποθηκευτικές δυνατότητες: 2GB DDR3 SDRAM, 2MB NOR flash, optional eMMC, microSD slot (up to 64GB)
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11b/g/n και Bluetooth 4.2 (via Ampak AP6212), antenna
- Δίκτυο: 10/100/1000 Mbps Ethernet port
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI port (supports audio, HDCP, CEC, 3D function, και MIPI LCD)
 - LCD interface
 - Mic input
 - 3.5mm audio output
 - MIPI-CSI input με 8-bit YUV422 CMOS interface, CCIR656 protocol for NTSC και PAL, SM pixel camera sensor, και capture at up to 1080p@30fps
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 4x USB 2.0 host ports
 - Micro-USB 2.0 OTG port
 - GPIO connector με 3x GPIO lines
 - Debug UART header (TTL level)
 - IR receiver
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης: 40-pin header compatible με Raspberry Pi
- Λοιπά χαρακτηριστικά: power & status LEDs
- Τροφοδοσία: 5V DC jack, battery connector, PMU, power και reset switches
- Θερμοκρασία λειτουργίας: -10 to 65°C
- Διαστάσεις: 93 x 60mm
- Βάρος: 48 g
- Λειτουργικό σύστημα: Android 6.0, Ubuntu Desktop / Server Xenial, Debian Server Jessie, Rasbian και άλλα Λειτουργικά Συστήματα

60. Orange Pi Zero H2+ / Zero Plus 2 H3 / Zero Plus 2 H5

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Orange Pi Zero Plus 2 και Zero Plus 2 H5:

- Επεξεργαστής: Choice of two Allwinner SoCs:
 - Orange Pi Zero Plus 2 — Allwinner H3 (4x Cortex-A7 @ 1.2GHz), ARM Mali-400 MP2 GPU
 - Orange Pi Zero Plus 2 H5 — Allwinner H5 (4x Cortex-A53 @ 1.2GHz), ARM Mali-450 MP2 GPU
- Μνήμη: 512MB DDR3 SDRAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: microSD slot up to 64GB, 8GB eMMC
- Ασύρματη Επικοινωνία: 802.11b/g/n και Bluetooth 4.2 (Ampak AP6212 module), antenna
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - HDMI port με 4K, HDCP, CEC, και HDMI 30 support
 - MIPI-CSI interface
 - Micro-USB 2.0 OTG port (με power input)
 - GPIO (1×3) pin
 - Serial debug interface
 - 13-pin function interface (TV out, mic, earphone, mic, 2x USB 2.0, IR)
 - 26-pin header compatible με Raspberry Pi B+
- Λοιπά χαρακτηριστικά: power & status LEDs
- Τροφοδοσία: via micro-USB OTG
- Διαστάσεις: 48 x 46mm
- Βάρος: 20 g
- Λειτουργικό σύστημα: Android, Ubuntu, Debian, Raspbian

61. OSD3358-SM-RED

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το OSD3358-SM-RED:

- Επεξεργαστής : TI Sitara AM335x (1x Cortex-A8 @ 1GHz), PowerVR SGX530 GPU, 32-bit 200MHz Cortex-M3 based programmable real-time units (PRUs)
- Μνήμη: (via Octavo OSD3358 SiP) — 512MB DDR3 RAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: 16GB eMMC, microSD slot με card προεγκατεστημένο με Debian και drivers
- Έξοδος Οθόνης: Micro-HDMI port
- Δίκτυο: 10/100/1000 Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 4x USB 2.0 host/device ports
 - Micro-USB client port
 - UART και JTAG
 - 2x BeagleBone Black Cape compatible expansion connectors
- Λοιπά χαρακτηριστικά: 9-axis IMU, barometer και temperature sensors, 4x LEDs, TPM και secure NOR (currently not supported)
- Τροφοδοσία: 5V input , LiPo battery connector, power και reset buttons, PMIC (via OSD3358 SiP)
- Διαστάσεις: 108 x 54 x 32mm

- Λειτουργικό σύστημα: Debian Linux

62. Parallella

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Parallella-16:

- Επεξεργαστής:
 - Xilinx Zynq-7020 or -7010 SoC (2x 667MHz Cortex-A9 cores plus FPGA)
 - 16-core Epiphany-III coprocessor
- Μνήμη: 1GB DDR3, 128Mb QSPI flash, microSD slot
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 2x USB 2.0 (host και device)
 - Micro-HDMI
 - 4x 60-pin stackable expansion connectors (on bottom)
- Λοιπά χαρακτηριστικά: 2x user-controlled LEDs
- Τροφοδοσία: USB or 5V DC, 5W typical consumption
- Διαστάσεις: 86.4 x 53.3 mm (3.4 x 2.2 inches)
- Λειτουργικό σύστημα: Ubuntu Linux

63. Pine A64 / A64-LTS

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Pine A64 και A64+:

- Επεξεργαστής: Allwinner A64 (4x Cortex-A53 cores @ 1.2GHz), ARM Mali400-MP2 GPU (2x @ 500MHz)
- Μνήμη: 512MB (standard) or 1GB (\$19 Plus) or 2GB (\$29 Plus) DDR3 RAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: Bootable microSD slot for up to 256GB, boot disk (FAT32 partition) up to 32GB
- Δυνατότητες απεικόνισης:
 - HDMI 1.4 port με audio και CEC support for up to 3840 x 2160 @ 30fps
 - MIPI-DSI 4-lane interface με separate touch control (both on Plus only) for up to 1920 x 1200 @ 60fps
 - Optional 7-inch touchscreen via MIPI-DSI (Plus only), color active matrix, 1024 x 600, 24-chip LED backlight.
 - Hardware decode — H.265 4K@30fps or H.264 1080p@60fps
 - Hardware encode — H.264 at 1080p@60fps or 720p@120fps
 - OpenGL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG
- Ασύρματη Επικοινωνία: native expansion port for optional WiFi (802.11n) και Bluetooth 4.0 module
- Δίκτυο: Fast or Gigabit (Plus) Ethernet ports
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):

- 2x USB 2.0 ports
- Micro-USB port (for power)
- CSI (Plus only) με optional Himax HM5065 5-megapixel, 2.7mm CMOS camera module for up to 720p@30fps video
- Pi-2 GPIO (20×2) και Euler (17×2) expansion headers:
 - 3x UART
 - 2x I2C
 - 2x SPI
 - I2S
 - SPDIF out
 - IR receiver
 - Speaker
 - 3v3, 5V, και ground
- Λοιπά χαρακτηριστικά:
 - 10-pin “EXP” console header
 - RTC με optional 3V Lithium coin battery or LiPo battery
 - Optional enclosures με 3D print files
 - Optional IR remote control, keyboard, airmouse, etc.
 - Security features including TrustZone, DRM, encrypt/decrypt, secure boot/JTAG/efUSE
- Τροφοδοσία: 5V via micro-USB, optional 2.0A (2000mA) τροφοδοτικό
- Θερμοκρασία λειτουργίας: -20 to 70°C
- Διαστάσεις: 127 x 79 x 21mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 5.1, Ubuntu, (Linux Kernel 3.10), Ubuntu Snappy, Lubuntu, OpenHAB, άλλα Λειτουργικά Συστήματα

64. Pine H64

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Pine H64:

- Επεξεργαστής: Allwinner H6 (4x Cortex-A53), ARM Mali-T720 MP2 GPU με OpenGL ES3 και DirectX 11
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 1GB, 2GB, or 3GB LPDDR3 RAM
 - 128Mb bootable SPI flash
 - eMMC interface
 - MicroSD slot (bootable)
- Ασύρματη Επικοινωνία: “Wifi/BT Module Header – SDIO 3.0 και UART” (compatible με Pine A64’s WiFi/BT 4.0 module)
- Δίκτυο: 10/100/1000Mbit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - HDMI 2.0a port με 4K@60
 - 2x USB 2.0 host ports
 - 3.5mm stereo earphone/mic jack
 - UART, SPI, I2C

- Επεκτάσεις:
 - Euler GPIO bus
 - 40-pin (2×20) “Pi2” GPIO header
 - Mini-PCIe slot με storage και wireless support
- Λοιπά χαρακτηριστικά: IR receiver, RTC
- Τροφοδοσία: 5V/3A type H 3.50D/1.351D DC jack
- Διαστάσεις: 127 x 79 x 19mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android, Linux

65. Raspberry Pi Zero

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Raspberry Pi Zero:

- Επεξεργαστής: Broadcom BCM2835 (1x ARM1176JZFS core @ 1GHz) με FPU και VideoCore IV dual-core GPU
- Μνήμη: 512MB LPDDR2 SDRAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: MicroSD slot
- Έξοδος Οθόνης: Mini-HDMI port με audio for up to 1080p60, composite video header
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O): — 2x micro-USB 2.0 ports (1x data, 1x power)
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης: 40-pin RPi-compatible connector for GPIO και serial buses
- Τροφοδοσία: +5V via micro-USB
- Διαστάσεις: 65 x 30 x 5mm
- Λειτουργικό σύστημα: Raspbian Linux

66. Raspberry Pi Zero W / Zero WH

- Επεξεργαστής: Broadcom BCM2835 (1x ARM1176JZFS core @ 1GHz) με FPU και VideoCore IV dual-core GPU
- Μνήμη: 512MB LPDDR2 SDRAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: MicroSD slot
- Ασύρματη Επικοινωνία: Cypress CYW43438 wireless chip (802.11n και Bluetooth 4.0)
- Έξοδος Οθόνης: Mini-HDMI port με audio for up to 1080p60, composite video header
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O): — 2x micro-USB 2.0 ports (1x data, 1x power)
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης: 40-pin RPi-compatible connector for GPIO και serial buses
- Τροφοδοσία: +5V via micro-USB
- Διαστάσεις: 65 x 30 x 5mm
- Λειτουργικό σύστημα: Raspbian Linux

67. Raspberry Pi 3 Model B

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Raspberry Pi 3 Model 3:

- Επεξεργαστής: Broadcom BCM2837:
 - CPU — 4x 64-bit ARM Cortex-A53 cores @ 1.2GHz
 - GPU — dual-core Videocore IV @ 400MHz (300MHz in 3D mode)
- Μνήμη: 1GB LPDDR2 RAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: microSD slot
- Δίκτυο: 10/100 Ethernet port
- Ασύρματη Επικοινωνία:
 - 802.11b/g/n WiFi
 - Bluetooth 4.1 με BLE
 - Chip antenna
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - 1x HDMI port (full size)
 - 1x 3.5mm 4-pole composite video και audio output jack
 - DSI display output port
 - CSI camera input port
- 4x USB 2.0 ports
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης: standard RPi 40-pin GPIO και serial I/O header
- Τροφοδοσία: 5VDC @ 2.5A max, via microUSB connector
- Διαστάσεις: 86 x 56 x 17mm
- Λειτουργικό σύστημα: ARM Linux Distributions, Windows 10 IoT

68. Raspberry Pi 3 Model B+

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Raspberry Pi 3 Model 3:

- Επεξεργαστής: Broadcom BCM2837:
 - CPU — 4x 64-bit ARM Cortex-A53 cores @ 1.4GHz
 - GPU — dual-core Videocore IV @ 400MHz (300MHz in 3D mode)
- Μνήμη: 1GB LPDDR2 RAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: microSD slot
- Δίκτυο: 10/100/1000 Ethernet port
- Ασύρματη Επικοινωνία:
 - 802.11ac (2.4GHz/5GHz) WiFi
 - Bluetooth 4.1 με BLE
 - Chip antenna
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - 1x HDMI port (full size)
 - 1x 3.5mm 4-pole composite video και audio output jack
 - DSI display output port
 - CSI camera input port
- 4x USB 2.0 ports
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης: standard RPi 40-pin GPIO και serial I/O header
- Τροφοδοσία: 5VDC @ 2.5A max, via microUSB connector
- Διαστάσεις: 86 x 56 x 17mm
- Λειτουργικό σύστημα: ARM Linux Distributions, Windows 10 IoT

69. Rico Board

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Rico Board:

- Επεξεργαστής: TI AM437x (1x Cortex-A9 core @ up to 1GHz), PowerVR SGX530 2D/3D accelerator (on AM4378 or AM4379 only), quad-core PRU subsystem @ 200MHz
- Μνήμη:
 - 256MB, 512MB, 1GB DDR3 RAM (512MB default)
 - 4GB eMMC flash
 - 256MB, 512MB SLC NAND flash (reserved)
 - 16MB QSPI flash, 32KB EEPROM
 - TF (SD) card slot
- Έξοδος Οθόνης: HDMI port, 24-bit LCD (WXGA) interface με capacitive touch support
- Δίκτυο: 10/100/1000 Ethernet controllers
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 2.0 host port

- Mini-USB 2.0 device port
- 3x SD/SDIO/MMC
- Serial debug
- 2x JTAG (20-pin και 14-pin)
- 2x 30-pin, Parallel camera interfaces
- 2x 40-pin female expansion connectors (2.54mm pitch):
 - 4x UARTs
 - 2x CAN
 - 2x SPI
 - 2x I2C
 - MMC
 - 8x ADC
- Λοιπά χαρακτηριστικά: 5x LEDs, 4x buttons
- Τροφοδοσία: 5V 2A or mini-USB supply, PMIC
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 0 to 70°C
- Διαστάσεις: 100 x 65 x 1.6mm (8-layer)
- Λειτουργικό σύστημα: Linux 3.14 με source, drivers, Buildroot, SPL και U-Boot boot

70. Rockchip RK3399 Sapphire

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Rockchip RK3399 Sapphire SBC:

- Επεξεργαστής: Rockchip RK3399 (2x Cortex-A72 cores @ up to 2.0GHz, 4x Cortex-A53 cores at up to 1.42GHz), 28nm fab, Mali-T860 GPU
- Μνήμη:
 - 4GB LPDDR3 RAM
 - 8GB eMMC 5.1 flash
 - MicroSD slot
- Οθόνη / Κάμερα:
 - HDMI 2.0 port for up to 4K@60Hz
 - DisplayPort 1.2 (via USB 3.0 Type-C)
 - MIPI-DSI
 - eDP 1.3
 - LVDS supported on carrier via MXM
 - MIPI-CSI camera link
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 3.0 host port
 - USB 3.0 Type-C port με DisplayPort signaling
 - USB 2.0 host ports
 - 40-pin, RPi-compatible expansion header
 - 314-pin MXM 310 board-to-board connector με PCIe 2.0 x4 signals
- Τροφοδοσία: 12V, 2A DC jack και adapter, RK808-D PMIC, power και reset buttons
- Διαστάσεις: 115 x 105mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android 7.1 με Linux kernel 4.4, Linux BSP με Yocto και Debian

71. Rock64

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Rock64:

- Επεξεργαστής: Rockchip RK3328 (4x Cortex-A53 cores @ up to 1.5GHz), Mali-450 MP2 GPU
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 1GB, 2GB, or 4GB LPDDR3-1600 RAM
 - MicroSD slot (bootable)
 - eMMC socket (bootable) με jumper
 - 128Mb SPI flash
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port (optional Fast Ethernet via GPIO)
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - HDMI 2.0 port for up to 4K @ 60fps HDR output
 - 3.5mm composite video και audio output jack
 - USB 3.0 host port
 - 2x USB 2.0 host ports (1x OTG)
 - IR receiver
 - 2x 20-pin "Pi2" GPIO header
 - 2x 11-pin "Pi P5+" GPIO header
- Λοιπά χαρακτηριστικά: Optional USB WiFi και WiFi/BT modules
- Τροφοδοσία: 5VDC @ 2.5A με 3.5mm barrel jack, power, reset, και recovery buttons
- Λειτουργικό σύστημα: Android 7.1, Debian, Yocto

72. RockPro64

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Pine H64:

- Επεξεργαστής: Allwinner H6 (4x Cortex-A53), ARM Mali-T720 MP2 GPU με OpenGL ES3 και DirectX 11
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 1GB, 2GB, or 3GB LPDDR3 RAM
 - 128Mb bootable SPI flash
 - eMMC interface
 - MicroSD slot (bootable)
- Ασύρματη Επικοινωνία: “Wifi/BT Module Header – SDIO 3.0 και UART” (compatible με Pine A64’s WiFi/BT 4.0 module)
- Δίκτυο: 10/100/1000Mbit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - HDMI 2.0a port με 4K@60
 - 2x USB 2.0 host ports
 - 3.5mm stereo earphone/mic jack
 - UART, SPI, I2C
- Επεκτάσεις:
 - Euler GPIO bus
 - 40-pin (2x20) “Pi2” GPIO header
 - Mini-PCIe slot με storage και wireless support
- Λοιπά χαρακτηριστικά: IR receiver, RTC
- Τροφοδοσία: 5V/3A type H 3.50D/1.35ID DC jack
- Διαστάσεις: 127 x 79 x 19mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android και Linux

73. SAMA5D4 Xplained Ultra

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Atmel SAMA5D4 Xplained Ultra SBC:

- Επεξεργαστής: Atmel SAMA5D4 (1x Cortex-A5 @ 528MHz), NEON, 128KB of L2 cache
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 512MB DDR2 RAM
 - 512MB SLC NAND flash
 - Optional serial EEPROM SPI και/or 1-wire EEPROM
 - SD/MMC slot (4-bit)
 - MicroSD slot (4-bit)
- Έξοδος Οθόνης: HDMI port (720p), 24-bit LCD interface (LCD TFT controller)
- Δίκτυο: Fast Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):

- 2x USB host ports
- Micro-USB (AB) device port
- Serial DBGU interface (3V3-level)
- JTAG connector
- EDBG interface
- SPI interface
- 7x headers compatible με Arduino R3-compatible PIO signals
- 2x Xplained headers
- Λοιπά χαρακτηριστικά: reset και startup buttons, general-purpose user button, 2x LEDs
- Τροφοδοσία:
 - 5V from USB, power jack, or Arduino shield
 - PMIC
 - Battery socket
- Διαστάσεις: 138 x 88 x 20mm
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 0 to 70°C
- Λειτουργικό σύστημα: Linux

74. Tritium

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Tritium:

- Επεξεργαστής: Allwinner H2+/H3 SoC (4x ARM Cortex-A7 cores, ARM Mali-400 MP2 GPU) or Allwinner H5 SoC (4x ARM Cortex-A53 cores, ARM Mali-450 MP4 GPU)
- Μνήμη: up to 2GB DDR3 SDRAM
- Αποθηκευτικά μέσα:
 - MicroSD slot
 - eMMC 4.x interface
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - HDMI 1.4 με HDCP 1.2
 - 3.5mm TRRS AV jack
- Δίκτυο: 10/100 Ethernet
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 4x USB 2.0 Type A ports
 - IR Receiver
 - UART (header)
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης: 40-pin RPi 3 Model B style header (PWM, I2C, SPI, GPIO)
- Τροφοδοσία: 5V DC input via Micro-USB connector
- Λοιπά χαρακτηριστικά: U-Boot button
- Λειτουργικό σύστημα: Linux 4.16+/3.4, Debian 9, Ubuntu 16.04, Android Nougat

75. Udo0 Quad / Dual / Dual Basic

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το UDOO SBC:

- Primary SOC — Dual- or quad-core Freescale i.MX6 ARM Cortex-A9, clocked at 1GHz
- Integrated graphics — each ARM Cortex-A9 processor provides 3 graphics accelerators for 2D, OpenGL ES2.0 3D και OpenVG
- Secondary SOC — Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 SOC
- 1GB DDR3 RAM
- MicroSD socket (boot device)
- Video out — HDMI και LVDS
- Touch interface — I2C signals
- Analog audio in/out
- Gigabit Ethernet
- WiFi Module
- 1x USB και 1x USB OTG, 2x USB type A
- SATA (only on quad-core version)
- Camera interface
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης:
 - 54-pin Arduino R3 1.0-compatible
 - Provides digital I/O και analog input
- Διαστάσεις: 110 x 86.5 mm
- Τροφοδοσία: 5-12V
- Λειτουργικό σύστημα: Android, Linux

76. Udo0 X86

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Udo0 X86:

- Επεξεργαστής: Intel Braswell:
 - Basic — Atom x5-E8000 (4x Braswell cores @ 1.04GHz με 2.00GHz burst), 5W TDP, 320MHz Intel Gen 8-LP GPU με 12 execution units
 - Advanced — Celeron N3160 (4x Braswell cores @ 1.60GHz με 2.24GHz burst), 6W TDP, 640MHz Intel Gen 8-LP GPU με 12 execution units
- Επέκταση Intel Curie:
 - Intel Quark SE MCU @ 32MHz
 - 32-bit ARC MCU
- Μνήμη / Αποθηκευτικά μέσα:
 - 2GB (Basic) or 4GB dual-channel (Advanced) DDR3L RAM
 - 8GB eMMC
 - MicroSD slot
 - SATA connector
 - Optional Transcend MTS600 32GB SATA III (6Gbps) SSD, available με performance kit
- Δυνατότητες απεικόνισης:
 - HDMI port με CEC
 - 2x DisplayPort++
 - HW video decode — H.265/HEVC, H.264, MPEG2, MVC, VC-1, WMV9, JPEG, VP8
 - HW video encode — H.264, MVC, JPEG
 - Touchscreen management signals on exp. connector
- Audio:
 - Mic/headphone connector
 - Internal speaker header
 - S/PDIF output
- Ασύρματη Επικοινωνία:
 - BLE (Bluetooth Low Energy) via Curie
 - M.2 Key B slot με optional wireless module (802.11ac και BT 4.0), available με performance kit
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 3x USB 3.0 ports
 - 2x UART headers
 - Up to 20x ext. GPIOs (LPC, 2x I2C, GPIOs, touchscreen management)
 - RC5 IR interface
- Είσοδος / Έξοδος Επέκτασης Intel Curie:
 - SPI flash
 - JTAG
 - Arduino 101-compatible pinout
 - 14x digital I/O pinout (4x PWM)

- 6x analog I/O pinout (10-bit)
- Λοιπά χαρακτηριστικά:
 - RTC battery connector
 - Multiboot from LAN, M.2, microSD, eMMC, USB 3.0, SATA
 - 6-axis combo sensor με accelerometer και gyro
 - Supports optional Udoo Bricks sensor modules via I2C connector
 - Optional starter kit με 12V power adapter, HDMI cable, SATA και power cables, acrylic enclosure
 - Optional performance kit με 32GB SATA, M.2 wireless, starter kit items
 - Optional cluster kit με 4x power adapters
- Τροφοδοσία:
 - 3.3V input
 - All pins protected against 5V overvoltage
 - Optional 12V 3A AC adapter (USA/EU/UK) via starter kit or 4x adapters via cluster kit
- Διαστάσεις: 120 x 85mm (4.72 x 3.35 in.)
- Λειτουργικό σύστημα: Linux, Android, Windows 7/8.1/10

77. UP board

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το UP board SBC:

- Επεξεργαστής: Intel Atom x5-Z8350 (4x Cherry Trail cores @ 1.44GHz / 1.92GHz burst), Intel HD 400 Graphics (200MHz/500MHz)
- Μνήμη: 1GB, 2GB, or 4GB DDR3L-1600 RAM, 16GB or 32GB eMMC flash
- Οθόνη / Κάμερα:
 - DSI (HDMI 1.4b) I2S audio port
 - eDP
 - CSI (4-megapixel) port
 - Up to 3-4 meters indoors, longer range outdoors
 - Depth/IR modes — 640 x 480 pixels @ 60fps
 - RGB mode — 1080p @ 30fps
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 3.0 port
 - 6x USB 2.0 ports (2x via headers)
 - I2S audio port
 - 40-pin expansion bus (supported by Altera Max V. ADC 8-bit @ 188ksos)
- Λοιπά χαρακτηριστικά: RTC
- Τροφοδοσία: 5V DC-in @ 3A 5.5/2.1mm jack
- Διαστάσεις: 85.60 × 56.5mm
- Λειτουργικό σύστημα: Ubuntu Linux

78. UP Core

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το UP Core:

- Επεξεργαστής: Intel Atom x5-Z8350 (4x Cherry Trail cores @ 1.44GHz / 1.84GHz burst), Intel HD 400 Graphics (200MHz/500MHz)
- Μνήμη: 1GB, 2GB, or 4GB DDR3L-1600 RAM, 16GB, 32GB, or 64GB eMMC flash
- Οθόνη / Κάμερα:
 - HDMI 1.4b port με audio (via docking)
 - eDP (DSI)
 - 2x MIPI-CSI (2-lane και 4-lane)
- Ασύρματη Επικοινωνία: 2.4GHz 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.0 BLE, antenna
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 3.0 port
 - 2x USB 2.0 via headers
 - I2S audio (via docking)
 - 100-pin docking connector to carrier με HAT40 compatibility
- Λοιπά χαρακτηριστικά: RTC

- Τροφοδοσία: 5V DC-in @ 4A 5.5/2.1mm jack
- Διαστάσεις: 66 x 56.5mm
- Λειτουργικό σύστημα: Linux (Ubuntu, ubilinux, Yocto), Android Marshmallow, Windows 10 (full), Windows 10 IoT Core

79. UP Squared

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Up Squared SBC:

- Επεξεργαστής: Intel Apollo Lake Celeron N3350 (2x @ 1.1GHz/2.4GHz) or Pentium N4200 (4x @ 1.1GHz/2.5GHz), both με 6W TDP και Intel Gen9 HD 500/505 graphics
- FPGA: Altera (Intel) Max 10
- Μνήμη:
 - Μνήμη: 2GB, 4GB, or 8GB LPDDR4
 - Flash — 32GB, 64GB, or 128GB eMMC 5.0
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: SATA 3 interface
- Δίκτυο: 2x Gigabit Ethernet ports
- Είσοδος / Έξοδος Πολυμέσων:
 - 2x HDMI 1.4b ports με 4K@30fps
 - eDP interface
 - Triple display support
 - I2S audio port
 - MIPI CSI 2- και 4-lane camera interfaces
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - 3x USB 3.0 ports
 - Micro-USB 3.0 OTG port
 - 2x USB 2.0 interfaces
 - 2x UART
 - JTAG debug port for FPGA
 - Fan interface
 - 40-pin, RPi-like expansion (driven by FPGA)
 - 60-pin EXHAT expansion for GPIO (driven by FPGA)
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης: Mini-PCIe slot, M.2 2230 E-key
- Λοιπά χαρακτηριστικά: RTC, reset button και header
- Τροφοδοσία: 5V DC jack @ 4A, power available on header
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 0 to 60°C
- Λειτουργικό σύστημα: Linux (Ubuntu, Ubilinux, Yocto), Android Marshmallow, Windows 10 IoT Enterprise

80. USB Armory

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το USB Armory:

- Επεξεργαστής: Freescale i.MX53 (1x Cortex-A8 @ 800MHz)
- Μνήμη: 512MB DDR3 RAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: MicroSD slot με secure boot
- Είσοδος / Έξοδος (Standard I/O):
 - USB 2.0 OTG port με power support και device emulation
 - 7-pin breakout header με GPIOs και UART
- Λοιπά χαρακτηριστικά: ARM TrustZone support, customizable LED με secure mode detection
- Τροφοδοσία: 5V, via USB, <500 mA consumption
- Διαστάσεις: 65 x 19 x 6mm
- Λειτουργικό σύστημα: Android, Linux (ships με Debian και Ubuntu images), FreeBSD

81. VoltaStream Zero

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το VoltaStream Zero:

- Επεξεργαστής: NXP i.MX6 ULL (1x 1x Cortex-A7 @ 996MHz)
- Μνήμη: 512MB, expandable to 1GB RAM
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: MicroSD slot
- Ήχος:
 - TI BurrBrown PCM5121 or PCM5142 DAC (via I2S) με HW volume control
 - I2S for GPIO access
 - S/PDIF header
 - 3.5mm TOSLINK και analog audio jack
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB host port με free WiFi dongle
 - Micro-USB client port με power support
 - 40-pin GPIO header με 28x GPIO (5V, 3V3, GND, 2x UART, flexCAN, 2x I2C, SPI, I2S, 3x PWM, S/PDIF in)
- Λοιπά χαρακτηριστικά: power switch, RTC support integrated in SoC
- Τροφοδοσία: 5V via micro-USB or header, PMIC
- Κατανάλωση: 0.1W (Linux suspend), 0.25W (Linux idle), 1.1W (USB WIFI busy)
- Λειτουργικό σύστημα:
 - Linux:
 - PolyOS (Yocto), PolyBian (Debian), Volumio

82. Wand-Pi-8M

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Wand-Pi-8M-Lite, -Pro, και -Deluxe boards:

- Επεξεργαστής: i.MX8M (4x Cortex-A53 @ 1.3GHz), Vivante GC7000Lite GPU, Cortex-M4 MCU
- Μνήμη: 1GB DDR4 (Lite) or 2GB DDR4 (Pro και Deluxe)
- Αποθηκευτικές δυνατότητες: 4GB (Lite), 8GB (Pro), or 16GB (Deluxe) eMMC
- Έξοδος Οθόνης: HDMI port at up to 3840 x 2160 (4K HDR)
- Ασύρματη Επικοινωνία: (Pro και Deluxe) Qualcomm Atheros QCA9377 module με 802.11 a/b/g/n/ac και Bluetooth 4.2 (BR+EDR+BLE) και MHF4 antenna connector
- Δίκτυο: Gigabit Ethernet port (Atheros AR8035)
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - USB 3.0 host port
 - USB 3.0 Type-C port με 5V input support
 - Micro-USB debug port
 - 2x MIPI-CSI
- Είσοδος / Έξοδος σύνδεσης επέκτασης: 40-pin RPi-compatible GPIO header, mikroBus connector
- Λοιπά χαρακτηριστικά: Reset button
- Τροφοδοσία: 5V DC input via USB Type-C, NXP PF4210 PMIC
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 0 to 50°C
- Αντοχή σε κραδασμούς: 50G/25ms
- Αντοχή σε δονήσεις: 20G/0-600Hz
- Διαστάσεις: 85 x 56 x 19.3mm
- Λειτουργικό σύστημα: Linux, Yocto, Ubuntu, Android Oreo

83. Z-turn Board

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Z-turn Board:

- Επεξεργαστής: Xilinx Zynq-7010 (2x ARM Cortex-A9 cores @ 667MHz, plus FPGA) or optional Zynq-7020
- Μνήμη:
 - 1GB DDR3 RAM
 - 512MB NAND flash (reserved)
 - 16MB SPI Flash
 - TF (SD) slot με 4GB card
- Έξοδος Οθόνης: HDMI port
- Δίκτυο: 10/100/1000 Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - Mini-USB 2.0 OTG port
 - Mini-USB-UART debug port
 - CAN interface

- JTAG interface
- Expansion interface for FPGA signals:
 - 2x 80-pin, 1.27mm pitch SMT female expansion connectors
 - 90x (7010) ή 106x (7020) user pins
 - Configurable as up to 39x LVDS pairs
- Λοιπά χαρακτηριστικά:
 - 3-axis accelerometer
 - Temperature sensor
 - Reset και user buttons
 - 4-channel toggle switch
 - Boot select switch
 - 5x LEDs (3x user)
 - Buzzer
- Διαστάσεις: 102 x 63mm
- Τροφοδοσία: 5V DC in
- Λειτουργικό σύστημα: Linux 3.15.0

84. Z-turn Lite

Τεχνικά χαρακτηριστικά για το Z-turn Lite:

- Επεξεργαστής: choice of Xilinx Zynq-7000 ARM/FPGA SoCs:
 - Zynq-7007S — 1x Cortex-A9 core @ 766MHz, 23K FPGA logic cells
 - Zynq-7010 — 2x Cortex-A9 cores @ 866MHz, 28K FPGA logic cells
- Μνήμη:
 - 512MB DDR3 SDRAM
 - 4GB eMMC flash
 - 16MB QSPI flash
 - TF (SD) slot
- Δίκτυο: 10/100/1000 Ethernet port
- Άλλες δυνατότητες Εισόδου / Εξόδου (I/O):
 - Micro-USB 2.0 OTG port
 - UART debug port (header)
 - JTAG interface (header)
- FPGA I/O — 120-pin (0.5mm pitch) socket με 84x programmable I/O lines (on rear of board)
- Λοιπά χαρακτηριστικά: watchdog, 2x pushbuttons, 5x LEDs, boot και power configuration headers
- Διαστάσεις: 91 x 63mm
- Τροφοδοσία: 5VDC @ 2A, 8W consumption (typ.)
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 0 to 70°C
- Λειτουργικό σύστημα: Linux 3.15.0

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Γ»

ΚΩΔΙΚΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΙΕΠΑΦΗΣ ΔΙΕΛΕΥΣΕΩΣ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ

ΑΡΧΕΙΟ «helloworld.c»

1. Κώδικας Προγράμματος helloworld.c

Κώδικας προγράμματος του αρχείου «helloworld.c» γραμμένος σε «C» με χρήση Διεπαφής Διελεύσεως Μηνυμάτων (Message Passing Interface - MPI) για την δοκιμή λειτουργίας της Συστάδας.

Έναρξη κώδικα

```
#include <mpi.h>

#include <stdio.h>

int main(int argc, char** argv) {

    // Initialize the MPI environment

    MPI_Init(NULL, NULL);

    // Get the number of processes

    int world_size;

    MPI_Comm_size(MPI_COMM_WORLD, &world_size);

    // Get the rank of the process

    int world_rank;

    MPI_Comm_rank(MPI_COMM_WORLD, &world_rank);

    // Get the name of the processor

    char processor_name[MPI_MAX_PROCESSOR_NAME];

    int name_len;

    MPI_Get_processor_name(processor_name, &name_len);
```

```
// Print off a hello world message

printf("Hello world from processor %s, rank %d out of %d processors\n",
      processor_name, world_rank, world_size);

// Finalize the MPI environment.

MPI_Finalize();

}
```

Λήξη Κώδικα

Συντάκτης: Wes Kendall (github.com/wesleykendall/mpitutorial)

Αρχικό όνομα αρχείου «mpi_hello_world.c»

Σελίδα σκόπιμα κενή

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Δ»

ΑΡΧΕΙΟ ΕΙΣΟΔΟΥ «HPLINPACK BENCHMARK»

1. Αρχείο HPL.dat

Το αρχείο εισόδου δίνει στην εφαρμογή «HPLinpack benchmark» τα στοιχεία που χρειάζεται σχετικά με την εκτέλεση και τον υπολογισμό των προβλημάτων.

Η αρχική μορφή του αρχείου είναι η εξής:

Έναρξη κώδικα

```
HPLinpack benchmark input file
Innovative Computing Laboratory, University of Tennessee
HPL.out      output file name (if any)
6           device out (6=stdout,7=stderr,file)
1           # of problems sizes (N)
5040        Ns
1           # of NBs
128         NBs
0           PMAP process mapping (0=Row-,1=Column-major)
1           # of process grids (P x Q)
1           Ps
1           Qs
16.0        threshold
1           # of panel fact
2           PFACTs (0=left, 1=Crout, 2=Right)
1           # of recursive stopping criterium
4           NBMINs (>= 1)
1           # of panels in recursion
2           NDIVs
1           # of recursive panel fact.
1           RFACTs (0=left, 1=Crout, 2=Right)
1           # of broadcast
1           BCASTs (0=1rg,1=1rM,2=2rg,3=2rM,4=Lng,5=LnM)
1           # of lookahead depth
1           DEPTHS (>=0)
2           SWAP (0=bin-exch,1=long,2=mix)
64          swapping threshold
0           L1 in (0=transposed,1=no-transposed) form
0           U  in (0=transposed,1=no-transposed) form
1           Equilibration (0=no,1=yes)
8           memory alignment in double (> 0)
```

Λήξη Κώδικα

2. Αρχείο HPL.dat – Ανάλυση Παραμέτρων

Στο αρχείο «HPL.dat» μπορούν με την σειρά να επιλεγούν οι εξής παράμετροι:

- Το όνομα του αρχείου εξόδου.
- Η συσκευή εξόδου.

- Το πλήθος των προβλημάτων.
- Το μέγεθος του κάθε προβλήματος.
- Το πλήθος των μπλοκ.
- Το μέγεθος του κάθε μπλοκ.
- Ο τρόπος χαρτογράφησης των διαδικασιών MPI στους κόμβους.
- Το πλήθος των πλεγμάτων ($P \times Q$).
- Το πλήθος των τμημάτων του προβλήματος (P_s) (γραμμές).
- Το πλήθος των τμημάτων του κάθε τμήματος του προβλήματος (Q_s) (στήλες).
- Το κατώτατο όριο στο οποίο πρέπει να συγκριθούν τα υπόλοιπα (threshold).
- Οι ρυθμίσεις παραγοντοποίησης (# of panel fact, PFACTs, # of recursive stopping criterium, NBMINS, # of panels in recursion, NDIVs, # of recursive panel fact, RFACTs).
- Ο τρόπος μετάδοσης αλγορίθμου (# of broadcast, BCASTs).
- Ο τρόπος παραγοντοποίησης των πινάκων (# of lookahead depth, DEPTHS).
- Ο αλγόριθμος εναλλαγής (SWAP. swapping threshold).
- Το είδος αποθήκευσης του άνω τρίγωνο του πλαισίου (L1).
- Το είδος αποθήκευσης των γραμμών (U).
- Προσδιορισμός εξισορρόπησης (Equilibration).
- Προσδιορισμός ευθυγράμμισης στην μνήμη (memory alignment in double).

Σελίδα σκόπιμα κενή

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Ε»

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ «HPLINPACK BENCHMARK»

1. Κόμβος (Πυρήνες 1, N=5040, NB=128, P=1, Q=1)

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:
T/V : Wall time / encoded variant.
N : The order of the coefficient matrix A.
NB : The partitioning blocking factor.
P : The number of process rows.
Q : The number of process columns.
Time : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```
N      : 5040
NB     : 128
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 1
Q      : 1
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
```

```
-----
- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:
  ||Ax-b||_oo / ( eps * ( || x ||_oo * || A ||_oo + || b ||_oo ) * N )
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0
```

```
=====
T/V          N   NB   P   Q           Time           Gflops
-----
WR11C2R4     5040  128   1   1           190.84           4.474e-01
HPL_pdgesv() start time Sun Jan  6 04:07:01 2019

HPL_pdgesv() end time   Sun Jan  6 04:10:12 2019
```

```
-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)= 0.0021492 ..... PASSED
=====
```

```
Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
```

End of Tests.

=====

2. Κόμβος (Πυρήνες 4, N=5040, NB=128, P=1, Q=1)

=====

HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
 Written by A. Petit et and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
 Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
 Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver

=====

An explanation of the input/output parameters follows:
 T/V : Wall time / encoded variant.
 N : The order of the coefficient matrix A.
 NB : The partitioning blocking factor.
 P : The number of process rows.
 Q : The number of process columns.
 Time : Time in seconds to solve the linear system.
 Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

N : 5040
 NB : 128
 PMAP : Row-major process mapping
 P : 1
 Q : 1
 PFACT : Right
 NBMIN : 4
 NDIV : 2
 RFACT : Crout
 BCAST : 1ringM
 DEPTH : 1
 SWAP : Mix (threshold = 64)
 L1 : transposed form
 U : transposed form
 EQUIL : yes
 ALIGN : 8 double precision words

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N}$$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

=====

| T/V | N | NB | P | Q | Time | Gflops |
|----------|------|-----|---|---|--------|-----------|
| WR11C2R4 | 5040 | 128 | 1 | 1 | 195.37 | 4.370e-01 |

HPL_pdgesv() start time Sun Jan 6 04:33:57 2019

HPL_pdgesv() end time Sun Jan 6 04:37:12 2019

$\|Ax-b\|_{\infty}/(\text{eps}*(\|A\|_{\infty}\|x\|_{\infty}+\|b\|_{\infty})*N)=$ 0.0021492 PASSED

=====

Finished 1 tests with the following results:
 1 tests completed and passed residual checks,
 0 tests completed and failed residual checks,
 0 tests skipped because of illegal input values.

End of Tests.

3. Κόμβος (Πυρήνες 4, N=6528, NB=128, P=1, Q=4)

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:

```
T/V      : Wall time / encoded variant.
N        : The order of the coefficient matrix A.
NB       : The partitioning blocking factor.
P        : The number of process rows.
Q        : The number of process columns.
Time     : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops   : Rate of execution for solving the linear system.
```

The following parameter values will be used:

```
N       : 6528
NB      : 128
PMAP    : Row-major process mapping
P       : 1
Q       : 4
PFACT   : Right
NBMIN   : 4
NDIV    : 2
RFACT   : Crout
BCAST   : 1ringM
DEPTH   : 1
SWAP    : Mix (threshold = 64)
L1      : transposed form
U       : transposed form
EQUIL   : yes
ALIGN   : 8 double precision words
```

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N}$$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```
=====
```

| T/V | N | NB | P | Q | Time | Gflops |
|----------|------|-----|---|---|-------|-----------|
| WR11C2R4 | 6528 | 128 | 1 | 4 | 89.23 | 2.079e+00 |

```
HPL_pdgesv() start time Thu Jan 17 03:27:26 2019
```

```
HPL_pdgesv() end time Thu Jan 17 03:28:55 2019
```

```
-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)= 0.0021824 ..... PASSED
=====
```

```
Finished 1 tests with the following results:
1 tests completed and passed residual checks,
0 tests completed and failed residual checks,
0 tests skipped because of illegal input values.
```

End of Tests.

4. Κόμβος (Πυρήνες 4, N=6528, NB=128, P=2, Q=2)

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitot and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:

```
T/V      : Wall time / encoded variant.
N        : The order of the coefficient matrix A.
NB       : The partitioning blocking factor.
P        : The number of process rows.
Q        : The number of process columns.
Time     : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops   : Rate of execution for solving the linear system.
```

The following parameter values will be used:

```
N      : 6528
NB     : 128
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 2
Q      : 2
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
```

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N}$$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```
=====
```

| T/V | N | NB | P | Q | Time | Gflops |
|----------|------|-----|---|---|-------|-----------|
| WR11C2R4 | 6528 | 128 | 2 | 2 | 82.68 | 2.244e+00 |

```
HPL_pdgesv() start time Thu Jan 17 03:44:15 2019
HPL_pdgesv() end time Thu Jan 17 03:45:38 2019
```

```
=====
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)= 0.0020437 ..... PASSED
=====
```

```
Finished      1 tests with the following results:
               1 tests completed and passed residual checks,
               0 tests completed and failed residual checks,
               0 tests skipped because of illegal input values.
```

 End of Tests.
 =====

5. Κόμβος (Πυρήνες 4, N=6528, NB=128, P=4, Q=1)

=====

```
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
```

=====

An explanation of the input/output parameters follows:
 T/V : Wall time / encoded variant.
 N : The order of the coefficient matrix A.
 NB : The partitioning blocking factor.
 P : The number of process rows.
 Q : The number of process columns.
 Time : Time in seconds to solve the linear system.
 Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```
N      : 6528
NB     : 128
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 4
Q      : 1
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
```

-
- The matrix A is randomly generated for each test.
 - The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N}$$
 - The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
 - Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

=====

| T/V | N | NB | P | Q | Time | Gflops |
|----------|------|-----|---|---|-------|-----------|
| WR11C2R4 | 6528 | 128 | 4 | 1 | 86.68 | 2.140e+00 |

HPL_pdgesv() start time Thu Jan 17 03:40:14 2019

HPL_pdgesv() end time Thu Jan 17 03:41:40 2019

$\|Ax-b\|_{\infty}/(\text{eps}*(\|A\|_{\infty}\|x\|_{\infty}+\|b\|_{\infty})*N)=$ 0.0021637 PASSED

=====

Finished 1 tests with the following results:
 1 tests completed and passed residual checks,
 0 tests completed and failed residual checks,

0 tests skipped because of illegal input values.

End of Tests.
=====

6. Κόμβος (Πυρήνες 4, N=12544, NB=96, P=2, Q=2) [Max]

=====

```
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petit et and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
```

=====

An explanation of the input/output parameters follows:

```
T/V      : Wall time / encoded variant.
N        : The order of the coefficient matrix A.
NB       : The partitioning blocking factor.
P        : The number of process rows.
Q        : The number of process columns.
Time     : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops   : Rate of execution for solving the linear system.
```

The following parameter values will be used:

```
N      : 12544
NB     : 96
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 2
Q      : 2
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
```

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N}$$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

=====

| T/V | N | NB | P | Q | Time | Gflops |
|----------|-------|----|---|---|--------|-----------|
| WR11C2R4 | 12544 | 96 | 2 | 2 | 477.03 | 2.759e+00 |

HPL_pdgesv() start time Fri Mar 9 21:33:07 2114

HPL_pdgesv() end time Fri Mar 9 21:41:04 2114

```
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)= 0.0013669 ..... PASSED
```

=====

Finished 1 tests with the following results:
1 tests completed and passed residual checks,

0 tests completed and failed residual checks,
 0 tests skipped because of illegal input values.

 End of Tests.
 =====

7. Κόμβος (Πυρήνες 4, N=13056, NB=96, P=2, Q=2) [Max]

=====

```
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
```

=====

An explanation of the input/output parameters follows:

T/V : Wall time / encoded variant.
 N : The order of the coefficient matrix A.
 NB : The partitioning blocking factor.
 P : The number of process rows.
 Q : The number of process columns.
 Time : Time in seconds to solve the linear system.
 Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```
N      : 13056
NB     : 96
PMAP  : Row-major process mapping
P      : 2
Q      : 2
PFACT : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
```

-
- The matrix A is randomly generated for each test.
 - The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N}$$
 - The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
 - Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

=====

| T/V | N | NB | P | Q | Time | Gflops |
|----------|-------|----|---|---|--------|-----------|
| WR11C2R4 | 13056 | 96 | 2 | 2 | 537.86 | 2.759e+00 |

HPL_pdgesv() start time Fri Mar 9 21:48:41 2114

HPL_pdgesv() end time Fri Mar 9 21:57:39 2114

$\|Ax-b\|_{\infty}/(\text{eps}*(\|A\|_{\infty}\|x\|_{\infty}+\|b\|_{\infty})*N)=$ 0.0010780 PASSED

=====

Finished 1 tests with the following results:

1 tests completed and passed residual checks,
 0 tests completed and failed residual checks,
 0 tests skipped because of illegal input values.

 End of Tests.
 =====

8. Συστάδα (Πυρήνες 20, N=10880, NB=128, P=1, Q=20)

=====

```
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
```

=====

An explanation of the input/output parameters follows:

T/V : Wall time / encoded variant.
 N : The order of the coefficient matrix A.
 NB : The partitioning blocking factor.
 P : The number of process rows.
 Q : The number of process columns.
 Time : Time in seconds to solve the linear system.
 Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```
N      : 10880
NB     : 128
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 1
Q      : 20
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
```

-
- The matrix A is randomly generated for each test.
 - The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty}) * N)}$$
 - The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
 - Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

=====

| T/V | N | NB | P | Q | Time | Gflops |
|----------|-------|-----|---|----|-------|-----------|
| WR11C2R4 | 10880 | 128 | 1 | 20 | 98.21 | 8.744e+00 |

HPL_pdgesv() start time Fri Mar 9 15:19:58 2114

HPL_pdgesv() end time Fri Mar 9 15:21:36 2114

$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|A\|_{\infty} * \|x\|_{\infty} + \|b\|_{\infty}) * N)} = 0.0014254 \dots \text{PASSED}$

=====

Finished 1 tests with the following results:
 1 tests completed and passed residual checks,
 0 tests completed and failed residual checks,
 0 tests skipped because of illegal input values.

 End of Tests.
 =====

9. Συστάδα (Πυρήνες 20, N=10880, NB=128, P=2, Q=10)

=====

```
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
```

=====

An explanation of the input/output parameters follows:
 T/V : Wall time / encoded variant.
 N : The order of the coefficient matrix A.
 NB : The partitioning blocking factor.
 P : The number of process rows.
 Q : The number of process columns.
 Time : Time in seconds to solve the linear system.
 Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```
N      : 10880
NB     : 128
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 2
Q      : 10
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
```

-
- The matrix A is randomly generated for each test.
 - The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{\epsilon * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty}) * N}$$
 - The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
 - Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

=====

| T/V | N | NB | P | Q | Time | Gflops |
|----------|-------|-----|---|----|-------|-----------|
| WR11C2R4 | 10880 | 128 | 2 | 10 | 97.71 | 8.789e+00 |

HPL_pdgesv() start time Fri Mar 9 15:23:51 2114
 HPL_pdgesv() end time Fri Mar 9 15:25:29 2114

$\|Ax-b\|_{\infty}/(\epsilon*(\|A\|_{\infty}*\|x\|_{\infty}+\|b\|_{\infty})*N)=$ 0.0013728 PASSED

=====

Finished 1 tests with the following results:
 1 tests completed and passed residual checks,
 0 tests completed and failed residual checks,
 0 tests skipped because of illegal input values.

 End of Tests.
 =====

10. Συστάδα (Πυρήνες 20, N=10880, NB=128, P=4, Q=5)

=====

```
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
```

=====

An explanation of the input/output parameters follows:
 T/V : Wall time / encoded variant.
 N : The order of the coefficient matrix A.
 NB : The partitioning blocking factor.
 P : The number of process rows.
 Q : The number of process columns.
 Time : Time in seconds to solve the linear system.
 Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```
N      : 10880
NB     : 128
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 4
Q      : 5
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
```

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N}$$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

=====

| T/V | N | NB | P | Q | Time | Gflops |
|----------|-------|-----|---|---|-------|-----------|
| WR11C2R4 | 10880 | 128 | 4 | 5 | 97.16 | 8.839e+00 |

HPL_pdgesv() start time Fri Mar 9 15:26:37 2114
 HPL_pdgesv() end time Fri Mar 9 15:28:14 2114

$\|Ax-b\|_{\infty}/(\text{eps}*(\|A\|_{\infty}*\|x\|_{\infty}+\|b\|_{\infty})*N)=$ 0.0017095 PASSED

```

=====
Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
=====
    
```

End of Tests.

11. Συστάδα (Πυρήνες 20, N=10880, NB=128, P=5, Q=4)

```

=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
    
```

An explanation of the input/output parameters follows:

```

T/V      : Wall time / encoded variant.
N        : The order of the coefficient matrix A.
NB       : The partitioning blocking factor.
P        : The number of process rows.
Q        : The number of process columns.
Time     : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops   : Rate of execution for solving the linear system.
    
```

The following parameter values will be used:

```

N       : 10880
NB      : 128
PMAP    : Row-major process mapping
P       : 5
Q       : 4
PFACT   : Right
NBMIN   : 4
NDIV    : 2
RFACT   : Crout
BCAST   : 1ringM
DEPTH   : 1
SWAP    : Mix (threshold = 64)
L1      : transposed form
U       : transposed form
EQUIL   : yes
ALIGN   : 8 double precision words
    
```

```

-----
- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:
  ||Ax-b||_oo / ( eps * ( || x ||_oo * || A ||_oo + || b ||_oo ) * N )
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0
    
```

```

=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4    10880  128   5    4          96.02          8.944e+00
HPL_pdgesv() start time Fri Mar 9 15:29:03 2114
HPL_pdgesv() end time   Fri Mar 9 15:30:39 2114
=====
    
```

||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)= 0.0014311 PASSED
 =====

Finished 1 tests with the following results:
 1 tests completed and passed residual checks,
 0 tests completed and failed residual checks,
 0 tests skipped because of illegal input values.

 End of Tests.
 =====

12. Συστάδα (Πυρήνες 20, N=10880, NB=128, P=10, Q=2)

=====

HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
 Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
 Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
 Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
 =====

An explanation of the input/output parameters follows:

T/V : Wall time / encoded variant.
 N : The order of the coefficient matrix A.
 NB : The partitioning blocking factor.
 P : The number of process rows.
 Q : The number of process columns.
 Time : Time in seconds to solve the linear system.
 Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

N : 10880
 NB : 128
 PMAP : Row-major process mapping
 P : 10
 Q : 2
 PFACT : Right
 NBMIN : 4
 NDIV : 2
 RFACT : Crout
 BCAST : 1ringM
 DEPTH : 1
 SWAP : Mix (threshold = 64)
 L1 : transposed form
 U : transposed form
 EQUIL : yes
 ALIGN : 8 double precision words

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{\left(\epsilon \cdot (\|x\|_{\infty} \cdot \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty}) \cdot N\right)}$$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

=====

| T/V | N | NB | P | Q | Time | Gflops |
|----------|-------|-----|----|---|--------|-----------|
| WR11C2R4 | 10880 | 128 | 10 | 2 | 117.15 | 7.331e+00 |

HPL_pdgesv() start time Fri Mar 9 15:32:13 2114
 HPL_pdgesv() end time Fri Mar 9 15:34:10 2114

```
-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=      0.0017769 ..... PASSED
=====
```

```
Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
```

End of Tests.

13. Συστάδα (Πυρήνες 20, N=10880, NB=128, P=20, Q=1)

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:

```
T/V      : Wall time / encoded variant.
N        : The order of the coefficient matrix A.
NB       : The partitioning blocking factor.
P        : The number of process rows.
Q        : The number of process columns.
Time     : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops   : Rate of execution for solving the linear system.
```

The following parameter values will be used:

```
N       : 10880
NB      : 128
PMAP    : Row-major process mapping
P       : 20
Q       : 1
PFACT   : Right
NBMIN   : 4
NDIV    : 2
RFACT   : Crout
BCAST   : 1ringM
DEPTH   : 1
SWAP    : Mix (threshold = 64)
L1      : transposed form
U       : transposed form
EQUIL   : yes
ALIGN   : 8 double precision words
```

```
-----
- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:
  ||Ax-b||_oo / ( eps * ( || x ||_oo * || A ||_oo + || b ||_oo ) * N )
- The relative machine precision (eps) is taken to be      1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0
```

```
=====
T/V          N   NB   P   Q           Time           Gflops
-----
WR11C2R4    10880  128  20  1           169.12           5.078e+00
HPL_pdgesv() start time Fri Mar 9 15:38:29 2114

HPL_pdgesv() end time   Fri Mar 9 15:41:18 2114
```

```
-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=          0.0013393 ..... PASSED
=====
```

```
Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
```

End of Tests.

14. Συστάδα (Πυρήνες 20, N=18432, NB=96, P=5, Q=4)

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:
T/V : Wall time / encoded variant.
N : The order of the coefficient matrix A.
NB : The partitioning blocking factor.
P : The number of process rows.
Q : The number of process columns.
Time : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```
N      : 18432
NB     : 96
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 5
Q      : 4
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
```

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty}) * N)}$$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```
=====
T/V          N   NB   P   Q           Time           Gflops
-----
WR11C2R4    18432  96   5   4           351.57           1.188e+01
HPL_pdgesv() start time Fri Mar 9 15:42:46 2114
```

HPL_pdgesv() end time Fri Mar 9 15:48:38 2114

```
-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)= 0.0008683 ..... PASSED
-----
```

```
Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
```

End of Tests.
=====

15. Συστάδα (Πυρήνες 20, N=18432, NB=128, P=5, Q=4)

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:

```
T/V      : Wall time / encoded variant.
N        : The order of the coefficient matrix A.
NB       : The partitioning blocking factor.
P        : The number of process rows.
Q        : The number of process columns.
Time     : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops   : Rate of execution for solving the linear system.
```

The following parameter values will be used:

```
N       : 18432
NB      : 128
PMAP    : Row-major process mapping
P       : 5
Q       : 4
PFACT   : Right
NBMIN   : 4
NDIV    : 2
RFACT   : Crout
BCAST   : 1ringM
DEPTH   : 1
SWAP    : Mix (threshold = 64)
L1      : transposed form
U       : transposed form
EQUIL   : yes
ALIGN   : 8 double precision words
```

```
-----
- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:
  ||Ax-b||_oo / ( eps * ( || x ||_oo * || A ||_oo + || b ||_oo ) * N )
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0
```

```
=====
T/V          N   NB   P   Q           Time           Gflops
-----
WR11C2R4    18432 128   5   4           1892.98           2.206e+00
HPL_pdgesv() start time Fri Mar 9 16:19:08 2114
```

HPL_pdgesv() end time Fri Mar 9 16:50:41 2114

 $\|Ax-b\|_{\infty} / (\text{eps} * (\|A\|_{\infty} * \|x\|_{\infty} + \|b\|_{\infty}) * N) = 0.0009566 \dots \text{PASSED}$
 =====

Finished 1 tests with the following results:
 1 tests completed and passed residual checks,
 0 tests completed and failed residual checks,
 0 tests skipped because of illegal input values.

 End of Tests.
 =====

16. Συστάδα (Πυρήνες 12, N=18432, NB=256, P=5, Q=4)

=====

HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
 Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
 Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
 Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver

=====

An explanation of the input/output parameters follows:
 T/V : Wall time / encoded variant.
 N : The order of the coefficient matrix A.
 NB : The partitioning blocking factor.
 P : The number of process rows.
 Q : The number of process columns.
 Time : Time in seconds to solve the linear system.
 Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

N : 18432
 NB : 256
 PMAP : Row-major process mapping
 P : 5
 Q : 4
 PFACT : Right
 NBMIN : 4
 NDIV : 2
 RFACT : Crout
 BCAST : 1ringM
 DEPTH : 1
 SWAP : Mix (threshold = 64)
 L1 : transposed form
 U : transposed form
 EQUIL : yes
 ALIGN : 8 double precision words

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:
 $\|Ax-b\|_{\infty} / (\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty}) * N)$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

=====

| T/V | N | NB | P | Q | Time | Gflops |
|----------|-------|-----|---|---|--------|-----------|
| WR11C2R4 | 18432 | 256 | 5 | 4 | 348.19 | 1.199e+01 |

HPL_pdgesv() start time Fri Mar 9 17:05:19 2114

HPL_pdgesv() end time Fri Mar 9 17:11:07 2114

```
-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=      0.0013700 ..... PASSED
=====
```

```
Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
```

End of Tests.
=====

17. Συστάδα (Πυρήνες 20, N=28416, NB=256, P=5, Q=4)

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:
T/V : Wall time / encoded variant.
N : The order of the coefficient matrix A.
NB : The partitioning blocking factor.
P : The number of process rows.
Q : The number of process columns.
Time : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```
N      : 28416
NB     : 256
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 5
Q      : 4
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
```

```
-----
- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:
  ||Ax-b||_oo / ( eps * ( || x ||_oo * || A ||_oo + || b ||_oo ) * N )
- The relative machine precision (eps) is taken to be      1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than      16.0
```

```
=====
T/V          N   NB   P   Q          Time          Gflops
=====
```

```

WR11C2R4      28416  256    5    4      1151.43      1.329e+01
HPL_pdgesv() start time Fri Mar  9 17:47:55 2114

HPL_pdgesv() end time   Fri Mar  9 18:07:06 2114
    
```

```

-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=      0.0009747 ..... PASSED
=====
    
```

```

Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
    
```

End of Tests.

18. Συστάδα (Πυρήνες 20, N=29184, NB=256, P=5, Q=4) [Max]

```

=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
    
```

An explanation of the input/output parameters follows:

```

T/V   : Wall time / encoded variant.
N     : The order of the coefficient matrix A.
NB    : The partitioning blocking factor.
P     : The number of process rows.
Q     : The number of process columns.
Time  : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops : Rate of execution for solving the linear system.
    
```

The following parameter values will be used:

```

N      : 29184
NB     : 256
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 5
Q      : 4
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
    
```

```

-----
- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:
  ||Ax-b||_oo / ( eps * ( || x ||_oo * || A ||_oo + || b ||_oo ) * N )
- The relative machine precision (eps) is taken to be      1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than      16.0
    
```

```

=====
T/V      N    NB    P    Q      Time      Gflops
    
```

```
-----
WR11C2R4      29184  256    5    4      1198.14      1.383e+01
HPL_pdgesv() start time Fri Mar  9 18:11:45 2114

HPL_pdgesv() end time   Fri Mar  9 18:31:43 2114
-----
```

```
=====  
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=      0.0010943 ..... PASSED  
=====
```

```
Finished      1 tests with the following results:  
              1 tests completed and passed residual checks,  
              0 tests completed and failed residual checks,  
              0 tests skipped because of illegal input values.
```

```
-----  
End of Tests.  
=====
```

19. Συστάδα (Πυρήνες 20, N=29440, NB=256, P=5, Q=4)

```
=====  
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016  
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK  
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK  
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver  
=====
```

```
An explanation of the input/output parameters follows:  
T/V   : Wall time / encoded variant.  
N     : The order of the coefficient matrix A.  
NB    : The partitioning blocking factor.  
P     : The number of process rows.  
Q     : The number of process columns.  
Time  : Time in seconds to solve the linear system.  
Gflops : Rate of execution for solving the linear system.
```

The following parameter values will be used:

```
N      : 29440  
NB     : 256  
PMAP  : Row-major process mapping  
P      : 5  
Q      : 4  
PFACT : Right  
NBMIN  : 4  
NDIV   : 2  
RFACT  : Crout  
BCAST  : 1ringM  
DEPTH  : 1  
SWAP   : Mix (threshold = 64)  
L1     : transposed form  
U      : transposed form  
EQUIL  : yes  
ALIGN  : 8 double precision words
```

```
-----  
- The matrix A is randomly generated for each test.  
- The following scaled residual check will be computed:  
  ||Ax-b||_oo / ( eps * ( || x ||_oo * || A ||_oo + || b ||_oo ) * N )  
- The relative machine precision (eps) is taken to be      1.110223e-16  
- Computational tests pass if scaled residuals are less than      16.0  
=====
```

```

T/V                N    NB    P    Q                Time                Gflops
-----
WR11C2R4          29440  256   5    4                1235.99                1.376e+01
HPL_pdgesv() start time Fri Mar  9 18:34:30 2114

HPL_pdgesv() end time  Fri Mar  9 18:55:06 2114
    
```

```

||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=      0.0012377 ..... PASSED
=====
    
```

```

Finished          1 tests with the following results:
                  1 tests completed and passed residual checks,
                  0 tests completed and failed residual checks,
                  0 tests skipped because of illegal input values.
    
```

End of Tests.

20. Συστάδα (Πυρήνες 20, Μέγιστο Παλαιού Πυρήνα)

```

=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
    
```

An explanation of the input/output parameters follows:

```

T/V    : Wall time / encoded variant.
N      : The order of the coefficient matrix A.
NB     : The partitioning blocking factor.
P      : The number of process rows.
Q      : The number of process columns.
Time   : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops : Rate of execution for solving the linear system.
    
```

The following parameter values will be used:

```

N      : 29472
NB     : 96
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 2
Q      : 10
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
    
```

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{\left(\epsilon \cdot \left(\|x\|_{\infty} \cdot \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty}\right) \cdot N\right)}$$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```

=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4    29472  96    2    10        2402.25          7.105e+00
HPL_pdgesv() start time Thu Jan 10 16:00:34 2019

HPL_pdgesv() end time   Thu Jan 10 16:40:36 2019

-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=      0.0008001 ..... PASSED
=====

Finished      1 tests with the following results:
                1 tests completed and passed residual checks,
                0 tests completed and failed residual checks,
                0 tests skipped because of illegal input values.

-----

End of Tests.
=====

```

21. Συστάδα (Κόμβος 1, Πυρήνες 4) [Max]

```

=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====

```

An explanation of the input/output parameters follows:

T/V : Wall time / encoded variant.
N : The order of the coefficient matrix A.
NB : The partitioning blocking factor.
P : The number of process rows.
Q : The number of process columns.
Time : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```

N      : 12544
NB     : 96
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 2
Q      : 2
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words

```

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty}) * N)}$$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```

=====
T/V              N    NB    P    Q              Time              Gflops
-----
WR11C2R4        12544  96    2    2              477.03              2.759e+00
HPL_pdgesv() start time Fri Mar  9 21:33:07 2114

HPL_pdgesv() end time   Fri Mar  9 21:41:04 2114

-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=      0.0013669 ..... PASSED
=====

Finished        1 tests with the following results:
                1 tests completed and passed residual checks,
                0 tests completed and failed residual checks,
                0 tests skipped because of illegal input values.

-----

End of Tests.
=====

```

22. Συστάδα (Κόμβος 1, Πυρήνες 4) [Max] (2 Limit)

```

=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====

```

An explanation of the input/output parameters follows:
T/V : Wall time / encoded variant.
N : The order of the coefficient matrix A.
NB : The partitioning blocking factor.
P : The number of process rows.
Q : The number of process columns.
Time : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```

N      : 13056
NB     : 96
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 2
Q      : 2
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words

```

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N}$$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16

- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```
=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4    13056  96    2    2          537.86          2.759e+00
HPL_pdgesv() start time Fri Mar 9 21:48:41 2114

HPL_pdgesv() end time   Fri Mar 9 21:57:39 2114

-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)= 0.0010780 ..... PASSED
=====
```

```
Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
```

End of Tests.
=====

23. Συστάδα (Κόμβοι 2, Πυρήνες 8) [Max]

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:

```
T/V      : Wall time / encoded variant.
N        : The order of the coefficient matrix A.
NB       : The partitioning blocking factor.
P        : The number of process rows.
Q        : The number of process columns.
Time     : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops   : Rate of execution for solving the linear system.
```

The following parameter values will be used:

```
N       : 18432
NB      : 256
PMAP    : Row-major process mapping
P       : 2
Q       : 4
PFACT   : Right
NBMIN   : 4
NDIV    : 2
RFACT   : Crout
BCAST   : 1ringM
DEPTH   : 1
SWAP    : Mix (threshold = 64)
L1      : transposed form
U       : transposed form
EQUIL   : yes
ALIGN   : 8 double precision words
```

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:
 ||Ax-b||_oo / (eps * (|| x ||_oo * || A ||_oo + || b ||_oo) * N)

- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
 - Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```
=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4    18432  256    2    4          753.61          5.540e+00
HPL_pdgesv() start time Fri Mar  9 23:26:45 2114

HPL_pdgesv() end time   Fri Mar  9 23:39:18 2114

-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=      0.0013634 ..... PASSED
=====
```

Finished 1 tests with the following results:
 1 tests completed and passed residual checks,
 0 tests completed and failed residual checks,
 0 tests skipped because of illegal input values.

 End of Tests.
 =====

24. Συστάδα (Κόμβοι 3, Πυρήνες 12) [Max]

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:
 T/V : Wall time / encoded variant.
 N : The order of the coefficient matrix A.
 NB : The partitioning blocking factor.
 P : The number of process rows.
 Q : The number of process columns.
 Time : Time in seconds to solve the linear system.
 Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```
N      : 22528
NB     : 256
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 3
Q      : 4
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
```

 - The matrix A is randomly generated for each test.
 - The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N}$$
 - The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
 - Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```

=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4    22528  256    3    4          920.18          8.284e+00
HPL_pdgesv() start time Sat Mar 10 00:08:35 2114

HPL_pdgesv() end time   Sat Mar 10 00:23:55 2114
  
```

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|A\|_{\infty} * \|x\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N} = 0.0011775 \dots \text{ PASSED}$$
 =====

Finished 1 tests with the following results:
 1 tests completed and passed residual checks,
 0 tests completed and failed residual checks,
 0 tests skipped because of illegal input values.

End of Tests.

25. Συστάδα (Κόμβοι 4, Πυρήνες 16) [Max]

```

=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
  
```

An explanation of the input/output parameters follows:

T/V : Wall time / encoded variant.
 N : The order of the coefficient matrix A.
 NB : The partitioning blocking factor.
 P : The number of process rows.
 Q : The number of process columns.
 Time : Time in seconds to solve the linear system.
 Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```

N      : 26112
NB     : 256
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 4
Q      : 4
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
  
```

- The matrix A is randomly generated for each test.

- The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N}$$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```
=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4    26112  256   4    4          1535.80         7.729e+00
HPL_pdgesv() start time Sat Mar 10 00:58:59 2114

HPL_pdgesv() end time   Sat Mar 10 01:24:35 2114
```

```
-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=      0.0012197 ..... PASSED
=====
```

```
Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
```

 End of Tests.
 =====

26. T9300 (Πυρήνες 2, N=18944, NB=128, P=1, Q=2)

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:
 T/V : Wall time / encoded variant.
 N : The order of the coefficient matrix A.
 NB : The partitioning blocking factor.
 P : The number of process rows.
 Q : The number of process columns.
 Time : Time in seconds to solve the linear system.
 Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```
N      : 18944
NB     : 128
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 1
Q      : 2
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
```

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N}$$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```
=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4    18944  128    1    2          607.18          7.465e+00
HPL_pdgesv() start time Wed Jan  9 04:03:34 2019

HPL_pdgesv() end time   Wed Jan  9 04:13:41 2019

-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=      0.0010306 ..... PASSED
=====
```

```
Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
```

 End of Tests.
 =====

27. T9300 (Πυρήνες 2, N=19840, NB=128, P=1, Q=2) [Max]

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:
 T/V : Wall time / encoded variant.
 N : The order of the coefficient matrix A.
 NB : The partitioning blocking factor.
 P : The number of process rows.
 Q : The number of process columns.
 Time : Time in seconds to solve the linear system.
 Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```
N      : 19840
NB     : 128
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 1
Q      : 2
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
```

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N}$$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```

=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4    19840  128    1    2          641.64          8.115e+00
HPL_pdgesv() start time Wed Jan  9 03:47:15 2019

HPL_pdgesv() end time   Wed Jan  9 03:57:57 2019

-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=      0.0011064 ..... PASSED
=====

```

```

Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
-----

```

End of Tests.

28. T9300 (Πυρήνες 2, N=19872, NB=96, P=1, Q=2)

```

=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====

```

An explanation of the input/output parameters follows:

```

T/V      : Wall time / encoded variant.
N        : The order of the coefficient matrix A.
NB       : The partitioning blocking factor.
P        : The number of process rows.
Q        : The number of process columns.
Time     : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops   : Rate of execution for solving the linear system.

```

The following parameter values will be used:

```

N       : 19872
NB      : 96
PMAP    : Row-major process mapping
P       : 1
Q       : 2
PFACT   : Right
NBMIN   : 4
NDIV    : 2
RFACT   : Crout
BCAST   : 1ringM
DEPTH   : 1
SWAP    : Mix (threshold = 64)
L1      : transposed form
U       : transposed form
EQUIL   : yes
ALIGN   : 8 double precision words

```

-
- The matrix A is randomly generated for each test.
 - The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty}) * N)}$$
 - The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
 - Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```
=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4    19872  96    1    2          744.70          7.026e+00
HPL_pdgesv() start time Wed Jan  9 04:50:36 2019

HPL_pdgesv() end time   Wed Jan  9 05:03:01 2019
```

```
-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=      0.0009885 ..... PASSED
=====
```

Finished 1 tests with the following results:
 1 tests completed and passed residual checks,
 0 tests completed and failed residual checks,
 0 tests skipped because of illegal input values.

 End of Tests.
 =====

29. i5 (Πυρήνες 4, N=18720, NB=96, P=1, Q=4)

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczyk, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:

```
T/V    : Wall time / encoded variant.
N      : The order of the coefficient matrix A.
NB     : The partitioning blocking factor.
P      : The number of process rows.
Q      : The number of process columns.
Time   : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops : Rate of execution for solving the linear system.
```

The following parameter values will be used:

```
N      : 18720
NB     : 96
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 1
Q      : 4
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
```

```
-----
- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:
  ||Ax-b||_oo / ( eps * ( || x ||_oo * || A ||_oo + || b ||_oo ) * N )
- The relative machine precision (eps) is taken to be          1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than    16.0
```

```
=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4    18720  96    1    4          98.14          4.457e+01
HPL_pdgesv() start time Mon Jan 14 14:14:20 2019

HPL_pdgesv() end time   Mon Jan 14 14:15:58 2019
```

```
-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=          0.0010191 ..... PASSED
=====
```

```
Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
```

End of Tests.

30. i5 (Πυρήνες 4, N=18912, NB=96, P=1, Q=4) [Max]

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:

```
T/V      : Wall time / encoded variant.
N        : The order of the coefficient matrix A.
NB       : The partitioning blocking factor.
P        : The number of process rows.
Q        : The number of process columns.
Time     : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops   : Rate of execution for solving the linear system.
```

The following parameter values will be used:

```
N       : 18912
NB      : 96
PMAP    : Row-major process mapping
P       : 1
Q       : 4
PFACT   : Right
NBMIN   : 4
NDIV    : 2
RFACT   : Crout
BCAST   : 1ringM
DEPTH   : 1
SWAP    : Mix (threshold = 64)
L1      : transposed form
U       : transposed form
EQUIL   : yes
```

ALIGN : 8 double precision words

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N}$$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```
=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4    18912  96    1    4          99.66          4.525e+01
HPL_pdgesv() start time Mon Jan 14 14:03:12 2019
```

HPL_pdgesv() end time Mon Jan 14 14:04:52 2019

```
=====
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)= 0.0009563 ..... PASSED
=====
```

Finished 1 tests with the following results:
 1 tests completed and passed residual checks,
 0 tests completed and failed residual checks,
 0 tests skipped because of illegal input values.

End of Tests.

31. i5 (Πυρήνες 4, N=19200, NB=96, P=1, Q=4)

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:
 T/V : Wall time / encoded variant.
 N : The order of the coefficient matrix A.
 NB : The partitioning blocking factor.
 P : The number of process rows.
 Q : The number of process columns.
 Time : Time in seconds to solve the linear system.
 Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```
N      : 19200
NB     : 96
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 1
Q      : 4
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
```

EQUIL : yes
ALIGN : 8 double precision words

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:
 $\|Ax-b\|_{\infty} / (\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty}) * N)$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```
=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4    19200  96    1    4          106.55          4.429e+01
HPL_pdgesv() start time Mon Jan 14 14:11:03 2019

HPL_pdgesv() end time   Mon Jan 14 14:12:49 2019
-----
```

$\|Ax-b\|_{\infty} / (\text{eps} * (\|A\|_{\infty} * \|x\|_{\infty} + \|b\|_{\infty}) * N) = 0.0010858 \dots \text{PASSED}$
=====

Finished 1 tests with the following results:
1 tests completed and passed residual checks,
0 tests completed and failed residual checks,
0 tests skipped because of illegal input values.

End of Tests.
=====

32. i7 (Πυρήνες 8, N=34080, NB=96, P=2, Q=4)

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:
T/V : Wall time / encoded variant.
N : The order of the coefficient matrix A.
NB : The partitioning blocking factor.
P : The number of process rows.
Q : The number of process columns.
Time : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```
N      : 34080
NB     : 96
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 2
Q      : 4
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
```

U : transposed form
 EQUIL : yes
 ALIGN : 8 double precision words

 - The matrix A is randomly generated for each test.
 - The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{\left(\text{eps} * \left(\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty} \right) * N \right)}$$
 - The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
 - Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```

=====
T/V          N   NB   P   Q           Time           Gflops
-----
WR11C2R4    34080  96   2   4           629.59           4.192e+01
HPL_pdgesv() start time Mon Jan 14 18:57:29 2019

HPL_pdgesv() end time   Mon Jan 14 19:07:59 2019
    
```

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{\left(\text{eps} * \left(\|A\|_{\infty} * \|x\|_{\infty} + \|b\|_{\infty} \right) * N \right)} = 0.0007353 \dots \text{ PASSED}$$
 =====

Finished 1 tests with the following results:
 1 tests completed and passed residual checks,
 0 tests completed and failed residual checks,
 0 tests skipped because of illegal input values.

 End of Tests.
 =====

33. i7 (Πυρήνες 8, N=34464, NB=96, P=2, Q=4) [Max]

```

=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
    
```

An explanation of the input/output parameters follows:
 T/V : Wall time / encoded variant.
 N : The order of the coefficient matrix A.
 NB : The partitioning blocking factor.
 P : The number of process rows.
 Q : The number of process columns.
 Time : Time in seconds to solve the linear system.
 Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```

N       : 34464
NB      : 96
PMAP    : Row-major process mapping
P       : 2
Q       : 4
PFACT   : Right
NBMIN   : 4
NDIV    : 2
RFACT   : Crout
BCAST   : 1ringM
DEPTH   : 1
SWAP    : Mix (threshold = 64)
    
```

L1 : transposed form
 U : transposed form
 EQUIL : yes
 ALIGN : 8 double precision words

 - The matrix A is randomly generated for each test.
 - The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N}$$

 - The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
 - Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```
=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4    34464  96    2    4          648.73          4.207e+01
HPL_pdgesv() start time Mon Jan 14 18:30:57 2019

HPL_pdgesv() end time   Mon Jan 14 18:41:46 2019
=====
```

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|A\|_{\infty} * \|x\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N} = 0.0006165 \dots \text{PASSED}$$

 =====

Finished 1 tests with the following results:
 1 tests completed and passed residual checks,
 0 tests completed and failed residual checks,
 0 tests skipped because of illegal input values.

 End of Tests.
 =====

34. i7 (Πυρήνες 8, N=34848, NB=96, P=2, Q=4)

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:
 T/V : Wall time / encoded variant.
 N : The order of the coefficient matrix A.
 NB : The partitioning blocking factor.
 P : The number of process rows.
 Q : The number of process columns.
 Time : Time in seconds to solve the linear system.
 Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```
N      : 34848
NB     : 96
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 2
Q      : 4
PFACT  : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
DEPTH  : 1
```

SWAP : Mix (threshold = 64)
 L1 : transposed form
 U : transposed form
 EQUIL : yes
 ALIGN : 8 double precision words

- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N}$$
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```

=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4    34848  96    2    4          680.18          4.148e+01
HPL_pdgesv() start time Mon Jan 14 19:09:39 2019

HPL_pdgesv() end time   Mon Jan 14 19:20:59 2019
    
```

```

-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=          0.0007498 ..... PASSED
=====
    
```

Finished 1 tests with the following results:
 1 tests completed and passed residual checks,
 0 tests completed and failed residual checks,
 0 tests skipped because of illegal input values.

End of Tests.

35. Ryzen5 (Πυρήνες 16, N=60160, NB=256, P=4, Q=4)

```

=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
    
```

An explanation of the input/output parameters follows:
 T/V : Wall time / encoded variant.
 N : The order of the coefficient matrix A.
 NB : The partitioning blocking factor.
 P : The number of process rows.
 Q : The number of process columns.
 Time : Time in seconds to solve the linear system.
 Gflops : Rate of execution for solving the linear system.

The following parameter values will be used:

```

N      : 60160
NB     : 256
PMAP  : Row-major process mapping
P      : 4
Q      : 4
PFACT : Right
NBMIN  : 4
NDIV   : 2
RFACT  : Crout
BCAST  : 1ringM
    
```

```
DEPTH :      1
SWAP   : Mix (threshold = 64)
L1     : transposed form
U      : transposed form
EQUIL  : yes
ALIGN  : 8 double precision words
```

-
- The matrix A is randomly generated for each test.
 - The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{(\text{eps} * (\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty})) * N}$$
 - The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
 - Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```
=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4    60160  256    4    4          1209.64          1.200e+02
HPL_pdgesv() start time Thu Jan 17 23:43:04 2019

HPL_pdgesv() end time   Fri Jan 18 00:03:14 2019
```

```
-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=      0.0008539 ..... PASSED
=====
```

```
Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
```

End of Tests.

=====

36. Ryzen5 (Πυρήνες 16, N=60928, NB=256, P=4, Q=4) [Max]

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:

```
T/V      : Wall time / encoded variant.
N        : The order of the coefficient matrix A.
NB       : The partitioning blocking factor.
P        : The number of process rows.
Q        : The number of process columns.
Time     : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops   : Rate of execution for solving the linear system.
```

The following parameter values will be used:

```
N        : 60928
NB       : 256
PMAP     : Row-major process mapping
P        : 4
Q        : 4
PFACT   : Right
NBMIN    : 4
NDIV     : 2
RFACT   : Crout
```

```
BCAST : 1ringM
DEPTH : 1
SWAP : Mix (threshold = 64)
L1 : transposed form
U : transposed form
EQUIL : yes
ALIGN : 8 double precision words
```

-
- The matrix A is randomly generated for each test.
 - The following scaled residual check will be computed:

$$\frac{\|Ax-b\|_{\infty}}{\left(\text{eps} * \left(\|x\|_{\infty} * \|A\|_{\infty} + \|b\|_{\infty}\right) * N\right)}$$
 - The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
 - Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0

```
=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4    60928  256    4    4          1252.62          1.204e+02
HPL_pdgesv() start time Fri Jan 18 01:42:38 2019

HPL_pdgesv() end time   Fri Jan 18 02:03:31 2019
```

```
-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)= 0.0006263 ..... PASSED
=====
```

```
Finished      1 tests with the following results:
                1 tests completed and passed residual checks,
                0 tests completed and failed residual checks,
                0 tests skipped because of illegal input values.
```

End of Tests.

=====

37. Ryzen5 (Πυρήνες 16, N=61440, NB=256, P=4, Q=4)

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

An explanation of the input/output parameters follows:

```
T/V : Wall time / encoded variant.
N : The order of the coefficient matrix A.
NB : The partitioning blocking factor.
P : The number of process rows.
Q : The number of process columns.
Time : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops : Rate of execution for solving the linear system.
```

The following parameter values will be used:

```
N : 61440
NB : 256
PMAP : Row-major process mapping
P : 4
Q : 4
PFACT : Right
NBMIN : 4
NDIV : 2
```

```
RFACT : Crout
BCAST : 1ringM
DEPTH : 1
SWAP : Mix (threshold = 64)
L1 : transposed form
U : transposed form
EQUIL : yes
ALIGN : 8 double precision words
```

```
-----
- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:
  ||Ax-b||_oo / ( eps * ( || x ||_oo * || A ||_oo + || b ||_oo ) * N )
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0
```

```
=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4     61440  256    4    4          1293.79          1.195e+02
HPL_pdgesv() start time Fri Jan 18 00:05:21 2019

HPL_pdgesv() end time   Fri Jan 18 00:26:54 2019
```

```
-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)= 0.0006965 ..... PASSED
=====
```

```
Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
```

End of Tests.

38. ThreadRipper (Πυρήνες 16, N=56320, NB=256, P=4, Q=4)

```
=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
```

```
An explanation of the input/output parameters follows:
T/V : Wall time / encoded variant.
N : The order of the coefficient matrix A.
NB : The partitioning blocking factor.
P : The number of process rows.
Q : The number of process columns.
Time : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops : Rate of execution for solving the linear system.
```

The following parameter values will be used:

```
N : 56320
NB : 256
PMAP : Row-major process mapping
P : 4
Q : 4
PFACT : Right
NBMIN : 4
```

```

NDIV      :      2
RFACT     :   Crout
BCAST     : 1ringM
DEPTH     :      1
SWAP      : Mix (threshold = 64)
L1        : transposed form
U         : transposed form
EQUIL     : yes
ALIGN     : 8 double precision words
    
```

```

-----
- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:
  ||Ax-b||_oo / ( eps * ( || x ||_oo * || A ||_oo + || b ||_oo ) * N )
- The relative machine precision (eps) is taken to be          1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than    16.0
    
```

```

=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4     56320  256   4    4          997.44          1.194e+02
HPL_pdgesv() start time Thu Jan 17 23:02:37 2019
    
```

HPL_pdgesv() end time Thu Jan 17 23:19:14 2019

```

-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=          0.0007129 ..... PASSED
=====
    
```

```

Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
    
```

End of Tests.

39. ThreadRipper (Πυρήνες 16, N=58880, NB=256, P=4, Q=4) [Max]

```

=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
    
```

An explanation of the input/output parameters follows:

```

T/V      : Wall time / encoded variant.
N        : The order of the coefficient matrix A.
NB       : The partitioning blocking factor.
P        : The number of process rows.
Q        : The number of process columns.
Time     : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops   : Rate of execution for solving the linear system.
    
```

The following parameter values will be used:

```

N        : 58880
NB       : 256
PMAP     : Row-major process mapping
P        : 4
Q        : 4
PFACT    : Right
    
```

```

NBMIN :      4
NDIV  :      2
RFACT : Crout
BCAST : 1ringM
DEPTH :      1
SWAP  : Mix (threshold = 64)
L1    : transposed form
U     : transposed form
EQUIL : yes
ALIGN : 8 double precision words
    
```

```

-----
- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:
  ||Ax-b||_oo / ( eps * ( || x ||_oo * || A ||_oo + || b ||_oo ) * N )
- The relative machine precision (eps) is taken to be          1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than    16.0
    
```

```

=====
T/V          N    NB    P    Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4     58880  256    4    4          1137.88          1.196e+02
HPL_pdgesv() start time Thu Jan 17 23:20:56 2019

HPL_pdgesv() end time   Thu Jan 17 23:39:54 2019
    
```

```

-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=          0.0008277 ..... PASSED
=====
    
```

```

Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
    
```

End of Tests.

40. ThreadRipper (Πυρήνες 16, N=59392, NB=256, P=4, Q=4)

```

=====
HPLinpack 2.2 -- High-Performance Linpack benchmark -- February 24, 2016
Written by A. Petitet and R. Clint Whaley, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Piotr Luszczek, Innovative Computing Laboratory, UTK
Modified by Julien Langou, University of Colorado Denver
=====
    
```

```

An explanation of the input/output parameters follows:
T/V    : Wall time / encoded variant.
N      : The order of the coefficient matrix A.
NB     : The partitioning blocking factor.
P      : The number of process rows.
Q      : The number of process columns.
Time   : Time in seconds to solve the linear system.
Gflops : Rate of execution for solving the linear system.
    
```

The following parameter values will be used:

```

N      : 59392
NB     : 256
PMAP   : Row-major process mapping
P      : 4
Q      : 4
    
```

```
PFACT : Right
NBMIN : 4
NDIV : 2
RFACT : Crout
BCAST : 1ringM
DEPTH : 1
SWAP : Mix (threshold = 64)
L1 : transposed form
U : transposed form
EQUIL : yes
ALIGN : 8 double precision words
```

```
-----
- The matrix A is randomly generated for each test.
- The following scaled residual check will be computed:
  ||Ax-b||_oo / ( eps * ( || x ||_oo * || A ||_oo + || b ||_oo ) * N )
- The relative machine precision (eps) is taken to be 1.110223e-16
- Computational tests pass if scaled residuals are less than 16.0
```

```
=====
T/V          N   NB   P   Q          Time          Gflops
-----
WR11C2R4     59392  256   4   4          1170.90          1.193e+02
HPL_pdgesv() start time Fri Jan 18 01:21:07 2019

HPL_pdgesv() end time   Fri Jan 18 01:40:38 2019
```

```
-----
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)= 0.0006855 ..... PASSED
=====
```

```
Finished      1 tests with the following results:
              1 tests completed and passed residual checks,
              0 tests completed and failed residual checks,
              0 tests skipped because of illegal input values.
```

```
-----
End of Tests.
```


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «ΣΤ»

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΟΡΥΞΗΣ «ΑΕΟΝ» (ΑΕΟΝ MINING)

1. Συστάδα (HR 146,25)



Εικόνα 144 - Cluster AEON mining hashrate

2. T9300 (HR 56,08)



Εικόνα 145 - T9300 AEON mining hashrate

mining)

3. i5 (HR 445,67)

Aeon
Home [Blocks](#)

Hashrate 445.67

Hashrate 24h 10.35

Total Miners 1

Miners Online 1

Accepted 0

Rejected 0

Miners Timed Out 0

Block Height: 1044472 Difficulty: 5,431,841,094 Prev. Hash: 758a73f8

Blocks 24h: 0 Shares/Diff 24h: 0.00% Blocks 72h: 0 Shares/Diff 72h: 0.00% Round Progress: 0.02%

Upstream

| Name | Url | Accepted | Rejected | Fails |
|------|---------------------------------|----------|----------|-------|
| Main | http://127.0.0.1:11181/json_rpc | 0 | 0 | 0 |

Status: OK Height: 1044472 Tx Pool Size: 1 In: 0 Out: 8

Miners

| ID | IP | HR | HR 24h | Last Beat | Accepted | Stale | Rejected | Blocks Accepted | Blocks Rejected |
|----|---------------|--------|--------|-----------|----------|-------|----------|-----------------|-----------------|
| i5 | 192.168.1.150 | 445.67 | 10.35 | now | 8,944 | 0 | 0 | 0 | 0 |

4. i7 (HR 886,58)

Aeon
Home [Blocks](#)

Hashrate 886.58

Hashrate 24h 16.68

Total Miners 1

Miners Online 1

Accepted 0

Rejected 0

Miners Timed Out 0

Block Height: 1044458 Difficulty: 5,428,250,401 Prev. Hash: 43892302

Blocks 24h: 0 Shares/Diff 24h: 0.00% Blocks 72h: 0 Shares/Diff 72h: 0.00% Round Progress: 0.03%

Upstream

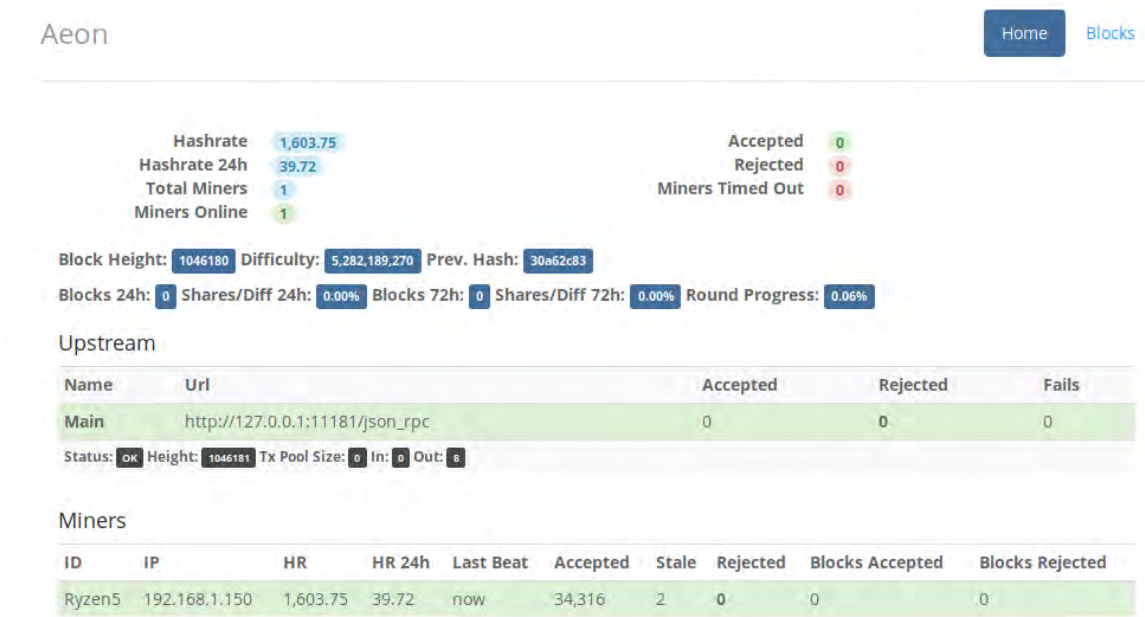
| Name | Url | Accepted | Rejected | Fails |
|------|---------------------------------|----------|----------|-------|
| Main | http://127.0.0.1:11181/json_rpc | 0 | 0 | 0 |

Status: OK Height: 1044458 Tx Pool Size: 1 In: 0 Out: 8

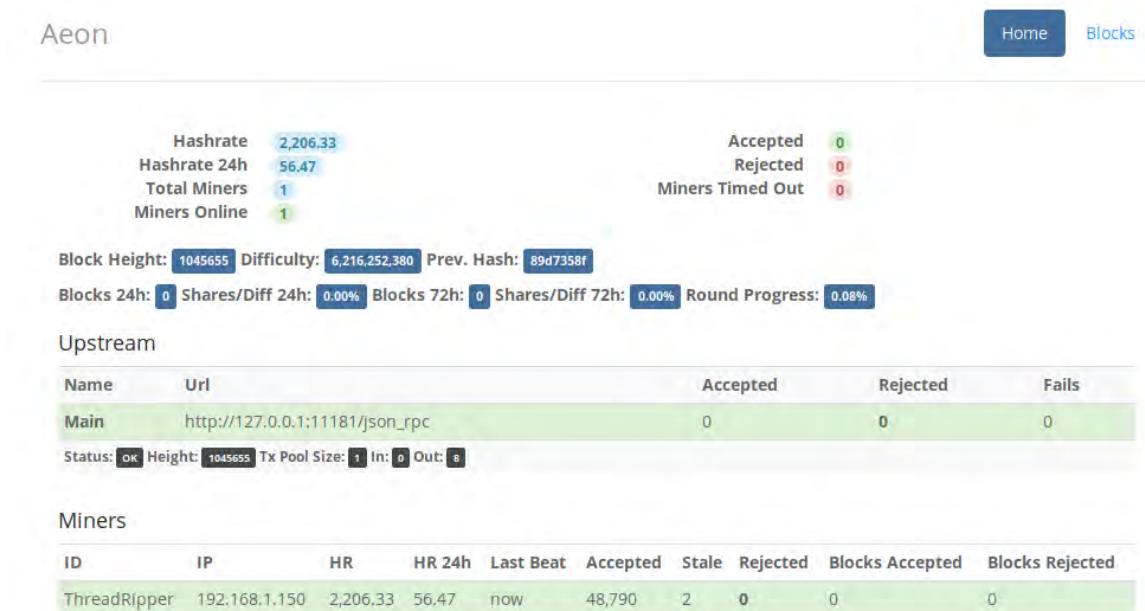
Miners

| ID | IP | HR | HR 24h | Last Beat | Accepted | Stale | Rejected | Blocks Accepted | Blocks Rejected |
|----|-------------|--------|--------|-----------|----------|-------|----------|-----------------|-----------------|
| i7 | 192.168.1.5 | 886.58 | 16.68 | now | 14,409 | 0 | 0 | 0 | 0 |

5. Ryzen5 (HR 1.603,75)



6. ThreadRipper (HR 2.206,33)



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Ζ»
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ «MSAPROBS»

1. Συστάδα (994,88 Sec)

Στο «MSAProbs» ο συνολικός χρόνος των εργασιών ήταν 994,88 δευτερόλεπτα.

| Cluster | | |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Εργασία | Αρχεία | Χρόνος |
| 1 | UP000014996 | Total time in process 0/19: 124.664115 seconds |
| 2 | UP000246700 | Total time in process 0/19: 81.88834405 seconds |
| 3 | UP000030203 | Total time in process 0/19: 207.8005528 seconds |
| 4 | UP000207581 | Total time in process 0/19: 70.51031899 seconds |
| 5 | UP000202282 UP000001398 | Total time in process 0/19: 109.6637728 seconds |
| 6 | UP000008740 UP000201622 | Total time in process 0/19: 117.9782891 seconds |
| 7 | UP000000919 UP000007167 | Total time in process 0/19: 221.271328 seconds |
| 8 | UP000005883 UP000052091 UP000163039 UP000168289 UP000202324 UP000204153 UP000207752 UP000214354 UP000217266 UP000232903 | Total time in process 0/19: 61.10213089 seconds |
| Σύνολο | | 994,88 |

7. T9300 (643,48 Sec)

Στο «MSAProbs» ο συνολικός χρόνος των εργασιών ήταν 643,48 δευτερόλεπτα.

| T9300 | | |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Εργασία | Αρχεία | Χρόνος |
| 1 | UP000014996 | Total time in process 0/1: 62.72090316 seconds |
| 2 | UP000246700 | Total time in process 0/1: 51.31026006 seconds |
| 3 | UP000030203 | Total time in process 0/1: 118.4101379 seconds |
| 4 | UP000207581 | Total time in process 0/1: 71.00989008 seconds |
| 5 | UP000202282 UP000001398 | Total time in process 0/1: 63.84351993 seconds |
| 6 | UP000008740 UP000201622 | Total time in process 0/1: 92.57157421 seconds |
| 7 | UP000000919 UP000007167 | Total time in process 0/1: 146.1897058 seconds |
| 8 | UP000005883 UP0000052091 UP000163039 UP000168289 UP000202324 UP000204153 UP000207752 UP000214354 UP000217266 UP000232903 | Total time in process 0/1: 37.42153311 seconds |
| Σύνολο | | 643,48 |

2. i5 (269,31 Sec)

Στο «MSAProbs» ο συνολικός χρόνος των εργασιών ήταν 269,31 δευτερόλεπτα.

| i5 | | |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Εργασία | Αρχεία | Χρόνος |
| 1 | UP000014996 | Total time in process 0/3: 30.14141202 seconds |
| 2 | UP000246700 | Total time in process 0/3: 23.64808798 seconds |
| 3 | UP000030203 | Total time in process 0/3: 55.05240297 seconds |
| 4 | UP000207581 | Total time in process 0/3: 39.25688195 seconds |
| 5 | UP000202282 UP000001398 | Total time in process 0/3: 26.335356 seconds |
| 6 | UP000008740 UP000201622 | Total time in process 0/3: 32.22173786 seconds |
| 7 | UP000000919 UP000007167 | Total time in process 0/3: 47.52764797 seconds |
| 8 | UP000005883 UP000052091 UP000163039 UP000168289 UP000202324 UP000204153 UP000207752 UP000214354 UP000217266 UP000232903 | Total time in process 0/3: 15.12168908 seconds |
| Σύνολο | | 269,31 |

3. i7 (254,71 Sec)

Στο «MSAProbs» ο συνολικός χρόνος των εργασιών ήταν 254,71 δευτερόλεπτα.

| i7 | | |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Εργασί α | Αρχεία | Χρόνος |
| 1 | UP000014996 | Total time in process 0/7: 33.7150929 seconds |
| 2 | UP000246700 | Total time in process 0/7: 22.26388597 seconds |
| 3 | UP000030203 | Total time in process 0/7: 53.59265995 seconds |
| 4 | UP000207581 | Total time in process 0/7: 31.01239705 seconds |
| 5 | UP000202282 UP000001398 | Total time in process 0/7: 23.34465694 seconds |
| 6 | UP000008740 UP000201622 | Total time in process 0/7: 29.90659308 seconds |
| 7 | UP000000919 UP000007167 | Total time in process 0/7: 46.97894096 seconds |
| 8 | UP000005883 UP000052091 UP000163039 UP000168289 UP000202324 UP000204153 UP000207752 UP000214354 UP000217266 UP000232903 | Total time in process 0/7: 13.89306688 seconds |
| Σύνολο | | 254,71 |

4. Ryzen5 (90,34 Sec)

Στο «MSAProbs» ο συνολικός χρόνος των εργασιών ήταν 90,34 δευτερόλεπτα.

| Ryzen5 | | |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Εργασία | Αρχεία | Χρόνος |
| 1 | UP000014996 | Total time in process 0/11: 10.57959104 seconds |
| 2 | UP000246700 | Total time in process 0/11: 8.371499777 seconds |
| 3 | UP000030203 | Total time in process 0/11: 17.70994306 seconds |
| 4 | UP000207581 | Total time in process 0/11: 10.20960689 seconds |
| 5 | UP000202282 UP000001398 | Total time in process 0/11: 9.396766901 seconds |
| 6 | UP000008740 UP000201622 | Total time in process 0/11: 11.86015916 seconds |
| 7 | UP000000919 UP000007167 | Total time in process 0/11: 17.20251703 seconds |
| 8 | UP000005883 UP000052091 UP000163039 UP000168289 UP000202324 UP000204153 UP000207752 UP000214354 UP000217266 UP000232903 | Total time in process 0/11: 5.008840084 seconds |
| Σύνολο | | 90,34 |

5. ThreadRipper (75,42 Sec)

Στο «MSAProbs» ο συνολικός χρόνος των εργασιών ήταν 75,42 δευτερόλεπτα.

| ThreadRipper | | |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Εργασία | Αρχεία | Χρόνος |
| 1 | UP000014996 | Total time in process 0/15: 8.98647809 seconds |
| 2 | UP000246700 | Total time in process 0/15: 6.957694054 seconds |
| 3 | UP000030203 | Total time in process 0/15: 14.06158686 seconds |
| 4 | UP000207581 | Total time in process 0/15: 8.906964064 seconds |
| 5 | UP000202282 UP000001398 | Total time in process 0/15: 7.902927876 seconds |
| 6 | UP000008740 UP000201622 | Total time in process 0/15: 9.935444117 seconds |
| 7 | UP000000919 UP000007167 | Total time in process 0/15: 14.13690615 seconds |
| 8 | UP000005883 UP000052091 UP000163039 UP000168289 UP000202324 UP000204153 UP000207752 UP000214354 UP000217266 UP000232903 | Total time in process 0/15: 4.533389091 seconds |
| Σύνολο | | 75,42 |

Σελίδα σκόπιμα κενή

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Η»
ΛΙΣΤΕΣ «TOP500» & «GREEN500»

1. Top500 List

Εν συντομία ο κατάλογος του «Top500» (Νοέμβριος 2018) αναλυτικότερα στοιχεία για την λίστα αυτή βρίσκονται στο www.top500.org/lists/2018/11/.

| Rank | Country | Segment | Total Cores | Rmax [TFlop/s] | Rpeak [TFlop/s] | Power (kW) |
|------|----------------|----------|-------------|----------------|-----------------|------------|
| 1 | United States | Research | 2397824 | 143500 | 200794,88 | 9783 |
| 2 | United States | Research | 1572480 | 94640 | 125712 | 7438,28 |
| 3 | China | Research | 10649600 | 93014,59388 | 125435,904 | 15371 |
| 4 | China | Research | 4981760 | 61444,5 | 100678,664 | 18482 |
| 5 | Switzerland | Research | 387872 | 21230 | 27154,3 | 2384,24 |
| 6 | United States | Research | 979072 | 20158,7 | 41461,15 | 7578,1 |
| 7 | Japan | Research | 391680 | 19880 | 32576,6349 | 1649,25 |
| 8 | Germany | Academic | 305856 | 19476,6 | 26873,856 | |
| 9 | United States | Research | 560640 | 17590 | 27112,55 | 8209 |
| 10 | United States | Research | 1572864 | 17173,224 | 20132,6592 | 7890 |
| 11 | United States | Research | 248976 | 15430 | 19904,4 | |
| 12 | United States | Research | 622336 | 14014,7 | 27880,653 | 3939 |
| 13 | Korea, South | Research | 570020 | 13929,3 | 25705,9 | |
| 14 | Japan | Academic | 556104 | 13554,6 | 24913,459 | 2718,7 |
| 15 | Italy | Industry | 253600 | 12210 | 18621,138 | 1320 |
| 16 | France | Research | 561408 | 11965,5 | 23396,352 | 3178 |
| 17 | United States | Academic | 367024 | 10680,7 | 18309,222 | |
| 18 | Japan | Research | 705024 | 10510 | 11280,384 | 12659,89 |
| 19 | Italy | Academic | 348000 | 10384,9 | 18816 | |
| 20 | Taiwan | Research | 170352 | 9000 | 15208,23 | 797,54 |
| 21 | United States | Research | 786432 | 8586,612 | 10066,33 | 3945 |
| 22 | Japan | Academic | 135828 | 8125 | 12127,069 | 792,08 |
| 23 | United Kingdom | Research | 241920 | 7038,93 | 8128,512 | |
| 24 | United States | Research | 280320 | 6920,9 | 11661,312 | |
| 25 | Spain | Academic | 153216 | 6470,8 | 10296,115 | 1632 |
| 26 | Germany | Research | 114480 | 6177,73 | 9891,072 | 1361 |
| 27 | United States | Research | 241108 | 5951,55 | 7107,1488 | 4407 |
| 28 | Japan | Research | 135792 | 5730,5 | 9125,222 | 1353,95 |
| 29 | Japan | Research | 135792 | 5730,5 | 9125,222 | 1353,95 |
| 30 | Germany | Research | 185088 | 5640,17 | 7403,52 | 3615 |
| 31 | Germany | Research | 127520 | 5612,83 | 9793,536 | 1635 |
| 32 | Saudi Arabia | Academic | 196608 | 5536,99 | 7235,174 | 2834 |
| 33 | United States | Research | 124416 | 5444,64 | 8316,518 | 1685,73 |
| 34 | France | Industry | 220800 | 5283,11 | 6712,32 | 4150 |
| 35 | United States | Research | 75600 | 4850,66 | 7257,6 | |
| 36 | United States | Research | 144900 | 4788,19 | 5332,32 | 1727 |
| 37 | Japan | Academic | 72000 | 4540,69 | 6912 | |
| 38 | China | Vendor | 163840 | 4325 | 6134,1696 | 380 |
| 39 | United States | Research | 393216 | 4293,306 | 5033,165 | 1972 |

| | | | | | | |
|----|----------------|------------|--------|----------|------------|---------|
| 40 | France | Research | 79488 | 4065,55 | 6635,52 | 917 |
| 41 | United States | Industry | 145920 | 4042,46 | 5369,856 | 1800 |
| 42 | United Kingdom | Research | 126468 | 3944,68 | 4249,325 | 1897,02 |
| 43 | United Kingdom | Research | 126468 | 3944,68 | 4249,325 | 1897,02 |
| 44 | Germany | Research | 155150 | 3782,57 | 6563,84 | 1345,28 |
| 45 | India | Research | 119232 | 3763,94 | 4006,195 | 1353,23 |
| 46 | United States | Government | 72800 | 3577 | 6131,84 | 1498,9 |
| 47 | United States | Government | 72800 | 3577 | 6131,84 | 1498,9 |
| 48 | United States | Research | 160304 | 3409,61 | 5865,5232 | |
| 49 | United States | Research | 124200 | 3318,95 | 4570,56 | 5175 |
| 50 | United States | Industry | 60512 | 3307 | 4896,512 | 349,5 |
| 51 | United States | Industry | 60512 | 3307 | 4896,512 | 349,5 |
| 52 | United States | Research | 78720 | 3275,67 | 5170,176 | |
| 53 | United Kingdom | Research | 113832 | 3243,41 | 3791,5776 | 1134 |
| 54 | United States | Government | 55296 | 3221,4 | 4777,574 | |
| 55 | Italy | Industry | 72000 | 3188 | 4605 | 1227 |
| 56 | Japan | Research | 110160 | 3157 | 3481,056 | 1652,4 |
| 57 | United States | Government | 225984 | 3143,52 | 4881,2544 | 6327,55 |
| 58 | United States | Government | 152692 | 3126,24 | 5610,481 | 4819,5 |
| 59 | Canada | Research | 60000 | 3074,19 | 4608 | 676,3 |
| 60 | Japan | Academic | 122400 | 3057,35 | 5483,52 | 748,1 |
| 61 | United States | Industry | 47808 | 3057 | 4241,448 | |
| 62 | Germany | Research | 99072 | 3010,68 | 3962,88 | 1116 |
| 63 | Japan | Academic | 92160 | 2910 | 3244,032 | 1382,4 |
| 64 | Germany | Academic | 147456 | 2897 | 3185,05 | 3422,67 |
| 65 | Germany | Academic | 86016 | 2813,62 | 3578,266 | 1480,83 |
| 66 | United Kingdom | Research | 89856 | 2801,782 | 3019,162 | 1347,84 |
| 67 | United Kingdom | Research | 89856 | 2801,782 | 3019,162 | 1347,84 |
| 68 | Japan | Research | 54560 | 2787,14 | 4190,208 | 697,51 |
| 69 | Japan | Academic | 76032 | 2785 | 5735,68512 | 1398,61 |
| 70 | United States | Research | 95472 | 2632,51 | 3207,8592 | 13620 |
| 71 | United States | Research | 95472 | 2632,51 | 3207,8592 | 13620 |
| 72 | Italy | Industry | 66000 | 2592 | 3798,6 | |
| 73 | India | Research | 83592 | 2570,4 | 2808,691 | 954,73 |
| 74 | China | Research | 186368 | 2566 | 4701 | 4040 |
| 75 | China | Research | 50816 | 2547 | 4229,8496 | 710 |
| 76 | United States | Research | 194616 | 2539,13 | 3388,032 | 1384 |
| 77 | France | Academic | 85824 | 2494,65 | 3570,278 | 1430 |
| 78 | United States | Government | 100064 | 2485 | 3682,3552 | 1465,78 |
| 79 | Russia | Academic | 64384 | 2478 | 4946,79 | |
| 80 | United States | Research | 73920 | 2443,7 | 2601,984 | 835 |
| 81 | China | Research | 48128 | 2435 | 4004,25 | 740 |
| 82 | Korea, South | Research | 69600 | 2395,68 | 2895,36 | 1359,38 |
| 83 | Korea, South | Research | 69600 | 2395,68 | 2895,36 | 1359,38 |

| | | | | | | |
|-----|----------------|------------|--------|----------|------------|---------|
| 84 | Japan | Research | 82944 | 2376 | 2621,03 | 1244,16 |
| 85 | Saudi Arabia | Industry | 53300 | 2322,46 | 3581,76 | 608 |
| 86 | China | Industry | 55104 | 2287 | 4890 | |
| 87 | United Kingdom | Academic | 50176 | 2271,38 | 2688 | 530 |
| 88 | Saudi Arabia | Industry | 76032 | 2249,68 | 3041,28 | 1134 |
| 89 | France | Research | 72000 | 2167,99 | 2534,4 | 830,4 |
| 90 | France | Research | 73440 | 2157,41 | 2585,088 | 830,2 |
| 91 | Japan | Academic | 40000 | 2089,98 | 3072 | 495,86 |
| 92 | China | Industry | 174720 | 2071,39 | 3074,5344 | 997 |
| 93 | United States | Government | 34560 | 2001,99 | 2985,984 | |
| 94 | United States | Government | 34560 | 2001,99 | 2985,984 | |
| 95 | Japan | Academic | 39760 | 2000 | 3053,568 | |
| 96 | China | Industry | 116600 | 1997 | 4104,32 | 1200 |
| 97 | France | Industry | 41472 | 1980,53 | 3052,339 | 512 |
| 98 | China | Industry | 121920 | 1979 | 4096,512 | 1216 |
| 99 | Germany | Academic | 49432 | 1967,81 | 2800,86998 | 657 |
| 100 | United States | Research | 66304 | 1966,08 | 2491,3728 | |
| 101 | Japan | Research | 60240 | 1929,37 | 2409,6 | 3012 |
| 102 | China | Industry | 54000 | 1928 | 3974,4 | 520 |
| 103 | China | Industry | 49680 | 1914,389 | 4292,352 | 732,78 |
| 104 | Switzerland | Research | 65268 | 1896,75 | 2193,005 | 732,4 |
| 105 | France | Research | 70272 | 1871 | 2586,01 | 1042 |
| 106 | China | Industry | 43200 | 1831,49 | 3456 | |
| 107 | United Kingdom | Research | 80640 | 1829,86 | 4329,728 | 529 |
| 108 | China | Industry | 41760 | 1825 | 3353,184 | 240 |
| 109 | China | Industry | 110080 | 1807 | 3698,688 | 1100 |
| 110 | China | Government | 33840 | 1804 | 2923,776 | |
| 111 | Sweden | Academic | 67456 | 1802,51 | 2438,14 | 842 |
| 112 | China | Industry | 105000 | 1790 | 3696 | 1100 |
| 113 | Japan | Research | 38552 | 1785,62 | 3072,768 | 544,48 |
| 114 | China | Government | 33120 | 1768,59 | 2861,568 | |
| 115 | Germany | Industry | 35280 | 1750,18 | 2709,504 | |
| 116 | China | Others | 97920 | 1736 | 7206,912 | 1000 |
| 117 | China | Government | 32400 | 1735,66 | 2799,36 | |
| 118 | China | Industry | 38400 | 1729 | 3072 | |
| 119 | China | Industry | 38400 | 1729 | 3072 | |
| 120 | China | Industry | 38400 | 1729 | 3072 | |
| 121 | China | Industry | 118400 | 1728,88 | 3978,24 | |
| 122 | Italy | Academic | 54432 | 1723,89 | 2003,098 | 1360,8 |
| 123 | China | Industry | 39680 | 1714 | 3149,6 | |
| 124 | China | Government | 31680 | 1703,508 | 2737,152 | |
| 125 | United States | Government | 57600 | 1703,28 | 2304 | 2880 |
| 126 | Japan | Academic | 35200 | 1691 | 2703,36 | |
| 127 | China | Academic | 32400 | 1686,54 | 2488,32 | |
| 128 | China | Government | 35200 | 1684,19 | 2703,36 | |

| | | | | | | |
|-----|---------------|------------|--------|----------|-----------|---------|
| 129 | China | Industry | 97920 | 1683 | 3446,784 | 1050 |
| 130 | Australia | Academic | 87224 | 1676,22 | 3801,424 | |
| 131 | Poland | Academic | 55728 | 1670,09 | 2348,64 | 807,6 |
| 132 | China | Government | 30960 | 1668,16 | 2674,944 | |
| 133 | China | Industry | 41760 | 1667,72 | 3207,168 | |
| 134 | United States | Research | 133824 | 1654,702 | 2569,4208 | 3747,07 |
| 135 | China | Industry | 89600 | 1653,22 | 3440,64 | |
| 136 | Australia | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 137 | Canada | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 138 | Canada | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 139 | Canada | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 140 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 141 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 142 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 143 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 144 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 145 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 146 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 147 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 148 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 149 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 150 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 151 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 152 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 153 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 154 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 155 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 156 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 157 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 158 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 159 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 160 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 161 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 162 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 163 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 164 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 165 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 166 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 167 | Netherlands | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 168 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 169 | Singapore | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 170 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 171 | Netherlands | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 172 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 173 | Netherlands | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 174 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 175 | Netherlands | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 176 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 177 | Netherlands | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 178 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 179 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 180 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 181 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |

| | | | | | | |
|-----|----------------|------------|--------|----------|-----------|---------|
| 182 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 183 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 184 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 185 | Singapore | Industry | 57600 | 1649,11 | 2119,68 | |
| 186 | United Kingdom | Research | 118080 | 1642,536 | 2550,528 | 3306,24 |
| 187 | China | Industry | 38400 | 1639,3 | 3072 | |
| 188 | United States | Research | 48960 | 1635,02 | 2036,736 | 956,25 |
| 189 | United States | Research | 48960 | 1635,02 | 2036,736 | 956,25 |
| 190 | China | Government | 32144 | 1630,13 | 2637,71 | |
| 191 | China | Industry | 37600 | 1608,22 | 3008 | |
| 192 | China | Industry | 86800 | 1603,23 | 3333,12 | |
| 193 | Japan | Research | 33600 | 1601 | 2580,48 | |
| 194 | China | Government | 31360 | 1593,03 | 2573,376 | |
| 195 | United States | Vendor | 62944 | 1587 | 1931,625 | 3575,63 |
| 196 | China | Industry | 36800 | 1579,98 | 2944 | |
| 197 | China | Industry | 92000 | 1562 | 3238,4 | 960 |
| 198 | China | Government | 30576 | 1558,4 | 2509,042 | |
| 199 | China | Industry | 38880 | 1555,97 | 2985,984 | |
| 200 | China | Industry | 36000 | 1552,44 | 2880 | |
| 201 | China | Industry | 84000 | 1551,51 | 3225,6 | |
| 202 | China | Industry | 82880 | 1537,19 | 3182,592 | |
| 203 | United States | Research | 125328 | 1529 | 2005,248 | |
| 204 | United States | Research | 53352 | 1524,72 | 1792,627 | 603,4 |
| 205 | China | Industry | 35200 | 1521,94 | 2816 | |
| 206 | China | Government | 29792 | 1520,97 | 2444,707 | |
| 207 | China | Academic | 29400 | 1498,32 | 2412,54 | |
| 208 | China | Industry | 34400 | 1492,78 | 2752 | |
| 209 | China | Industry | 79520 | 1477,92 | 3053,568 | |
| 210 | China | Industry | 33000 | 1471 | 3000 | |
| 211 | United States | Industry | 45680 | 1462,97 | 2507,264 | 431 |
| 212 | China | Industry | 33600 | 1462,27 | 2688 | |
| 213 | Czech Republic | Academic | 76896 | 1457,73 | 2011,641 | 4806 |
| 214 | China | Government | 28224 | 1443,56 | 2316,038 | |
| 215 | China | Government | 28224 | 1443,56 | 2316,038 | |
| 216 | China | Others | 26180 | 1432,9 | 2153,536 | 159,94 |
| 217 | China | Industry | 32800 | 1432 | 2624 | |
| 218 | United Kingdom | Research | 131072 | 1431,102 | 1677,722 | 657 |
| 219 | China | Research | 48000 | 1428 | 1920 | 600 |
| 220 | China | Government | 30240 | 1418 | 2413,824 | 240 |
| 221 | China | Industry | 82800 | 1417 | 2914,56 | 850 |
| 222 | China | Government | 52080 | 1416 | 1999,872 | 560 |
| 223 | United States | Government | 73584 | 1415,47 | 1530,5472 | 1606 |
| 224 | China | Industry | 78000 | 1405 | 5740,8 | 800 |
| 225 | China | Government | 28000 | 1405 | 2329,6 | 350 |

| | | | | | | |
|-----|---------------|------------|--------|-----------|-----------|---------|
| | | t | | | | |
| 226 | China | Industry | 32000 | 1400,88 | 2560 | |
| 227 | Japan | Industry | 59392 | 1391 | 4917,658 | |
| 228 | China | Industry | 30624 | 1389 | 2459,002 | 176 |
| 229 | France | Vendor | 49896 | 1363,48 | 1676,506 | 543 |
| 230 | France | Research | 77184 | 1359 | 1667,174 | 2132 |
| 231 | China | Industry | 31680 | 1352 | 2332 | |
| 232 | China | Industry | 82752 | 1348,56 | 2780,467 | |
| 233 | China | Industry | 32000 | 1346,76 | 2457,6 | |
| 234 | China | Government | 78720 | 1345 | 2770,944 | 810 |
| 235 | Canada | Academic | 59776 | 1337 | 3710,464 | 167 |
| 236 | Japan | Research | 26400 | 1326,25 | 2027,52 | 357,55 |
| 237 | Taiwan | Research | 27200 | 1325,15 | 2088,96 | 332 |
| 238 | China | Industry | 30000 | 1319,52 | 2400 | |
| 239 | China | Industry | 30000 | 1319,52 | 2400 | |
| 240 | China | Industry | 29920 | 1316,84 | 2393,6 | |
| 241 | China | Industry | 28884 | 1314 | 2319,286 | 165 |
| 242 | France | Research | 56304 | 1311,33 | 2339,6352 | 326 |
| 243 | China | Government | 24400 | 1307 | 1950,4 | 300 |
| 244 | China | Industry | 76000 | 1306 | 2675,2 | 790 |
| 245 | France | Research | 38528 | 1299,47 | 1479,475 | 539 |
| 246 | United States | Research | 19656 | 1289 | 1686,571 | |
| 247 | China | Government | 47040 | 1286 | 1806,336 | 504 |
| 248 | United States | Government | 61256 | 1285,6 | 2049,602 | 2323,71 |
| 249 | United States | Government | 61256 | 1285,6 | 2049,602 | 2323,71 |
| 250 | China | Industry | 51200 | 1284,5 | 2621,44 | |
| 251 | China | Industry | 30400 | 1284,26 | 2334,72 | |
| 252 | Germany | Research | 65320 | 1283,3119 | 1463,168 | 1260 |
| 253 | China | Industry | 66560 | 1276 | 2662,4 | |
| 254 | China | Research | 120640 | 1271 | 2984,3 | 2580 |
| 255 | China | Industry | 65280 | 1271 | 2611,2 | |
| 256 | China | Industry | 64000 | 1269 | 2560 | |
| 257 | China | Industry | 64000 | 1269 | 2560 | |
| 258 | China | Industry | 74400 | 1266 | 2618,88 | 800 |
| 259 | China | Industry | 67200 | 1262 | 2580,48 | 720 |
| 260 | China | Industry | 76480 | 1258 | 2569,728 | 770 |
| 261 | China | Industry | 29760 | 1257,62 | 2285,568 | |
| 262 | United States | Research | 72288 | 1257,615 | 1503,59 | 1436,72 |
| 263 | China | Industry | 68000 | 1257 | 1305,6 | 840 |
| 264 | China | Industry | 81200 | 1254 | 5196,8 | 870 |
| 265 | China | Industry | 72800 | 1252 | 2562,56 | 760 |
| 266 | Finland | Academic | 40608 | 1250 | 1689,2928 | 680 |
| 267 | China | Industry | 72000 | 1242 | 2534,4 | 900 |
| 268 | China | Academic | 22656 | 1238 | 1845,3504 | 144 |
| 269 | China | Government | 24640 | 1237 | 2050,048 | 320 |
| 270 | Canada | Academic | 51200 | 1228 | 2641,408 | 546,04 |
| 271 | China | Industry | 26720 | 1228 | 2242,624 | |
| 272 | China | Industry | 26720 | 1228 | 2242,624 | |
| 273 | China | Industry | 26720 | 1228 | 2242,624 | |

| | | | | | | |
|-----|----------------|----------|--------|----------|----------|--------|
| 274 | France | Vendor | 46800 | 1225,28 | 1647,36 | 472 |
| 275 | United States | Research | 40392 | 1223,7 | 1357,171 | 480 |
| 276 | United States | Research | 40392 | 1223,7 | 1357,171 | 480 |
| 277 | Germany | Research | 41472 | 1214,2 | 1459,814 | 528,2 |
| 278 | China | Industry | 24000 | 1213,62 | 1980,72 | |
| 279 | Japan | Research | 35360 | 1213 | 3244,8 | |
| 280 | China | Industry | 76800 | 1212,8 | 5160,96 | |
| 281 | China | Industry | 36000 | 1202,68 | 2304 | |
| 282 | Russia | Research | 35136 | 1200,35 | 1293,005 | |
| 283 | United Kingdom | Academic | 21240 | 1193 | 1751,616 | 114,4 |
| 284 | China | Industry | 28800 | 1188 | 2120 | |
| 285 | China | Industry | 28800 | 1188 | 2120 | |
| 286 | China | Industry | 24960 | 1182 | 2204,8 | |
| 287 | China | Industry | 24960 | 1182 | 2204,8 | |
| 288 | United States | Industry | 23808 | 1181,074 | 1980,826 | |
| 289 | United States | Industry | 23808 | 1181,074 | 1980,826 | |
| 290 | China | Industry | 26880 | 1180 | 2200,64 | |
| 291 | United States | Research | 39744 | 1179,58 | 1335,398 | 485 |
| 292 | Japan | Academic | 38016 | 1178,3 | 1520,64 | 580,9 |
| 293 | China | Industry | 12800 | 1171 | 2120 | |
| 294 | China | Industry | 12800 | 1171 | 2120 | |
| 295 | United States | Research | 150528 | 1167 | 1505,28 | 5569 |
| 296 | China | Industry | 26880 | 1161 | 2400 | |
| 297 | China | Industry | 64320 | 1156,5 | 2366,976 | |
| 298 | China | Industry | 23904 | 1154,8 | 1964,909 | 107,14 |
| 299 | China | Industry | 28800 | 1152 | 2544 | |
| 300 | China | Industry | 28800 | 1152 | 2413,824 | |
| 301 | China | Industry | 28800 | 1152 | 2361,6 | |
| 302 | China | Industry | 28800 | 1152 | 2361,6 | |
| 303 | China | Industry | 28800 | 1152 | 2361,6 | |
| 304 | China | Industry | 78000 | 1149,57 | 2870,4 | 2437,5 |
| 305 | China | Industry | 67200 | 1145,41 | 2365,44 | |
| 306 | United States | Research | 39672 | 1144,84 | 1332,979 | 485,7 |
| 307 | United States | Research | 39672 | 1144,84 | 1332,979 | 485,7 |
| 308 | United States | Research | 41256 | 1142,44 | 1156,845 | 480 |
| 309 | China | Industry | 41440 | 1142,232 | 1591,296 | 577,69 |
| 310 | China | Industry | 27520 | 1142 | 2278,464 | |
| 311 | China | Industry | 27520 | 1142 | 2278,464 | |
| 312 | China | Industry | 27520 | 1142 | 2278,464 | |
| 313 | China | Industry | 27520 | 1142 | 2278,464 | |
| 314 | China | Industry | 26880 | 1142 | 2235,456 | |
| 315 | China | Industry | 59520 | 1128 | 2380,8 | |
| 316 | China | Industry | 59520 | 1128 | 2380,8 | |
| 317 | China | Industry | 28800 | 1128 | 2160 | |
| 318 | China | Industry | 28800 | 1128 | 2160 | |
| 319 | China | Industry | 28800 | 1128 | 2160 | |
| 320 | China | Industry | 28800 | 1128 | 2120 | |
| 321 | China | Industry | 28800 | 1128 | 2120 | |
| 322 | China | Industry | 28800 | 1128 | 2120 | |
| 323 | China | Industry | 62400 | 1127,49 | 2296,32 | |
| 324 | China | Research | 46080 | 1127,154 | 1548,288 | 647,96 |
| 325 | China | Industry | 26880 | 1127 | 2235,456 | |
| 326 | China | Industry | 26880 | 1127 | 2235,456 | |

| | | | | | | |
|-----|----------------|------------|--------|----------|-----------|--------|
| 327 | China | Industry | 26880 | 1127 | 2235,456 | |
| 328 | China | Others | 26880 | 1127 | 2235,456 | |
| 329 | China | Industry | 64800 | 1124 | 2280,96 | 1620 |
| 330 | Australia | Industry | 38400 | 1123,15 | 1413,12 | |
| 331 | Brazil | Industry | 38400 | 1123,15 | 1413,12 | |
| 332 | Australia | Industry | 38400 | 1123,15 | 1413,12 | |
| 333 | Korea, South | Industry | 38400 | 1123,15 | 1413,12 | |
| 334 | Korea, South | Industry | 38400 | 1123,15 | 1413,12 | |
| 335 | United Kingdom | Industry | 38400 | 1123,15 | 1413,12 | |
| 336 | United Kingdom | Industry | 38400 | 1123,15 | 1413,12 | |
| 337 | United Kingdom | Industry | 38400 | 1123,15 | 1413,12 | |
| 338 | India | Industry | 38400 | 1123,15 | 1413,12 | |
| 339 | United Kingdom | Industry | 38400 | 1123,15 | 1413,12 | |
| 340 | Japan | Industry | 38400 | 1123,15 | 1413,12 | |
| 341 | South Africa | Industry | 38400 | 1123,15 | 1413,12 | |
| 342 | China | Others | 120960 | 1123 | 10059,552 | |
| 343 | United States | Research | 33600 | 1121,13 | 1397,76 | |
| 344 | United States | Research | 33600 | 1121,13 | 1397,76 | |
| 345 | China | Industry | 66000 | 1121 | 2323,2 | |
| 346 | China | Industry | 26400 | 1110 | 2164,8 | |
| 347 | China | Industry | 26400 | 1110 | 2164,8 | |
| 348 | China | Industry | 26400 | 1110 | 2164,8 | |
| 349 | China | Industry | 26400 | 1110 | 2164,8 | |
| 350 | China | Industry | 67200 | 1108 | 2257,92 | 1050 |
| 351 | China | Industry | 57600 | 1106 | 2304 | |
| 352 | China | Industry | 57600 | 1106 | 2304 | |
| 353 | United States | Industry | 25920 | 1106 | 1748,39 | 3564 |
| 354 | China | Industry | 64000 | 1102 | 2252,8 | 960 |
| 355 | China | Industry | 84000 | 1101,6 | 3360 | 2625 |
| 356 | China | Industry | 84000 | 1101,6 | 3360 | 2625 |
| 357 | Australia | Research | 35712 | 1097,558 | 1485,6192 | 697,5 |
| 358 | China | Industry | 43008 | 1089,87 | 1445,069 | 528,4 |
| 359 | Netherlands | Academic | 38880 | 1088,51 | 1327,104 | 706 |
| 360 | United States | Research | 34884 | 1087,58 | 1172,102 | 354 |
| 361 | China | Government | 23760 | 1086,42 | 2052,864 | |
| 362 | United States | Industry | 36288 | 1085,46 | 1509,581 | |
| 363 | China | Industry | 120240 | 1080 | 9995,04 | |
| 364 | China | Industry | 120240 | 1080 | 9995,04 | |
| 365 | China | Industry | 33840 | 1080 | 2740,68 | |
| 366 | China | Research | 19264 | 1075 | 1602,7648 | 344 |
| 367 | France | Academic | 98304 | 1073,327 | 1258,291 | 493,12 |
| 368 | United Kingdom | Academic | 98304 | 1073,327 | 1258,291 | 493,12 |
| 369 | China | Government | 23400 | 1072,83 | 2021,76 | |
| 370 | United States | Industry | 41600 | 1071,42 | 1730,56 | |
| 371 | United States | Industry | 41600 | 1071,42 | 1730,56 | |
| 372 | United States | Research | 46720 | 1070,59 | 1750,016 | |
| 373 | United States | Industry | 22440 | 1070 | 1819,752 | 97 |
| 374 | Japan | Research | 953280 | 1063,305 | 1353,216 | 60,4 |

| | | | | | | |
|-----|----------------|------------|--------|----------|-----------|---------|
| 375 | United States | Industry | 39744 | 1061,019 | 1462,579 | |
| 376 | China | Government | 23040 | 1060,19 | 1990,656 | |
| 377 | China | Industry | 51840 | 1060,19 | 1824,768 | |
| 378 | United States | Academic | 23040 | 1052 | 1473,6 | 500 |
| 379 | United States | Research | 33088 | 1050,54 | 1164,698 | 432,5 |
| 380 | France | Research | 138368 | 1050 | 1254,55 | 4590 |
| 381 | China | Industry | 39520 | 1048 | 2014 | |
| 382 | China | Government | 22680 | 1046,12 | 1959,552 | |
| 383 | China | Government | 51200 | 1044 | 2129,92 | 960 |
| 384 | China | Industry | 24000 | 1042 | 2120 | |
| 385 | China | Industry | 24000 | 1042 | 2120 | |
| 386 | China | Industry | 24000 | 1042 | 1968 | |
| 387 | China | Industry | 24000 | 1042 | 1968 | |
| 388 | China | Industry | 24000 | 1042 | 1968 | |
| 389 | China | Industry | 61000 | 1038,43 | 2147,2 | |
| 390 | China | Industry | 100000 | 1038,4 | 3200 | 3750 |
| 391 | China | Industry | 52800 | 1038 | 1858,56 | |
| 392 | China | Industry | 52800 | 1038 | 1858,56 | |
| 393 | China | Industry | 210000 | 1036 | 2112 | 750 |
| 394 | United States | Academic | 41472 | 1032,82 | 1725,235 | |
| 395 | United States | Vendor | 24240 | 1031,17 | 1582,08 | |
| 396 | China | Government | 22320 | 1031,14 | 1928,448 | |
| 397 | China | Industry | 57600 | 1030 | 1908 | |
| 398 | Germany | Academic | 34656 | 1029,94 | 1386,24 | 582 |
| 399 | South Africa | Academic | 32856 | 1029,32 | 1366,81 | 685 |
| 400 | China | Industry | 58800 | 1028 | 2069,76 | 735 |
| 401 | China | Industry | 54000 | 1026 | 2073,6 | 900 |
| 402 | China | Industry | 60000 | 1022,01 | 2112 | |
| 403 | France | Academic | 17640 | 1022 | 1484 | 127 |
| 404 | China | Industry | 27360 | 1021 | 2014 | |
| 405 | United Kingdom | Industry | 46620 | 1020,5 | 1715,616 | |
| 406 | United Kingdom | Industry | 46620 | 1020,5 | 1715,616 | |
| 407 | United Kingdom | Industry | 46620 | 1020,5 | 1715,616 | |
| 408 | Japan | Academic | 222072 | 1018 | 1502,2362 | 19431,3 |
| 409 | Spain | Academic | 19440 | 1018 | 1485,527 | 85,8 |
| 410 | United States | Academic | 30048 | 1017,04 | 1249,997 | 586,88 |
| 411 | China | Government | 21960 | 1016,38 | 1897,344 | |
| 412 | China | Industry | 60000 | 1015 | 2112 | 750 |
| 413 | Germany | Research | 34560 | 1014 | 1227,571 | 448,2 |
| 414 | Poland | Academic | 32984 | 1013,721 | 1372,134 | 549,6 |
| 415 | China | Industry | 108000 | 1013,472 | 3974,4 | 3375 |
| 416 | United States | Industry | 36720 | 1012,046 | 1410,048 | |
| 417 | United States | Industry | 36720 | 1012,046 | 1410,048 | |
| 418 | Italy | Research | 20832 | 1011,86 | 1399,91 | |
| 419 | Poland | Academic | 38400 | 1010,94 | 1413,12 | 864 |
| 420 | Singapore | Research | 30912 | 1010 | 1285,939 | 1159,2 |
| 421 | Sweden | Academic | 24320 | 1005,45 | 1634,304 | |

| | | | | | | |
|-----|----------------|------------|---------|---------|----------------|---------|
| 422 | China | Industry | 26208 | 1004 | 1929,2 | |
| 423 | China | Industry | 26208 | 1004 | 1929,2 | |
| 424 | China | Industry | 23904 | 1001,68 | 1772,88 | |
| 425 | United States | Research | 20160 | 1001,63 | 1548,288 | 219,5 |
| 426 | Japan | Research | 1313280 | 1001,01 | 1533,4604 8 | 149,99 |
| 427 | United States | Research | 31248 | 1000,52 | 1299,9168 | 2008,8 |
| 428 | Germany | Academic | 44928 | 991,525 | 1425,715 | 877,5 |
| 429 | China | Industry | 60000 | 990,7 | 2016 | 600 |
| 430 | Japan | Research | 34560 | 989,6 | 1092,096 | 518,4 |
| 431 | Japan | Research | 34560 | 989,6 | 1092,096 | 518,4 |
| 432 | China | Industry | 21600 | 988,2 | 1908 | |
| 433 | China | Industry | 52800 | 986 | 2112 | |
| 434 | China | Industry | 52800 | 986 | 2112 | |
| 435 | China | Industry | 48000 | 984,8 | 1996,8 | 1710 |
| 436 | China | Research | 24800 | 981,2 | 1643,2 | 840 |
| 437 | United States | Academic | 77520 | 976,763 | 1341,096 | 510 |
| 438 | China | Industry | 51200 | 974 | 2048 | |
| 439 | China | Industry | 51200 | 974 | 2048 | |
| 440 | China | Industry | 34816 | 974 | 1906,688 | 343,64 |
| 441 | China | Industry | 21248 | 973,5 | 1819,0336 | 92,77 |
| 442 | China | Industry | 79520 | 972,052 | 2544,64 | |
| 443 | Korea, South | Research | 18720 | 971,04 | 1437,696 | |
| 444 | Japan | Research | 23400 | 961 | 2148,8 | 75,78 |
| 445 | China | Industry | 51200 | 960,3 | 1966,08 | 960 |
| 446 | United Kingdom | Research | 44520 | 958,734 | 997,248 | 855,1 |
| 447 | Germany | Academic | 18880 | 958,67 | 1449,984 | 234 |
| 448 | United States | Government | 56112 | 957,6 | 1212,0192 | 1571,14 |
| 449 | China | Industry | 90000 | 954,72 | 3744 | 3375 |
| 450 | China | Industry | 90000 | 954,72 | 3744 | 3375 |
| 451 | China | Industry | 50400 | 953,7 | 1935,36 | 720 |
| 452 | Norway | Academic | 32192 | 953,571 | 1081,651 | |
| 453 | China | Industry | 41832 | 951,743 | 1539,418 | 1394,4 |
| 454 | France | Vendor | 35360 | 947,889 | 1584,128 | 212 |
| 455 | China | Industry | 50400 | 946,8 | 1935,36 | 1965 |
| 456 | China | Industry | 21600 | 944,2 | 1908 | |
| 457 | China | Industry | 21600 | 944,2 | 1908 | |
| 458 | France | Industry | 29568 | 942,829 | 1135,411 | 420,87 |
| 459 | China | Government | 48000 | 942,4 | 1920 | 800 |
| 460 | Japan | Research | 13824 | 941,277 | 1327,104 | 268,49 |
| 461 | China | Industry | 32768 | 937,943 | 1101,005 | 416 |
| 462 | Sweden | Industry | 27664 | 935,6 | 1150,822 | 444,93 |
| 463 | China | Industry | 25920 | 934,7 | 1908 | |
| 464 | China | Industry | 52800 | 934,2 | 1943,04 | |
| 465 | China | Industry | 52800 | 934,2 | 1943,04 | |
| 466 | China | Industry | 52800 | 934,2 | 1943,04 | |
| 467 | China | Industry | 49600 | 932,3 | 1904,64 | 930 |
| 468 | China | Industry | 54000 | 931,2 | 1900,8 | 675 |
| 469 | China | Others | 20160 | 926,1 | 1676,592 | |
| 470 | China | Industry | 56000 | 920,8 | 1881,6 | 770 |
| 471 | China | Industry | 46640 | 918,844 | 1641,728 | |
| 472 | China | Industry | 48000 | 918,4 | 1843,2 | 900 |

| | | | | | | |
|-----|---------------|------------|-------|---------|----------|--------|
| 473 | China | Industry | 43200 | 915,425 | 1520,64 | |
| 474 | China | Industry | 50000 | 914,8 | 1840 | 1235 |
| 475 | United States | Industry | 28800 | 914,688 | 1152 | 1590 |
| 476 | China | Industry | 21600 | 912,659 | 1602 | |
| 477 | China | Industry | 21600 | 912,659 | 1602 | |
| 478 | Poland | Academic | 26016 | 909,614 | 1082,266 | 585,36 |
| 479 | Sweden | Academic | 19968 | 909,494 | 1341,85 | |
| 480 | New Zealand | Research | 18560 | 908,892 | 1425,408 | |
| 481 | China | Industry | 20640 | 906,1 | 1800 | |
| 482 | Canada | Government | 30816 | 904,15 | 1035,418 | |
| 483 | Canada | Government | 30816 | 904,15 | 1035,418 | |
| 484 | China | Government | 50400 | 902,156 | 1935,36 | |
| 485 | Russia | Academic | 78660 | 901,9 | 1700,21 | 2800 |
| 486 | India | Academic | 31104 | 901,506 | 1244,16 | 607,5 |
| 487 | China | Research | 17200 | 897,2 | 1444,16 | 140 |
| 488 | China | Industry | 51360 | 895,077 | 1807,872 | |
| 489 | United States | Academic | 81920 | 894,439 | 1048,576 | 410,9 |
| 490 | United States | Industry | 32400 | 892,982 | 1244,16 | |
| 491 | China | Industry | 19200 | 884 | 1696 | |
| 492 | China | Industry | 19200 | 884 | 1696 | |
| 493 | China | Industry | 18240 | 882 | 1611,2 | |
| 494 | China | Industry | 18240 | 882 | 1611,2 | |
| 495 | Germany | Industry | 30184 | 881,8 | 1159,066 | 369,2 |
| 496 | China | Industry | 53200 | 880,992 | 2213,12 | |
| 497 | China | Industry | 49600 | 875,85 | 1825,28 | 930 |
| 498 | China | Industry | 45440 | 874,8 | 1817,6 | |
| 499 | China | Industry | 45440 | 874,8 | 1817,6 | |
| 500 | China | Industry | 44800 | 874,1 | 1792 | |

2. Green500 List

Μία περίληψη του καταλόγου «Green500» (Νοέμβριος 2018) αναλυτικότερα τα στοιχεία της λίστας αυτής υπάρχουν στο www.top500.org/green500/list/2018/11/.

| Rank | TOP 500 Rank | Country | Segment | Total Cores | Rmax [TFlop/s] | Power (kW) | Power Efficiency [GFlops/Watts] |
|------|--------------|----------------|------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|
| 1 | 374 | Japan | Research | 953280 | 1063,305 | 60,4 | 17,604 |
| 2 | 373 | United States | Industry | 22440 | 1070 | 97 | 15,113 |
| 3 | 1 | United States | Research | 2397824 | 143500 | 9783 | 14,668 |
| 4 | 7 | Japan | Research | 391680 | 19880 | 1649,25 | 14,423 |
| 5 | 22 | Japan | Academic | 135828 | 8125 | 792,08 | 13,704 |
| 6 | 2 | United States | Research | 1572480 | 94640 | 7438,28 | 12,723 |
| 7 | 444 | Japan | Research | 23400 | 961 | 75,78 | 12,681 |
| 8 | 409 | Spain | Academic | 19440 | 1018 | 85,8 | 11,865 |
| 9 | 38 | China | Vendor | 163840 | 4325 | 380 | 11,382 |
| 10 | 20 | Taiwan | Research | 170352 | 9000 | 797,54 | 11,285 |
| 11 | 298 | China | Industry | 23904 | 1154,8 | 107,14 | 10,778 |
| 12 | 441 | China | Industry | 21248 | 973,5 | 92,77 | 10,494 |
| 13 | 283 | United Kingdom | Academic | 21240 | 1193 | 114,4 | 10,428 |
| 14 | 15 | Italy | Industry | 253600 | 12210 | 1320 | 9,804 |
| 15 | 50 | United States | Industry | 60512 | 3307 | 349,5 | 9,462 |
| 16 | 51 | United States | Industry | 60512 | 3307 | 349,5 | 9,462 |
| 17 | 216 | China | Others | 26180 | 1432,9 | 159,94 | 8,959 |
| 18 | 5 | Switzerland | Research | 387872 | 21230 | 2384,24 | 8,904 |
| 19 | 268 | China | Academic | 22656 | 1238 | 144 | 8,597 |
| 20 | 403 | France | Academic | 17640 | 1022 | 127 | 8,047 |
| 21 | 235 | Canada | Academic | 59776 | 1337 | 167 | 8,006 |
| 22 | 241 | China | Industry | 28884 | 1314 | 165 | 7,964 |
| 23 | 228 | China | Industry | 30624 | 1389 | 176 | 7,892 |
| 24 | 108 | China | Industry | 41760 | 1825 | 240 | 7,604 |
| 25 | 426 | Japan | Research | 1313280 | 1001,01 | 149,99 | 6,674 |
| 26 | 487 | China | Research | 17200 | 897,2 | 140 | 6,409 |
| 27 | 3 | China | Research | 10649600 | 93014,59 388 | 15371 | 6,051 |
| 28 | 220 | China | Government | 30240 | 1418 | 240 | 5,908 |
| 29 | 14 | Japan | Academic | 556104 | 13554,6 | 2718,7 | 4,986 |
| 30 | 425 | United States | Research | 20160 | 1001,63 | 219,5 | 4,563 |
| 31 | 59 | Canada | Research | 60000 | 3074,19 | 676,3 | 4,546 |
| 32 | 26 | Germany | Research | 114480 | 6177,73 | 1361 | 4,539 |
| 33 | 454 | France | Vendor | 35360 | 947,889 | 212 | 4,471 |
| 34 | 40 | France | Research | 79488 | 4065,55 | 917 | 4,434 |
| 35 | 243 | China | Government | 24400 | 1307 | 300 | 4,357 |

| | | | | | | | |
|----|-----|----------------|------------|---------|----------|---------|-------|
| 36 | 87 | United Kingdom | Academic | 50176 | 2271,38 | 530 | 4,286 |
| 37 | 28 | Japan | Research | 135792 | 5730,5 | 1353,95 | 4,232 |
| 38 | 29 | Japan | Research | 135792 | 5730,5 | 1353,95 | 4,232 |
| 39 | 91 | Japan | Academic | 40000 | 2089,98 | 495,86 | 4,215 |
| 40 | 447 | Germany | Academic | 18880 | 958,67 | 234 | 4,097 |
| 41 | 60 | Japan | Academic | 122400 | 3057,35 | 748,1 | 4,087 |
| 42 | 242 | France | Research | 56304 | 1311,33 | 326 | 4,022 |
| 43 | 225 | China | Government | 28000 | 1405 | 350 | 4,014 |
| 44 | 68 | Japan | Research | 54560 | 2787,14 | 697,51 | 3,996 |
| 45 | 237 | Taiwan | Research | 27200 | 1325,15 | 332 | 3,991 |
| 46 | 25 | Spain | Academic | 153216 | 6470,8 | 1632 | 3,965 |
| 47 | 97 | France | Industry | 41472 | 1980,53 | 512 | 3,868 |
| 48 | 269 | China | Government | 24640 | 1237 | 320 | 3,866 |
| 49 | 85 | Saudi Arabia | Industry | 53300 | 2322,46 | 608 | 3,82 |
| 50 | 16 | France | Research | 561408 | 11965,5 | 3178 | 3,765 |
| 51 | 236 | Japan | Research | 26400 | 1326,25 | 357,55 | 3,709 |
| 52 | 102 | China | Industry | 54000 | 1928 | 520 | 3,708 |
| 53 | 75 | China | Research | 50816 | 2547 | 710 | 3,587 |
| 54 | 12 | United States | Research | 622336 | 14014,7 | 3939 | 3,558 |
| 55 | 460 | Japan | Research | 13824 | 941,277 | 268,49 | 3,506 |
| 56 | 107 | United Kingdom | Research | 80640 | 1829,86 | 529 | 3,459 |
| 57 | 31 | Germany | Research | 127520 | 5612,83 | 1635 | 3,433 |
| 58 | 211 | United States | Industry | 45680 | 1462,97 | 431 | 3,394 |
| 59 | 4 | China | Research | 4981760 | 61444,5 | 18482 | 3,325 |
| 60 | 81 | China | Research | 48128 | 2435 | 740 | 3,291 |
| 61 | 113 | Japan | Research | 38552 | 1785,62 | 544,48 | 3,279 |
| 62 | 33 | United States | Research | 124416 | 5444,64 | 1685,73 | 3,23 |
| 63 | 366 | China | Research | 19264 | 1075 | 344 | 3,125 |
| 64 | 360 | United States | Research | 34884 | 1087,58 | 354 | 3,072 |
| 65 | 99 | Germany | Academic | 49432 | 1967,81 | 657 | 2,995 |
| 66 | 80 | United States | Research | 73920 | 2443,7 | 835 | 2,927 |
| 67 | 53 | United Kingdom | Research | 113832 | 3243,41 | 1134 | 2,86 |
| 68 | 440 | China | Industry | 34816 | 974 | 343,64 | 2,834 |
| 69 | 44 | Germany | Research | 155150 | 3782,57 | 1345,28 | 2,812 |
| 70 | 45 | India | Research | 119232 | 3763,94 | 1353,23 | 2,781 |
| 71 | 36 | United States | Research | 144900 | 4788,19 | 1727 | 2,773 |
| 72 | 62 | Germany | Research | 99072 | 3010,68 | 1116 | 2,698 |
| 73 | 73 | India | Research | 83592 | 2570,4 | 954,73 | 2,692 |
| 74 | 6 | United States | Research | 979072 | 20158,7 | 7578,1 | 2,66 |
| 75 | 103 | China | Industry | 49680 | 1914,389 | 732,78 | 2,613 |
| 76 | 89 | France | Research | 72000 | 2167,99 | 830,4 | 2,611 |
| 77 | 90 | France | Research | 73440 | 2157,41 | 830,2 | 2,599 |
| 78 | 55 | Italy | Industry | 72000 | 3188 | 1227 | 2,598 |
| 79 | 274 | France | Vendor | 46800 | 1225,28 | 472 | 2,596 |

| | | | | | | | |
|-----|-----|----------------|------------|---------|-----------|---------|-------|
| 80 | 104 | Switzerland | Research | 65268 | 1896,75 | 732,4 | 2,59 |
| 81 | 247 | China | Government | 47040 | 1286 | 504 | 2,552 |
| 82 | 275 | United States | Research | 40392 | 1223,7 | 480 | 2,549 |
| 83 | 276 | United States | Research | 40392 | 1223,7 | 480 | 2,549 |
| 84 | 222 | China | Government | 52080 | 1416 | 560 | 2,529 |
| 85 | 204 | United States | Research | 53352 | 1524,72 | 603,4 | 2,527 |
| 86 | 229 | France | Vendor | 49896 | 1363,48 | 543 | 2,511 |
| 87 | 291 | United States | Research | 39744 | 1179,58 | 485 | 2,432 |
| 88 | 379 | United States | Research | 33088 | 1050,54 | 432,5 | 2,429 |
| 89 | 245 | France | Research | 38528 | 1299,47 | 539 | 2,411 |
| 90 | 495 | Germany | Industry | 30184 | 881,8 | 369,2 | 2,388 |
| 91 | 46 | United States | Government | 72800 | 3577 | 1498,9 | 2,386 |
| 92 | 47 | United States | Government | 72800 | 3577 | 1498,9 | 2,386 |
| 93 | 308 | United States | Research | 41256 | 1142,44 | 480 | 2,38 |
| 94 | 219 | China | Research | 48000 | 1428 | 600 | 2,38 |
| 95 | 306 | United States | Research | 39672 | 1144,84 | 485,7 | 2,357 |
| 96 | 307 | United States | Research | 39672 | 1144,84 | 485,7 | 2,357 |
| 97 | 277 | Germany | Research | 41472 | 1214,2 | 528,2 | 2,299 |
| 98 | 413 | Germany | Research | 34560 | 1014 | 448,2 | 2,262 |
| 99 | 461 | China | Industry | 32768 | 937,943 | 416 | 2,255 |
| 100 | 270 | Canada | Academic | 51200 | 1228 | 546,04 | 2,249 |
| 101 | 41 | United States | Industry | 145920 | 4042,46 | 1800 | 2,246 |
| 102 | 458 | France | Industry | 29568 | 942,829 | 420,87 | 2,24 |
| 103 | 218 | United Kingdom | Research | 131072 | 1431,102 | 657 | 2,178 |
| 104 | 39 | United States | Research | 393216 | 4293,306 | 1972 | 2,177 |
| 105 | 489 | United States | Academic | 81920 | 894,439 | 410,9 | 2,177 |
| 106 | 367 | France | Academic | 98304 | 1073,327 | 493,12 | 2,177 |
| 107 | 368 | United Kingdom | Academic | 98304 | 1073,327 | 493,12 | 2,177 |
| 108 | 10 | United States | Research | 1572864 | 17173,224 | 7890 | 2,177 |
| 109 | 21 | United States | Research | 786432 | 8586,612 | 3945 | 2,177 |
| 110 | 9 | United States | Research | 560640 | 17590 | 8209 | 2,143 |
| 111 | 111 | Sweden | Academic | 67456 | 1802,51 | 842 | 2,141 |
| 112 | 63 | Japan | Academic | 92160 | 2910 | 1382,4 | 2,105 |
| 113 | 378 | United States | Academic | 23040 | 1052 | 500 | 2,104 |
| 114 | 462 | Sweden | Industry | 27664 | 935,6 | 444,93 | 2,103 |
| 115 | 42 | United Kingdom | Research | 126468 | 3944,68 | 1897,02 | 2,079 |

| | | | | | | | |
|-----|-----|----------------|------------|--------|----------|---------|-------|
| 116 | 43 | United Kingdom | Research | 126468 | 3944,68 | 1897,02 | 2,079 |
| 117 | 66 | United Kingdom | Research | 89856 | 2801,782 | 1347,84 | 2,079 |
| 118 | 67 | United Kingdom | Research | 89856 | 2801,782 | 1347,84 | 2,079 |
| 119 | 92 | China | Industry | 174720 | 2071,39 | 997 | 2,078 |
| 120 | 131 | Poland | Academic | 55728 | 1670,09 | 807,6 | 2,068 |
| 121 | 358 | China | Industry | 43008 | 1089,87 | 528,4 | 2,063 |
| 122 | 292 | Japan | Academic | 38016 | 1178,3 | 580,9 | 2,028 |
| 123 | 69 | Japan | Academic | 76032 | 2785 | 1398,61 | 1,991 |
| 124 | 88 | Saudi Arabia | Industry | 76032 | 2249,68 | 1134 | 1,984 |
| 125 | 309 | China | Industry | 41440 | 1142,232 | 577,69 | 1,977 |
| 126 | 32 | Saudi Arabia | Academic | 196608 | 5536,99 | 2834 | 1,954 |
| 127 | 437 | United States | Academic | 77520 | 976,763 | 510 | 1,915 |
| 128 | 56 | Japan | Research | 110160 | 3157 | 1652,4 | 1,911 |
| 129 | 84 | Japan | Research | 82944 | 2376 | 1244,16 | 1,91 |
| 130 | 430 | Japan | Research | 34560 | 989,6 | 518,4 | 1,909 |
| 131 | 431 | Japan | Research | 34560 | 989,6 | 518,4 | 1,909 |
| 132 | 65 | Germany | Academic | 86016 | 2813,62 | 1480,83 | 1,9 |
| 133 | 414 | Poland | Academic | 32984 | 1013,721 | 549,6 | 1,844 |
| 134 | 266 | Finland | Academic | 40608 | 1250 | 680 | 1,838 |
| 135 | 76 | United States | Research | 194616 | 2539,13 | 1384 | 1,835 |
| 136 | 105 | France | Research | 70272 | 1871 | 1042 | 1,796 |
| 137 | 398 | Germany | Academic | 34656 | 1029,94 | 582 | 1,77 |
| 138 | 82 | Korea, South | Research | 69600 | 2395,68 | 1359,38 | 1,762 |
| 139 | 83 | Korea, South | Research | 69600 | 2395,68 | 1359,38 | 1,762 |
| 140 | 224 | China | Industry | 78000 | 1405 | 800 | 1,756 |
| 141 | 259 | China | Industry | 67200 | 1262 | 720 | 1,753 |
| 142 | 77 | France | Academic | 85824 | 2494,65 | 1430 | 1,745 |
| 143 | 324 | China | Research | 46080 | 1127,154 | 647,96 | 1,74 |
| 144 | 116 | China | Others | 97920 | 1736 | 1000 | 1,736 |
| 145 | 410 | United States | Academic | 30048 | 1017,04 | 586,88 | 1,733 |
| 146 | 188 | United States | Research | 48960 | 1635,02 | 956,25 | 1,71 |
| 147 | 189 | United States | Research | 48960 | 1635,02 | 956,25 | 1,71 |
| 148 | 78 | United States | Government | 100064 | 2485 | 1465,78 | 1,695 |
| 149 | 221 | China | Industry | 82800 | 1417 | 850 | 1,667 |
| 150 | 96 | China | Industry | 116600 | 1997 | 1200 | 1,664 |
| 151 | 234 | China | Government | 78720 | 1345 | 810 | 1,66 |
| 152 | 244 | China | Industry | 76000 | 1306 | 790 | 1,653 |
| 153 | 429 | China | Industry | 60000 | 990,7 | 600 | 1,651 |
| 154 | 265 | China | Industry | 72800 | 1252 | 760 | 1,647 |
| 155 | 109 | China | Industry | 110080 | 1807 | 1100 | 1,643 |
| 156 | 260 | China | Industry | 76480 | 1258 | 770 | 1,634 |
| 157 | 98 | China | Industry | 121920 | 1979 | 1216 | 1,627 |
| 158 | 112 | China | Industry | 105000 | 1790 | 1100 | 1,627 |
| 159 | 197 | China | Industry | 92000 | 1562 | 960 | 1,627 |
| 160 | 129 | China | Industry | 97920 | 1683 | 1050 | 1,603 |
| 161 | 258 | China | Industry | 74400 | 1266 | 800 | 1,583 |

| | | | | | | | |
|-----|-----|----------------|------------|--------|-----------|----------|-------|
| 162 | 357 | Australia | Research | 35712 | 1097,558 | 697,5 | 1,574 |
| 163 | 30 | Germany | Research | 185088 | 5640,17 | 3615 | 1,56 |
| 164 | 478 | Poland | Academic | 26016 | 909,614 | 585,36 | 1,554 |
| 165 | 359 | Netherlands | Academic | 38880 | 1088,51 | 706 | 1,542 |
| 166 | 399 | South Africa | Academic | 32856 | 1029,32 | 685 | 1,503 |
| 167 | 263 | China | Industry | 68000 | 1257 | 840 | 1,496 |
| 168 | 486 | India | Academic | 31104 | 901,506 | 607,5 | 1,484 |
| 169 | 264 | China | Industry | 81200 | 1254 | 870 | 1,441 |
| 170 | 400 | China | Industry | 58800 | 1028 | 735 | 1,399 |
| 171 | 393 | China | Industry | 210000 | 1036 | 750 | 1,381 |
| 172 | 267 | China | Industry | 72000 | 1242 | 900 | 1,38 |
| 173 | 468 | China | Industry | 54000 | 931,2 | 675 | 1,38 |
| 174 | 412 | China | Industry | 60000 | 1015 | 750 | 1,353 |
| 175 | 27 | United States | Research | 241108 | 5951,55 | 4407 | 1,35 |
| 176 | 451 | China | Industry | 50400 | 953,7 | 720 | 1,325 |
| 177 | 34 | France | Industry | 220800 | 5283,11 | 4150 | 1,273 |
| 178 | 122 | Italy | Academic | 54432 | 1723,89 | 1360,8 | 1,267 |
| 179 | 470 | China | Industry | 56000 | 920,8 | 770 | 1,196 |
| 180 | 459 | China | Government | 48000 | 942,4 | 800 | 1,178 |
| 181 | 419 | Poland | Academic | 38400 | 1010,94 | 864 | 1,17 |
| 182 | 436 | China | Research | 24800 | 981,2 | 840 | 1,168 |
| 183 | 354 | China | Industry | 64000 | 1102 | 960 | 1,148 |
| 184 | 401 | China | Industry | 54000 | 1026 | 900 | 1,14 |
| 185 | 428 | Germany | Academic | 44928 | 991,525 | 877,5 | 1,13 |
| 186 | 446 | United Kingdom | Research | 44520 | 958,734 | 855,1 | 1,121 |
| 187 | 383 | China | Government | 51200 | 1044 | 960 | 1,087 |
| 188 | 350 | China | Industry | 67200 | 1108 | 1050 | 1,055 |
| 189 | 472 | China | Industry | 48000 | 918,4 | 900 | 1,02 |
| 190 | 252 | Germany | Research | 65320 | 1283,3119 | 1260 | 1,019 |
| 191 | 467 | China | Industry | 49600 | 932,3 | 930 | 1,002 |
| 192 | 445 | China | Industry | 51200 | 960,3 | 960 | 1 |
| 193 | 497 | China | Industry | 49600 | 875,85 | 930 | 0,942 |
| 194 | 223 | United States | Government | 73584 | 1415,47 | 1606 | 0,881 |
| 195 | 262 | United States | Research | 72288 | 1257,615 | 1436,72 | 0,875 |
| 196 | 420 | Singapore | Research | 30912 | 1010 | 1159,2 | 0,871 |
| 197 | 64 | Germany | Academic | 147456 | 2897 | 3422,67 | 0,846 |
| 198 | 18 | Japan | Research | 705024 | 10510 | 12659,89 | 0,83 |
| 199 | 474 | China | Industry | 50000 | 914,8 | 1235 | 0,741 |
| 200 | 329 | China | Industry | 64800 | 1124 | 1620 | 0,694 |
| 201 | 453 | China | Industry | 41832 | 951,743 | 1394,4 | 0,683 |
| 202 | 58 | United States | Government | 152692 | 3126,24 | 4819,5 | 0,649 |
| 203 | 49 | United States | Research | 124200 | 3318,95 | 5175 | 0,641 |
| 204 | 101 | Japan | Research | 60240 | 1929,37 | 3012 | 0,641 |
| 205 | 230 | France | Research | 77184 | 1359 | 2132 | 0,637 |
| 206 | 74 | China | Research | 186368 | 2566 | 4040 | 0,635 |
| 207 | 448 | United | Government | 56112 | 957,6 | 1571,14 | 0,609 |

| | | | | | | | |
|-----|-----|----------------|------------|--------|----------|---------|-------|
| | | States | ent | | | | |
| 208 | 125 | United States | Government | 57600 | 1703,28 | 2880 | 0,591 |
| 209 | 435 | China | Industry | 48000 | 984,8 | 1710 | 0,576 |
| 210 | 475 | United States | Industry | 28800 | 914,688 | 1590 | 0,575 |
| 211 | 248 | United States | Government | 61256 | 1285,6 | 2323,71 | 0,553 |
| 212 | 249 | United States | Government | 61256 | 1285,6 | 2323,71 | 0,553 |
| 213 | 427 | United States | Research | 31248 | 1000,52 | 2008,8 | 0,498 |
| 214 | 57 | United States | Government | 225984 | 3143,52 | 6327,55 | 0,497 |
| 215 | 186 | United Kingdom | Research | 118080 | 1642,536 | 3306,24 | 0,497 |
| 216 | 254 | China | Research | 120640 | 1271 | 2580 | 0,493 |
| 217 | 455 | China | Industry | 50400 | 946,8 | 1965 | 0,482 |
| 218 | 304 | China | Industry | 78000 | 1149,57 | 2437,5 | 0,472 |
| 219 | 195 | United States | Vendor | 62944 | 1587 | 3575,63 | 0,444 |
| 220 | 134 | United States | Research | 133824 | 1654,702 | 3747,07 | 0,442 |
| 221 | 355 | China | Industry | 84000 | 1101,6 | 2625 | 0,42 |
| 222 | 356 | China | Industry | 84000 | 1101,6 | 2625 | 0,42 |
| 223 | 485 | Russia | Academic | 78660 | 901,9 | 2800 | 0,322 |
| 224 | 353 | United States | Industry | 25920 | 1106 | 3564 | 0,31 |
| 225 | 213 | Czech Republic | Academic | 76896 | 1457,73 | 4806 | 0,303 |
| 226 | 415 | China | Industry | 108000 | 1013,472 | 3375 | 0,3 |
| 227 | 449 | China | Industry | 90000 | 954,72 | 3375 | 0,283 |
| 228 | 450 | China | Industry | 90000 | 954,72 | 3375 | 0,283 |
| 229 | 390 | China | Industry | 100000 | 1038,4 | 3750 | 0,277 |
| 230 | 380 | France | Research | 138368 | 1050 | 4590 | 0,229 |
| 231 | 295 | United States | Research | 150528 | 1167 | 5569 | 0,21 |
| 232 | 70 | United States | Research | 95472 | 2632,51 | 13620 | 0,193 |
| 233 | 71 | United States | Research | 95472 | 2632,51 | 13620 | 0,193 |
| 234 | 408 | Japan | Academic | 222072 | 1018 | 19431,3 | 0,052 |
| 235 | 54 | United States | Government | 55296 | 3221,4 | | |
| 236 | 375 | United States | Industry | 39744 | 1061,019 | | |
| 237 | 469 | China | Others | 20160 | 926,1 | | |
| 238 | 115 | Germany | Industry | 35280 | 1750,18 | | |
| 239 | 279 | Japan | Research | 35360 | 1213 | | |
| 240 | 250 | China | Industry | 51200 | 1284,5 | | |
| 241 | 19 | Italy | Academic | 348000 | 10384,9 | | |
| 242 | 136 | Australia | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 243 | 137 | Canada | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 244 | 138 | Canada | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 245 | 139 | Canada | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 246 | 330 | Australia | Industry | 38400 | 1123,15 | | |
| 247 | 331 | Brazil | Industry | 38400 | 1123,15 | | |

| | | | | | | | |
|-----|-----|----------------|------------|--------|----------|--|--|
| 248 | 332 | Australia | Industry | 38400 | 1123,15 | | |
| 249 | 395 | United States | Vendor | 24240 | 1031,17 | | |
| 250 | 52 | United States | Research | 78720 | 3275,67 | | |
| 251 | 11 | United States | Research | 248976 | 15430 | | |
| 252 | 246 | United States | Research | 19656 | 1289 | | |
| 253 | 24 | United States | Research | 280320 | 6920,9 | | |
| 254 | 372 | United States | Research | 46720 | 1070,59 | | |
| 255 | 418 | Italy | Research | 20832 | 1011,86 | | |
| 256 | 72 | Italy | Industry | 66000 | 2592 | | |
| 257 | 370 | United States | Industry | 41600 | 1071,42 | | |
| 258 | 371 | United States | Industry | 41600 | 1071,42 | | |
| 259 | 48 | United States | Research | 160304 | 3409,61 | | |
| 260 | 261 | China | Industry | 29760 | 1257,62 | | |
| 261 | 278 | China | Industry | 24000 | 1213,62 | | |
| 262 | 405 | United Kingdom | Industry | 46620 | 1020,5 | | |
| 263 | 406 | United Kingdom | Industry | 46620 | 1020,5 | | |
| 264 | 407 | United Kingdom | Industry | 46620 | 1020,5 | | |
| 265 | 110 | China | Government | 33840 | 1804 | | |
| 266 | 114 | China | Government | 33120 | 1768,59 | | |
| 267 | 117 | China | Government | 32400 | 1735,66 | | |
| 268 | 124 | China | Government | 31680 | 1703,508 | | |
| 269 | 128 | China | Government | 35200 | 1684,19 | | |
| 270 | 132 | China | Government | 30960 | 1668,16 | | |
| 271 | 190 | China | Government | 32144 | 1630,13 | | |
| 272 | 194 | China | Government | 31360 | 1593,03 | | |
| 273 | 198 | China | Government | 30576 | 1558,4 | | |
| 274 | 206 | China | Government | 29792 | 1520,97 | | |
| 275 | 214 | China | Government | 28224 | 1443,56 | | |
| 276 | 215 | China | Government | 28224 | 1443,56 | | |
| 277 | 361 | China | Government | 23760 | 1086,42 | | |
| 278 | 369 | China | Government | 23400 | 1072,83 | | |
| 279 | 376 | China | Government | 23040 | 1060,19 | | |

| | | | | | | | |
|-----|-----|------------------|----------------|-------|---------|--|--|
| | | | ent | | | | |
| 280 | 382 | China | Governm ent | 22680 | 1046,12 | | |
| 281 | 396 | China | Governm ent | 22320 | 1031,14 | | |
| 282 | 411 | China | Governm ent | 21960 | 1016,38 | | |
| 283 | 484 | China | Governm ent | 50400 | 902,156 | | |
| 284 | 140 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 285 | 141 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 286 | 142 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 287 | 143 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 288 | 144 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 289 | 145 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 290 | 146 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 291 | 147 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 292 | 148 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 293 | 149 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 294 | 150 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 295 | 151 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 296 | 152 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 297 | 153 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 298 | 154 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 299 | 155 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 300 | 156 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 301 | 157 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 302 | 158 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 303 | 159 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 304 | 160 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 305 | 161 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 306 | 162 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 307 | 163 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 308 | 164 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |

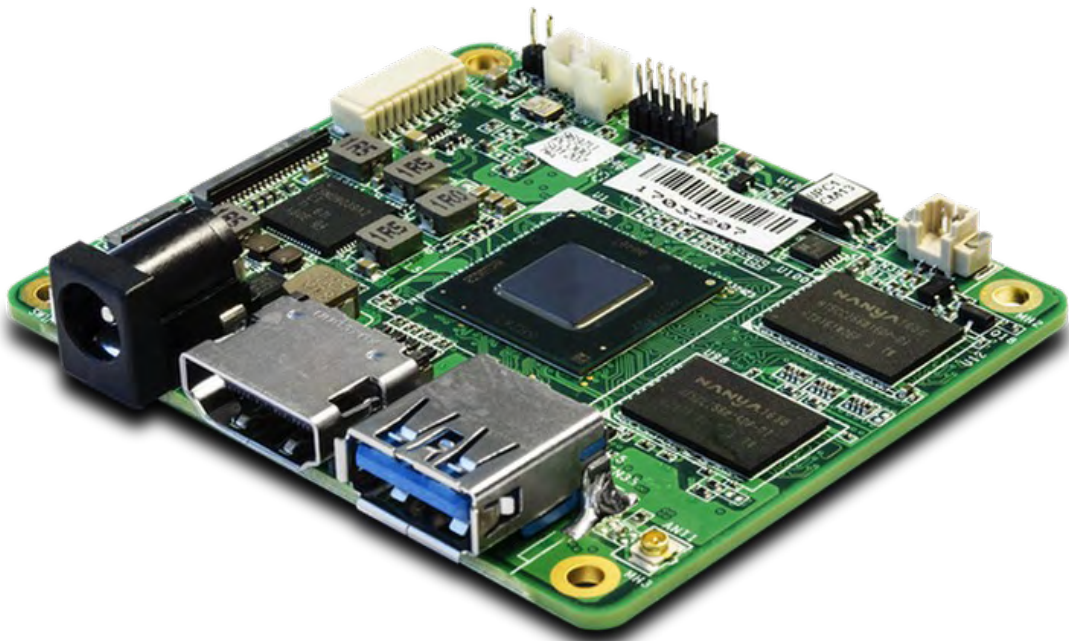
| | | | | | | | |
|-----|-----|---------------|----------|--------|---------|--|--|
| 309 | 165 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 310 | 166 | United States | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 311 | 95 | Japan | Academic | 39760 | 2000 | | |
| 312 | 193 | Japan | Research | 33600 | 1601 | | |
| 313 | 471 | China | Industry | 46640 | 918,844 | | |
| 314 | 443 | Korea, South | Research | 18720 | 971,04 | | |
| 315 | 133 | China | Industry | 41760 | 1667,72 | | |
| 316 | 232 | China | Industry | 82752 | 1348,56 | | |
| 317 | 271 | China | Industry | 26720 | 1228 | | |
| 318 | 272 | China | Industry | 26720 | 1228 | | |
| 319 | 273 | China | Industry | 26720 | 1228 | | |
| 320 | 296 | China | Industry | 26880 | 1161 | | |
| 321 | 305 | China | Industry | 67200 | 1145,41 | | |
| 322 | 325 | China | Industry | 26880 | 1127 | | |
| 323 | 326 | China | Industry | 26880 | 1127 | | |
| 324 | 327 | China | Industry | 26880 | 1127 | | |
| 325 | 488 | China | Industry | 51360 | 895,077 | | |
| 326 | 424 | China | Industry | 23904 | 1001,68 | | |
| 327 | 476 | China | Industry | 21600 | 912,659 | | |
| 328 | 477 | China | Industry | 21600 | 912,659 | | |
| 329 | 199 | China | Industry | 38880 | 1555,97 | | |
| 330 | 363 | China | Industry | 120240 | 1080 | | |
| 331 | 364 | China | Industry | 120240 | 1080 | | |
| 332 | 365 | China | Industry | 33840 | 1080 | | |
| 333 | 391 | China | Industry | 52800 | 1038 | | |
| 334 | 392 | China | Industry | 52800 | 1038 | | |
| 335 | 464 | China | Industry | 52800 | 934,2 | | |
| 336 | 465 | China | Industry | 52800 | 934,2 | | |
| 337 | 466 | China | Industry | 52800 | 934,2 | | |
| 338 | 496 | China | Industry | 53200 | 880,992 | | |
| 339 | 118 | China | Industry | 38400 | 1729 | | |
| 340 | 119 | China | Industry | 38400 | 1729 | | |
| 341 | 120 | China | Industry | 38400 | 1729 | | |
| 342 | 123 | China | Industry | 39680 | 1714 | | |
| 343 | 210 | China | Industry | 33000 | 1471 | | |
| 344 | 231 | China | Industry | 31680 | 1352 | | |
| 345 | 253 | China | Industry | 66560 | 1276 | | |
| 346 | 255 | China | Industry | 65280 | 1271 | | |
| 347 | 256 | China | Industry | 64000 | 1269 | | |
| 348 | 257 | China | Industry | 64000 | 1269 | | |
| 349 | 284 | China | Industry | 28800 | 1188 | | |
| 350 | 285 | China | Industry | 28800 | 1188 | | |
| 351 | 286 | China | Industry | 24960 | 1182 | | |
| 352 | 287 | China | Industry | 24960 | 1182 | | |
| 353 | 290 | China | Industry | 26880 | 1180 | | |
| 354 | 293 | China | Industry | 12800 | 1171 | | |
| 355 | 294 | China | Industry | 12800 | 1171 | | |
| 356 | 299 | China | Industry | 28800 | 1152 | | |
| 357 | 301 | China | Industry | 28800 | 1152 | | |
| 358 | 302 | China | Industry | 28800 | 1152 | | |
| 359 | 303 | China | Industry | 28800 | 1152 | | |
| 360 | 315 | China | Industry | 59520 | 1128 | | |
| 361 | 316 | China | Industry | 59520 | 1128 | | |

| | | | | | | | |
|-----|-----|---------------|----------|--------|----------|--|--|
| 362 | 317 | China | Industry | 28800 | 1128 | | |
| 363 | 318 | China | Industry | 28800 | 1128 | | |
| 364 | 319 | China | Industry | 28800 | 1128 | | |
| 365 | 320 | China | Industry | 28800 | 1128 | | |
| 366 | 321 | China | Industry | 28800 | 1128 | | |
| 367 | 322 | China | Industry | 28800 | 1128 | | |
| 368 | 346 | China | Industry | 26400 | 1110 | | |
| 369 | 347 | China | Industry | 26400 | 1110 | | |
| 370 | 348 | China | Industry | 26400 | 1110 | | |
| 371 | 349 | China | Industry | 26400 | 1110 | | |
| 372 | 351 | China | Industry | 57600 | 1106 | | |
| 373 | 352 | China | Industry | 57600 | 1106 | | |
| 374 | 381 | China | Industry | 39520 | 1048 | | |
| 375 | 384 | China | Industry | 24000 | 1042 | | |
| 376 | 385 | China | Industry | 24000 | 1042 | | |
| 377 | 386 | China | Industry | 24000 | 1042 | | |
| 378 | 387 | China | Industry | 24000 | 1042 | | |
| 379 | 388 | China | Industry | 24000 | 1042 | | |
| 380 | 397 | China | Industry | 57600 | 1030 | | |
| 381 | 404 | China | Industry | 27360 | 1021 | | |
| 382 | 422 | China | Industry | 26208 | 1004 | | |
| 383 | 423 | China | Industry | 26208 | 1004 | | |
| 384 | 432 | China | Industry | 21600 | 988,2 | | |
| 385 | 433 | China | Industry | 52800 | 986 | | |
| 386 | 434 | China | Industry | 52800 | 986 | | |
| 387 | 438 | China | Industry | 51200 | 974 | | |
| 388 | 439 | China | Industry | 51200 | 974 | | |
| 389 | 456 | China | Industry | 21600 | 944,2 | | |
| 390 | 457 | China | Industry | 21600 | 944,2 | | |
| 391 | 463 | China | Industry | 25920 | 934,7 | | |
| 392 | 481 | China | Industry | 20640 | 906,1 | | |
| 393 | 491 | China | Industry | 19200 | 884 | | |
| 394 | 492 | China | Industry | 19200 | 884 | | |
| 395 | 493 | China | Industry | 18240 | 882 | | |
| 396 | 494 | China | Industry | 18240 | 882 | | |
| 397 | 498 | China | Industry | 45440 | 874,8 | | |
| 398 | 499 | China | Industry | 45440 | 874,8 | | |
| 399 | 500 | China | Industry | 44800 | 874,1 | | |
| 400 | 342 | China | Others | 120960 | 1123 | | |
| 401 | 86 | China | Industry | 55104 | 2287 | | |
| 402 | 300 | China | Industry | 28800 | 1152 | | |
| 403 | 314 | China | Industry | 26880 | 1142 | | |
| 404 | 328 | China | Others | 26880 | 1127 | | |
| 405 | 362 | United States | Industry | 36288 | 1085,46 | | |
| 406 | 13 | Korea, South | Research | 570020 | 13929,3 | | |
| 407 | 8 | Germany | Academic | 305856 | 19476,6 | | |
| 408 | 282 | Russia | Research | 35136 | 1200,35 | | |
| 409 | 288 | United States | Industry | 23808 | 1181,074 | | |
| 410 | 289 | United States | Industry | 23808 | 1181,074 | | |
| 411 | 394 | United States | Academic | 41472 | 1032,82 | | |
| 412 | 79 | Russia | Academic | 64384 | 2478 | | |

| | | | | | | | |
|-----|-----|---------------|------------|--------|---------|--|--|
| 413 | 130 | Australia | Academic | 87224 | 1676,22 | | |
| 414 | 480 | New Zealand | Research | 18560 | 908,892 | | |
| 415 | 100 | United States | Research | 66304 | 1966,08 | | |
| 416 | 35 | United States | Research | 75600 | 4850,66 | | |
| 417 | 421 | Sweden | Academic | 24320 | 1005,45 | | |
| 418 | 479 | Sweden | Academic | 19968 | 909,494 | | |
| 419 | 93 | United States | Government | 34560 | 2001,99 | | |
| 420 | 94 | United States | Government | 34560 | 2001,99 | | |
| 421 | 281 | China | Industry | 36000 | 1202,68 | | |
| 422 | 389 | China | Industry | 61000 | 1038,43 | | |
| 423 | 402 | China | Industry | 60000 | 1022,01 | | |
| 424 | 343 | United States | Research | 33600 | 1121,13 | | |
| 425 | 344 | United States | Research | 33600 | 1121,13 | | |
| 426 | 227 | Japan | Industry | 59392 | 1391 | | |
| 427 | 61 | United States | Industry | 47808 | 3057 | | |
| 428 | 37 | Japan | Academic | 72000 | 4540,69 | | |
| 429 | 203 | United States | Research | 125328 | 1529 | | |
| 430 | 106 | China | Industry | 43200 | 1831,49 | | |
| 431 | 121 | China | Industry | 118400 | 1728,88 | | |
| 432 | 135 | China | Industry | 89600 | 1653,22 | | |
| 433 | 187 | China | Industry | 38400 | 1639,3 | | |
| 434 | 191 | China | Industry | 37600 | 1608,22 | | |
| 435 | 192 | China | Industry | 86800 | 1603,23 | | |
| 436 | 196 | China | Industry | 36800 | 1579,98 | | |
| 437 | 200 | China | Industry | 36000 | 1552,44 | | |
| 438 | 201 | China | Industry | 84000 | 1551,51 | | |
| 439 | 202 | China | Industry | 82880 | 1537,19 | | |
| 440 | 205 | China | Industry | 35200 | 1521,94 | | |
| 441 | 208 | China | Industry | 34400 | 1492,78 | | |
| 442 | 209 | China | Industry | 79520 | 1477,92 | | |
| 443 | 212 | China | Industry | 33600 | 1462,27 | | |
| 444 | 217 | China | Industry | 32800 | 1432 | | |
| 445 | 226 | China | Industry | 32000 | 1400,88 | | |
| 446 | 233 | China | Industry | 32000 | 1346,76 | | |
| 447 | 238 | China | Industry | 30000 | 1319,52 | | |
| 448 | 239 | China | Industry | 30000 | 1319,52 | | |
| 449 | 240 | China | Industry | 29920 | 1316,84 | | |
| 450 | 251 | China | Industry | 30400 | 1284,26 | | |
| 451 | 280 | China | Industry | 76800 | 1212,8 | | |
| 452 | 297 | China | Industry | 64320 | 1156,5 | | |
| 453 | 310 | China | Industry | 27520 | 1142 | | |
| 454 | 311 | China | Industry | 27520 | 1142 | | |
| 455 | 312 | China | Industry | 27520 | 1142 | | |
| 456 | 313 | China | Industry | 27520 | 1142 | | |
| 457 | 323 | China | Industry | 62400 | 1127,49 | | |
| 458 | 377 | China | Industry | 51840 | 1060,19 | | |
| 459 | 442 | China | Industry | 79520 | 972,052 | | |

| | | | | | | | |
|-----|-----|----------------|------------|--------|----------|--|--|
| 460 | 473 | China | Industry | 43200 | 915,425 | | |
| 461 | 482 | Canada | Government | 30816 | 904,15 | | |
| 462 | 483 | Canada | Government | 30816 | 904,15 | | |
| 463 | 333 | Korea, South | Industry | 38400 | 1123,15 | | |
| 464 | 334 | Korea, South | Industry | 38400 | 1123,15 | | |
| 465 | 167 | Netherlands | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 466 | 168 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 467 | 169 | Singapore | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 468 | 170 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 469 | 171 | Netherlands | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 470 | 172 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 471 | 173 | Netherlands | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 472 | 174 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 473 | 175 | Netherlands | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 474 | 176 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 475 | 177 | Netherlands | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 476 | 178 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 477 | 179 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 478 | 180 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 479 | 181 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 480 | 182 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 481 | 183 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 482 | 184 | Ireland | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 483 | 185 | Singapore | Industry | 57600 | 1649,11 | | |
| 484 | 335 | United Kingdom | Industry | 38400 | 1123,15 | | |
| 485 | 336 | United Kingdom | Industry | 38400 | 1123,15 | | |
| 486 | 337 | United Kingdom | Industry | 38400 | 1123,15 | | |
| 487 | 338 | India | Industry | 38400 | 1123,15 | | |
| 488 | 339 | United Kingdom | Industry | 38400 | 1123,15 | | |
| 489 | 340 | Japan | Industry | 38400 | 1123,15 | | |
| 490 | 416 | United States | Industry | 36720 | 1012,046 | | |
| 491 | 417 | United States | Industry | 36720 | 1012,046 | | |
| 492 | 490 | United States | Industry | 32400 | 892,982 | | |
| 493 | 341 | South Africa | Industry | 38400 | 1123,15 | | |
| 494 | 127 | China | Academic | 32400 | 1686,54 | | |
| 495 | 207 | China | Academic | 29400 | 1498,32 | | |
| 496 | 345 | China | Industry | 66000 | 1121 | | |
| 497 | 17 | United States | Academic | 367024 | 10680,7 | | |
| 498 | 126 | Japan | Academic | 35200 | 1691 | | |
| 499 | 452 | Norway | Academic | 32192 | 953,571 | | |
| 500 | 23 | United Kingdom | Research | 241920 | 7038,93 | | |

Εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης συστάδας
υπολογιστικών μονάδων χαμηλού όγκου / κατανάλωσης



Εικόνα 146 - Single Board Computer – SBC (Πηγή: www.techrepublic.com)