

Οι Υπολογιστές ως Συστατικά Στοιχεία

Αρχές Σχεδίασης Ενσωματωμένων
Υπολογιστικών Συστημάτων

WAYNE WOLF

Οι Υπολογιστές ως Συστατικά Στοιχεία

Αρχές Σχεδίασης Ενσωματωμένων
Υπολογιστικών Συστημάτων

Επιμέλεια Ελληνικής Έκδοσης

Νικόλαος Σπ. Βώρος
Δημήτρης Σ. Κριθαρίδης
Κων/νος Γ. Μασσέλος

Στοιχεία προοτύπου

Wayne Wolf, Computers as Components-Principles of Embedded Computing System Design, Morgan Kaufmann publishers, An imprint of Elsevier.

Έκδοση 1^η, Copyright © 2008

ISBN 978-960-6759-01-7



ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

Στουρνάρη 49Α, 106 82 Αθήνα

Τηλ.: 210.3845594 - Fax: 210.3808009

<http://www.newtech-publications.gr>

email:contact@newtech-publications.gr

Ηλεκτρονική σελιδοποίηση - Σχεδίαση εξωφύλλου

Σκούφος Γιώργος

Οι ονομασίες που χρησιμοποιούνται από τις εταιρείες για να διακρίνουν τα προϊόντα τους συχνά αξιωνονται ως εμπορικά σήματα (trademarks) ή κατατεθέντα εμπορικά σήματα (registered trademarks). Σε όλες τις περιπτώσεις όπου η Morgan Kaufmann Publishers είναι ενήμερη για μια αξίωση, τα ονόματα των προϊόντων εμφανίζονται με αρχικά κεφαλαία ή όλο κεφαλαία γράμματα. Οι αναγνώστες, ωστόσο, πρέπει να επικοινωνήσουν με τις αρμόδιες εταιρείες για πιο πλήρη πληροφόρηση σχετικά με εμπορικά σήματα και καταθέσεις (registrations).

Τα ARM, ARM Powered logo, StrongARM, Thumb και ARM7TDMI είναι κατατεθέντα εμπορικά σήματα της ARM Limited. Τα ARM Powered, ARM7, ARM7TDMI-S, ARM710T, ARM740T, ARM9, ARM9TDMI, ARM940T, ARM920T, EmbeddedICE, ARM7T-S, EmbeddedICE-RT, ARM9E, ARM946E, ARM966E, ARM10, AMBA και Multi-ICE είναι εμπορικά σήματα της ARM Limited. Όλα τα άλλα εμπορικά ονόματα ή ονόματα προϊόντων είναι ιδιοκτησία των αντίστοιχων κατόχων τους. Το "ARM" χρησιμοποιείται για να αντιπροσωπεύσει την ARM Holdings plc (LSE: ARM και NASDAQ: ARMHY), ARM Limited και τις τοπικές θυγατρικές: ARM INC., ARM KK, ARM Korea Ltd.

Το λογότυπο Analog Devices, το SHARC, το λογότυπο SHARC, το VisualDSP, το λογότυπο Visual-DSP, είναι κατατεθέντα εμπορικά σήματα της Analog Devices, Inc. Τα Microsoft και Windows είναι κατατεθέντα εμπορικά σήματα και το Windows NT είναι εμπορικό σήμα της Microsoft Corporation. Το Pentium είναι εμπορικό σήμα της Intel Corporation. Όλα τα άλλα εμπορικά σήματα και λογότυπα είναι ιδιοκτησία των αντίστοιχων κατόχων τους.

Περιεχόμενα

Προοίμιο	19
Πρόλογος	25

Κεφ. 1 Ενσωματωμένη Υπολογιστική

1.1 Εισαγωγή	27
1.2 Πολύπλοκα Συστήματα και Μικροεπεξεργαστές	28
1.2.1 Ενσωμάτωση Υπολογιστών	28
1.2.2 Χαρακτηριστικά Εφαρμογών Ενσωματωμένης Υπολογιστικής	33
1.2.3 Γιατί Χρησιμοποιούμε Μικροεπεξεργαστές;	34
1.2.4 Προκλήσεις στη Σχεδίαση Συστημάτων Ενσωματωμένης Υπολογιστικής	37
1.3 Η Διαδικασία Σχεδίασης Ενσωματωμένων Συστημάτων	39
1.3.1 Απαιτήσεις	41
1.3.2 Προδιαγραφή	48
1.3.3 Σχεδίαση αρχιτεκτονικής	49
1.3.4 Σχεδίαση Συστατικών Υλικού και Λογισμικού	52
1.3.5 Ολοκλήρωση Συστήματος	53

6 Οι Υπολογιστές ως Συστατικά Στοιχεία

1.4 Φορμαλισμοί για τη Σχεδίαση Συστήματος	54
1.4.1 Δομική περιγραφή	56
1.4.2 Περιγραφή Συμπεριφοράς	64
1.5 Μοντέλο Ελεγκτή Τραίνων	68
1.5.1 Απαιτήσεις	69
1.5.2 Εννοιολογική Προδιαγραφή	70
1.5.3 Λεπτομερής Προδιαγραφή	75
1.5.4 Τι διδαχθήκαμε	83
1.6 Συνοπτική Παρουσίαση του Βιβλίου	84
1.6.1 Κεφάλαιο 2: Σύνολα Εντολών	85
1.6.2 Κεφάλαιο 3: Κεντρικές Μονάδες Επεξεργασίας	86
1.6.3 Κεφάλαιο 4: Η Πλατφόρμα Ενσωματωμένης Υπολογιστικής	86
1.6.4 Κεφάλαιο 5: Σχεδίαση Προγράμματος και Ανάλυση	87
1.6.5 Κεφάλαιο 6: Διεργασίες και Λειτουργικά Συστήματα	89
1.6.6 Κεφάλαιο 7: Επιταχυντές κεντρικής μονάδας επεξεργασίας	90
1.6.7 Κεφάλαιο 8: Δίκτυα	91
1.6.8 Κεφάλαιο 9: Τεχνικές Σχεδίασης Συστήματος	92
1.7 Περίληψη	93

Κεφ. 2 Σύνολα Εντολών

2.1 Εισαγωγή	97
2.2 Προκαταρκτικά	98
2.2.1 Ταξινόμηση αρχιτεκτονικής υπολογιστών	98
2.2.2 Συμβολική Γλώσσα	101

2.3 Ο επεξεργαστής ARM	103
2.3.1 Επεξεργαστής και Οργάνωση Μνήμης	104
2.3.2 Λειτουργίες Δεδομένων	104
2.3.3 Ροή Ελέγχου	115
2.4 Επεξεργαστής SHARC	124
2.4.1 Οργάνωση Μνήμης	125
2.4.2 Λειτουργίες δεδομένων	126
2.4.3 Ροή Ελέγχου	137
2.4.4 Παράλληλισμός μέσα στις εντολές	143
2.5 Περίληψη	144

Κεφ. 3 Κεντρικές μονάδες επεξεργασίας

3.1 Εισαγωγή	151
3.2 Προγραμματισμός Εισόδου και Εξόδου	152
3.2.1 Συσκευές Εισόδου και Εξόδου	152
3.2.2 Θεμελιώδη στοιχεία εισόδου και εξόδου	154
3.2.3 Είσοδος/έξοδος με αναμονή λόγω απασχόλησης	156
3.2.4 Διακοπές	158
3.3 Κατάσταση Λειτουργίας Επιβλέποντος, Εξαιρέσεις, και Παγίδες	178
3.3.1 Κατάσταση λειτουργίας επιβλέποντος	178
3.3.2 Εξαιρέσεις	179
3.3.3 Παγίδες	180
3.4 Συνεπεξεργαστές	181

3.5 Μηχανισμοί Συστημάτων Μνήμης	182
3.5.1 Κρυφές Μνήμες	182
3.5.2 Μονάδες Διαχείρισης Μνήμης και Μετάφραση Διεύθυνσης	192
3.6 Απόδοση κεντρικής μονάδας επεξεργασίας	199
3.6.1 Διοχέτευση	199
3.6.2 Υπερβαθμιστή Εκτέλεση	205
3.6.3 Χρήση Κρυφής Μνήμης	207
3.7 Κατανάλωση Ισχύος CPU	208
3.8 Συμπιεστής δεδομένων	215
3.8.1 Απαιτήσεις και Αλγόριθμος	216
3.8.2 Προδιαγραφή	218
3.8.3 Σχεδίαση Προγράμματος	220
3.8.4 Δοκιμή	229
3.9 Περίληψη	230

Κεφ. 4 Η Πλατφόρμα Ενσωματωμένης Υπολογιστικής

4.1 Εισαγωγή	237
4.2 Ο Διάυλος της Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας ..	238
4.2.1 Πρωτόκολλα Διαύλων	238
4.2.2 Άμεση Προσπέλαση Μνήμης (direct memory access - DMA)	247
4.2.3 Ρυθμίσεις του Διαύλου Συστήματος	250
4.2.4 Ο Διάυλος του ARM	252

4.2.5 Ο Δίαυλος του SHARC	253
4.3 Συσκευές Μνήμης	256
4.3.1 Οργάνωση Συσκευών Μνήμης	256
4.3.2 Μνήμες Τυχαίας Προσπέλασης (Random-Access Memories)	258
4.3.3 Μνήμες Μόνο για Ανάγνωση	264
4.4 Συσκευές Εισόδου/Εξόδου	266
4.4.1 Χρονόμετρα και Μετρητές	266
4.4.2 Μετατροπείς A/D και D/A	268
4.4.3 Πληκτρολόγια	269
4.4.4 Φωτοεκπέμπουσες δίοδοι (LEDs)	271
4.4.5 Οθόνες	272
4.4.6 Οθόνες Αφής	274
4.5 Διασυνδέσεις Συστατικών	275
4.5.1 Διασυνδέσεις Μνήμης	275
4.5.2 Διασύνδεση Συσκευών	277
4.6 Σχεδίαση με Μικροεπεξεργαστές	279
4.6.1 Αρχιτεκτονική Συστήματος	279
4.6.2 Σχεδίαση Υλικού	281
4.6.3 Ο Προσωπικός Υπολογιστής σαν Πλατφόρμα	283
4.7 Ανάπτυξη και Αποσφαλμάτωση	287
4.7.1 Περιβάλλοντα Ανάπτυξης	288
4.7.2 Τεχνικές Αποσφαλμάτωσης	289
4.7.3 Οι Προκλήσεις της αποσφαλμάτωσης	296
4.8 Δοκιμή Κατασκευής	299

4.9 Ρολόι Ξυπνητήρι	304
4.9.1 Απαιτήσεις	305
4.9.2 Προδιαγραφές	306
4.9.3 Αρχιτεκτονική του Συστήματος	311
4.9.4 Σχεδίαση και Δοκιμή Συστατικών	313
4.9.5 Ολοκλήρωση και Δοκιμή Συστήματος	314
4.10 Περίληψη	314

Κεφ. 5 Σχεδίαση και Ανάλυση Προγράμματος

5.1 Εισαγωγή	319
5.2 Σχεδίαση Προγράμματος	320
5.2.1 Μοτίβα Σχεδίασης	321
5.2.2 Μοτίβα Σχεδίασης για Ενσωματωμένα Συστήματα	322
5.3 Μοντέλα Προγραμμάτων	327
5.3.1 Γραφήματα Ροής Δεδομένων	328
5.3.2 Γραφήματα Ροής Ελέγχου/Δεδομένων	331
5.4 Συμβολομετάφραση και Σύνδεση	334
5.4.1 Συμβολομεταφραστές	336
5.4.2 Σύνδεση	341
5.5 Βασικές Τεχνικές Μεταγλώττισης	344
5.5.1 Μετάφραση Προτάσεων	346
5.5.2 Διαδικασίες	352
5.5.3 Δομές Δεδομένων	353
5.5.4 Απλοποίηση Εκφράσεων	355

5.5.5 Απαλοιφή Νεκρού Κώδικα	356
5.5.6 Ενσωμάτωση Διαδικασιών στον Κώδικα	357
5.5.7 Μετασχηματισμοί Βρόχων	357
5.5.8 Κατανομή Καταχωρητών	360
5.5.9 Χρονοδρομολόγηση	366
5.5.10 Επιλογή Εντολών	368
5.5.11 Κατανόηση και Χρήση του Μεταγλωττιστή σας	370
5.5.12 Ερμηνευτές και Μεταγλωττιστές JIT	370
5.6 Ανάλυση και Βελτιστοποίηση του Χρόνου Εκτέλεσης	372
5.6.1 Στοιχεία της Απόδοσης του Προγράμματος	374
5.6.2 Ανάλυση Απόδοσης Οδηγούμενη από Ίχνος	380
5.6.3 Βελτιστοποίηση για την Ταχύτητα Εκτέλεσης	389
5.7 Ανάλυση και Βελτιστοποίηση Ενέργειας και Ισχύος	391
5.7.1 Κατανάλωση Ενέργειας Προγράμματος και Βελτιστοποίηση	392
5.8 Ανάλυση και Βελτιστοποίηση Μεγέθους Προγράμματος	397
5.9 Επικύρωση και Δοκιμή του προγράμματος	400
5.9.1 Δοκιμή διαφανούς-κουτιού	401
5.9.2 Δοκιμή Μαύρου Κουτιού	411
5.9.3 Αξιολόγηση των Λειτουργικών Δομών	413
5.9.4 Δοκιμή απόδοσης	414
5.10 Παράδειγμα Σχεδίασης: Modem Λογισμικού	415
5.10.1 Θεωρία Λειτουργίας και Απαιτήσεις	415
5.10.2 Προδιαγραφή	418

12 Οι Υπολογιστές ως Συστατικά Στοιχεία

5.10.3 Αρχιτεκτονική Συστήματος	418
5.10.4 Σχεδίαση Συστατικών και Δοκιμή	420
5.10.5 Ολοκλήρωση Συστήματος και Δοκιμή	420

5.11 Περίληψη421

Κεφ. 6 Διεργασίες και Λειτουργικά Συστήματα

6.1 Εισαγωγή433

6.2 Πολλαπλές εργασίες και πολλαπλές διεργασίες435

6.2.1 Συστήματα πολλαπλών ρυθμών	438
6.2.2 Πρώιμη τεχνολογία πολυδιεργασίας (multitasking): Η συρροή	440

6.3 Διεργασίες441

6.4 Θεματική εναλλαγή446

6.4.1 Συνεργατική πολυδιεργασία	446
6.4.2 Προεκποπιστική πολυδιεργασία	452
6.4.3 Διεργασίες και αντικειμενοστρεφής σχεδίαση	453

6.5 Λειτουργικά συστήματα455

6.5.1 Κατάσταση της διεργασίας και χρονοπρογραμματισμός	455
6.5.2 Δομή του λειτουργικού συστήματος	458
6.5.3 Απαιτήσεις χρονισμού σε διεργασίες	460
6.5.4 Διαδιεργασιακή επικοινωνία	465
6.5.5 Άλλες λειτουργίες του λειτουργικού συστήματος	472

6.6 Πολιτικές χρονοπρογραμματισμού472

6.6.1 Χρονοπρογραμματισμός μονοτονικού ρυθμού	474
---	-----

6.6.2 Χρονοπρογραμματισμός Νωρίτερης-Προθεσμίας-Πρώτα	480
6.6.3 Χρονοπρογραμματισμός μονοτονικού ρυθμού έναντι χρονοπρογραμματισμού νωρίτερης-προθεσμίας-πρώτα	484
6.6.4 Μια κοντινότερη ματιά στις δικές μας υποθέσεις μοντελοποίησης	485
6.6.5 Άλλες πολιτικές χρονοπρογραμματισμού του POSIX	490
6.7 Μηχανισμοί διαδικεργασιακής επικοινωνίας	491
6.7.1 Σήματα	491
6.7.2 Σήματα στη UML	493
6.7.3 Επικοινωνία κοινόχρηστης μνήμης	493
6.7.4 Επικοινωνία βασισμένη στα μηνύματα	496
6.8 Αξιολόγηση της απόδοσης λειτουργικών συστημάτων	498
6.9 Στρατηγικές βελτιστοποίησης ισχύος για διεργασίες .	502
6.10 Αυτόματος τηλεφωνητής	507
6.10.1 Θεωρία της λειτουργίας και των απαιτήσεων	507
6.10.2 Προδιαγραφές	512
6.10.3 Αρχιτεκτονική συστήματος	515
6.10.4 Σχεδίαση εξαρτημάτων και δοκιμή	517
6.10.5 Ολοκλήρωση συστήματος και δοκιμή	518
6.11 Περίληψη	518
Κεφ. 7 Επιταχυντές υλικού	
7.1 Εισαγωγή	527

7.2 Κεντρικές μονάδες επεξεργασίας και Επιταχυντές . . .	528
7.2.1 Για ποιο λόγο χρησιμοποιούμε επιταχυντές;	530
7.2.2 Σχεδίαση Επιταχυντών	532
7.3 Σχεδίαση συστημάτων με επιτάχυνση	533
7.3.1 Ανάλυση Απόδοσης	534
7.3.2 Πλαίσιο αρχιτεκτονικής συστημάτων	540
7.3.3 Διαμέριση	544
7.3.4 Χρονοπρογραμματισμός και Κατανομή	546
7.3.5 Ολοκλήρωση και αποσφαλμάτωση συστημάτων	550
7.4 Επιταχυντής Βίντεο	550
7.4.1 Αλγόριθμος και Απαιτήσεις	551
7.4.2 Προδιαγραφή	555
7.4.3 Αρχιτεκτονική	555
7.4.4 Σχεδίαση συστατικού	558
7.4.5 Δοκιμή συστήματος	559
7.5 Περίληψη	560

Κεφ. 8 Δίκτυα

8.1 Εισαγωγή	563
8.2 Κατανεμημένες Ενσωματωμένες Αρχιτεκτονικές . . .	565
8.2.1 Για ποιο λόγο κατανεμημένα;	566
8.2.2 Αφαιρέσεις Δικτύων	567
8.2.3 Αρχιτεκτονικές Υλικού και Λογισμικού	569
8.2.4 Προγραμματισμός Μεταβίβασης Μηνυμάτων	573

8.3 Δίκτυα για Ενσωματωμένα Συστήματα	575
8.3.1 Ο Δίαυλος I2C	577
8.3.2 Ο Δίαυλος CAN	583
8.3.3 Θύρες Σύνδεσης του SHARC	587
8.3.4 Ethernet	590
8.3.5 Myrinet	593
8.3.6 Διαδίκτυο	594
8.4 Σχεδίαση Βασισμένη σε Δίκτυο	597
8.4.1 Ανάλυση Επικοινωνίας	598
8.4.2 Ανάλυση Απόδοσης Συστήματος	604
8.4.3 Σχεδίαση Πλατφόρμας Υλικού, Κατανομή, και Χρονοπρογραμματισμός	606
8.5 Συστήματα με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο .	608
8.6 Ελεγκτής Ανελευστήρα	611
8.6.1 Θεωρία Λειτουργίας και Απαιτήσεων	611
8.6.2 Προδιαγραφή	614
8.6.3 Αρχιτεκτονική	616
8.6.4 Δοκιμή	618
8.7 Περίληψη	618

Κεφ. 9 Τεχνικές Σχεδίασης Συστήματος

9.1 Εισαγωγή	623
9.2 Μεθοδολογίες Σχεδίασης	624
9.2.1 Για Ποιο Λόγο Χρειαζόμαστε Μεθοδολογίες Σχεδίασης;	624

9.2.2 Ροές Σχεδίασης	627
9.3 Ανάλυση Απαιτήσεων	636
9.4 Προδιαγραφές	638
9.4.1 Γλώσσες Προδιαγραφών Προσανατολισμένες στον Έλεγχο	638
9.4.2 Εξελιγμένες Προδιαγραφές	642
9.5 Ανάλυση Συστήματος και Σχεδίαση Αρχιτεκτονικής .	646
9.5.1 Κάρτες CRC	646
9.6 Εγγύηση Ποιότητας	651
9.6.1 Τεχνικές Εγγύησης Ποιότητας	655
9.6.2 Επαλήθευση της Προδιαγραφής	658
9.6.3 Ανασκοπήσεις Σχεδίασης	661
9.6.4 Εγγύηση Ποιότητας Οδηγούμενη από Μετρήσεις	664
9.7 Ιδιωτικό Τηλεφωνικό Κέντρο	669
9.7.1 Θεωρία Λειτουργίας	670
9.7.2 Αρχιτεκτονική Συστήματος	673
9.8 Εκτυπωτής Ψεκασμού	676
9.8.1 Σχεδίαση Υλικού	679
9.8.2 Σχεδίαση Λογισμικού	686
9.9 Προσωπικοί Ψηφιακοί Βοηθοί	688
9.10 Αποκωδικοποιητές και Μετατροπείς Τηλεοπτικού Σήματος	692
9.11 Συστήματα σε Πυρίτιο	697
9.12 Περίληψη	699

Παράρτ. Α Σημειογραφίες της UML

A.1 Εισαγωγή	703
A.2 Θεμελιώδη Στοιχεία	703
A.3 Τύποι Διαγραμμάτων	705
A.3.1 Διάγραμμα Κλάσεων	705
A.3.2 Διάγραμμα Καταστάσεων	705
A.3.3 Διαγράμματα Ακολουθίας και Συνεργασίας	708

Παράρτ. Β Σημειώσεις πάνω στη σχεδίαση υλικού

B.1 Εισαγωγή	709
B.2 Συνδυαστική Λογική	709
B.3 Ακολουθιακή Λογική	715
B.3.1 Στοιχεία Μνήμης	715
B.3.2 Σύγχρονες Μηχανές	716
B.3.3 Ασύγχρονες Μηχανές	720
B.4 Μέσα Υλοποίησης	721
Γλωσσάρι	725
Βιβλιογραφία	743

