

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος .....	iii
----------------	-----

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ .....	1
1.1.1 Αναλογικά σήματα .....	1
1.1.2 Οι αντιστάσεις .....	3
1.1.3 Οι πυκνωτές .....	7
1.1.4 Τα πηνία .....	11
1.1.5 Οι δίοδοι .....	13
1.1.6 Τα τρανζίστορ .....	16
1.1.7 Οι ηλεκτρονόμοι ή ρελέ .....	18
1.1.8 Οι τελεστικοί ενισχυτές .....	19
1.1.9 Ο χρονιστής 555 .....	21
1.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	27
1.2.1 Εισαγωγή στα συστήματα αριθμών .....	27
1.2.2 Δεκαδικό σύστημα .....	27
1.2.3 Δυαδικό σύστημα .....	27
1.2.4 Οκταδικό σύστημα .....	28
1.2.5 Δεκαεξαδικό Σύστημα .....	28
1.2.6 Μετατροπές από ένα σύστημα σε άλλο .....	29
1.2.6.1 Μετατροπές από το δεκαδικό σε άλλο σύστημα .....	29
1.2.6.2. Δυαδικός σε οκταδικό και το αντίστροφο .....	32
1.2.6.3 Δυαδικός σε δεκαεξαδικό και το αντίστροφο .....	33
1.2.7 Προσημασμένοι αριθμοί .....	34
1.2.8 Το συμπλήρωμα «ως προς 1» ενός δυαδικού αριθμού .....	36
1.2.9 Το συμπλήρωμα «ως προς 2» ενός δυαδικού αριθμού .....	36
1.2.10 Πρόσθεση δυαδικών αριθμών .....	37
1.2.11 Αφαίρεση δυαδικών αριθμών .....	38
1.2.11.1 Χρησιμοποιώντας το συμπλήρωμα "ως προς 1" .....	38
1.2.11.2. Χρησιμοποιώντας το συμπλήρωμα "ως προς 2" .....	39
1.2.12 Πολλαπλασιασμός δυαδικών αριθμών .....	41
1.2.13 Διαίρεση δυαδικών αριθμών .....	41

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.2.14 Μη-προσημασμένη και προσημασμένη αριθμητική .....	42
1.2.15 Αριθμοί κινητής υποδιαστολής .....	44
1.2.16 Έλεγχος σφάλματος ισοτιμίας .....	46
1.2.17 Δυαδικοί Κώδικες .....	47
1.2.17.1 Κώδικας BCD 8421 .....	48
1.2.17.1.1 Πρόσθεση αριθμών BCD .....	48
1.2.17.2 Άλλες μορφές δεκαδικών κωδίκων .....	49
1.2.17.3 Κώδικας GRAY .....	50
1.2.17.4 Κώδικας HAMMING .....	51
1.2.17.5 Κώδικας ASCII .....	51
1.2.18 Ψηφιακά σήματα .....	52
1.2.19 Οι λογικές πύλες .....	52
1.2.20 Κωδικοποιητές - Αποκωδικοποιητές .....	54
1.2.21 Πολυπλέκτες - Αποπλέκτες .....	57
1.2.22 Οι ψηφιακοί συγκριτές .....	58
1.2.23 Τα flip-flop .....	59
1.2.24 Οι μετρητές .....	59
1.2.25 Οι καταχωρητές .....	61
1.2.26 Αριθμητικά κυκλώματα .....	64
1.2.26.1 Αθροιστής .....	64
1.2.26.2 Πολλαπλασιαστής .....	68
1.2.27 Αριθμητική Λογική Μονάδα (Arithmetic Logic Unit ή ALU) .....	72
1.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ .....	73
1.3.1 Υλικά απαραίτητα για την κατασκευή .....	73
Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα .....	77

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ .....	79
2.1.1 Είδη υπολογιστών .....	80
2.2 ΒΑΣΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ .....	81
2.2.1 Μονάδα κεντρικής επεξεργασίας ή απλώς επεξεργαστής .....	82
2.2.1.1 Κυκλώματα χρονισμού και ελέγχου .....	83
2.2.1.2 Αριθμητικά-Λογικά κυκλώματα .....	84
2.2.1.3 Κυκλώματα Καταχωρητών .....	84
2.2.2 Μονάδα Μνήμης .....	88
2.2.1.1 Κυκλώματα Μνήμης .....	88
2.2.1.2 Διαδικασία λειτουργίας της μνήμης .....	89
2.2.1.3 Η μνήμη RAM .....	90
2.2.1.3.1 Η αρχιτεκτονική δομή της μνήμης RAM .....	92
2.2.1.3.2 Δυναμική μνήμη RAM .....	95
2.2.1.4 Η μνήμη ROM .....	97
2.2.1.4.1 Λειτουργικά χαρακτηριστικά της μνήμης ROM .....	100
2.2.2 Μονάδες εισόδου - εξόδου .....	102
2.2.2.1 Παράλληλη Επικοινωνία .....	102
2.2.2.2 Σειριακή επικοινωνία .....	104
2.2.2.2.1 Ασύγχρονη σειριακή εκπομπή .....	105
2.2.2.2.2 Σήματα χειραγίας .....	106

2.2.2.2.3 Ταχύτητα εκπομπής (BAUD RATE) .....	107
2.2.2.2.4 Οδηγοί γραμμών και MODEMS .....	107
2.2.2.2.5 Η σύνδεση RS232 .....	109
2.2.2.2.6 Σύγχρονη λειτουργία .....	112
2.2.2.2.7 Χρήσεις της σειριακής μεταφοράς .....	113
2.2.2.2.8 Ολοκληρωμένα Κυκλώματα Σειριακής Προσαρμογής I/O .....	113
2.2.3 Διάδρομοι Μεταφοράς Πληροφορίας .....	116
2.2 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΩΝ .....	117
2.3 ΟΙ ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ RISC .....	118
2.4 ΤΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ .....	119
2.5 ΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ .....	120
2.5.1 Λειτουργικό σύστημα πραγματικού χρόνου .....	121
2.6 ΟΙ ΔΙΑΚΟΠΕΣ ΣΤΟΥΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ .....	124
2.6.1 Βασική λειτουργία της διακοπής .....	127
2.6.2 Αποθήκευση της κατάστασης του επεξεργαστή .....	128
2.6.3 Ανύσματα διακοπής .....	128
2.6.4 Χειρισμός δύο ξεχωριστών διακοπών .....	129
2.6.5 Η μάσκα διακοπών .....	131
2.6.6 Διακοπές χωρίς μάσκα .....	131
2.6.7 Διακοπές μέσω προγράμματος .....	132
2.6.8 Προτεραιότητα διακοπής .....	132
2.6.9 Κυκλωματική μέθοδος καθορισμού προτεραιότητας .....	133
Ερωτήσεις-Ασκήσεις-Προβλήματα .....	135

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - Ο ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗΣ MC68000

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	139
3.2 ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ 68000 ΜΕ ΤΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ .....	141
3.2.1 Διάδρομοι δεδομένων και διευθύνσεων .....	141
3.2.2 Διάδρομος ελέγχου .....	143
3.2.2.1 Διάδρομος ασύγχρονου ελέγχου .....	144
3.2.2.2 Διάδρομος κατάστασης μικροεπεξεργαστή και κώδικες λειτουργίας .....	144
3.2.2.3 Διάδρομος ελέγχου συστήματος .....	145
3.2.2.4 Διάδρομος ελέγχου διακοπών .....	146
3.2.2.5 Διάδρομος ελέγχου διατησίας διαδρόμου .....	146
3.2.2.6 Διάδρομος σύγχρονου ελέγχου .....	147
3.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ 68000 .....	147
3.3.1 Καταχωρητές δεδομένων .....	148
3.3.2 Καταχωρητές διευθύνσεων .....	149
3.3.3 Δείκτες σωρού .....	149
3.3.4 Μετρητής προγράμματος .....	149
3.3.5 Καταχωρητής κατάστασης .....	150
3.3.6 Κυκλώματα ελέγχου εκτέλεσης εντολών .....	151
3.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	152
3.5 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ .....	155
3.5.1 Συμβολική γλώσσα (Assembly Language) .....	156
3.5.2 Ψευδοεντολές (Assembler Directives) .....	158
3.5.3 Γλώσσες ανωτέρου επιπέδου (High Level Languages) .....	163

3.5.4 Υπορουτίνες .....	164
3.5.5 Πέρασμα παραμέτρων .....	165
3.5.6 Μακροεντολές (Macros) .....	166
3.6 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗΣ .....	167
3.6.1 Εισαγωγή .....	167
3.6.2 Μέθοδοι διευθυνσιοδότησης του 68000 .....	162
3.6.2.1 Διευθυνσιοδότηση απευθείας δεδομένων .....	168
3.6.2.2 Άμεση διευθυνσιοδότηση καταχωρητή .....	168
3.6.2.3 Απόλυτη διευθυνσιοδότηση δεδομένων .....	169
3.6.2.4 Συνεπαγόμενη διευθυνσιοδότηση .....	171
3.6.2.5 Σχετική διευθυνσιοδότηση μετρητή προγράμματος .....	171
3.6.2.6 Έμμεση διευθυνσιοδότηση καταχωρητή .....	173
3.6.2.6.1 Έμμεση διευθυνσιοδότηση καταχωρητή .....	174
3.6.2.6.2 Έμμεση μεταυζητική διευθυνσιοδότηση καταχωρητή .....	174
3.6.2.6.3 Έμμεση προμειωτική διευθυνσιοδότηση καταχωρητή .....	175
3.6.2.6.4 Έμμεση διευθυνσιοδότηση καταχωρητή με μετατόπιση .....	176
3.6.2.6.5 Με δείκτη έμμεση διευθυνσιοδότηση καταχωρητή με μετατόπιση .....	176
3.6.2.7. Κατηγορίες μεθόδων διευθυνσιοδότησης ανάλογα με τη λειτουργία τους .....	179
3.7 ΟΙ ΕΝΤΟΛΕΣ ΤΗΣ ASSEMBLY ΤΟΥ 68000 .....	180
3.7.1 Εντολές μεταφοράς δεδομένων .....	188
3.7.2 Αριθμητικές εντολές .....	199
3.7.2.1 Μη-προσημασμένη, Προσημασμένη Αριθμητική .....	199
3.7.2.2 Αριθμητικές εντολές ακέραιων αριθμών .....	200
3.7.2.2 Αριθμητικές εντολές δυαδικά κωδικοποιημένων δεκαδικών αριθμών .....	213
3.7.3 Λογικές εντολές .....	216
3.7.4 Εντολές ολίσθησης και περιστροφής .....	223
3.7.5 Εντολές σύγκρισης και ελέγχου .....	233
3.7.6 Εντολές διακλάδωσης .....	238
3.7.7 Εντολές ελέγχου συνθήκης μείωσης και διακλάδωσης .....	245
3.7.8 Εντολές διαχείρισης υπορουτινών .....	246
3.7.9 Εντολές χειρισμού ψηφίου .....	249
3.8 ΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗΣ ΚΑΙ ΣΕΙΡΙΑΚΗΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ .....	252
3.8.1 Ο 68230 PI/T Παράλληλος προσαρμοστής/χρονιστής .....	252
3.8.1.1 Διασύνδεση τον M68230 στον M68000 .....	255
3.8.2 Διπλός Καθολικός Ασύγχρονος Πομποδέκτης 68681 .....	256
3.8.2.1 Σύνδεση του 68681 στο μικροεπεξεργαστή 68000 .....	257
3.9 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΧΡΗΣΙΜΩΝ ΥΠΟΡΟΥΤΙΝΩΝ .....	260
3.9.1 Υπορουτίνες μετατροπής αριθμών .....	260
3.9.2 Υπορουτίνες διερεύνησης και σύγκρισης πινάκων και ορμαθών .....	270
3.9.2.1 Υπορουτίνες τοποθέτησης σε αυξητική/μειωτική τάξη .....	276
3.9.3 Υπορουτίνες χρονοκαθυστέρησης .....	278
Ερωτήσεις-Ασκήσεις-Προβλήματα .....	280

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ ATmega8515

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ .....	289
4.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ .....	292

4.3 Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ ATmega8515 .....	296
4.3.1 Ο μικροεπεξεργαστής του ATmega8515 .....	302
4.3.1.1 Η αριθμητική λογική μονάδα .....	302
4.3.1.2 Προσπέλαση μνήμης και εκτέλεση εντολών .....	303
4.3.1.3 Καταχωρητής κατάστασης .....	304
4.3.2 Το υποσύστημα μνήμης του ATmega8515 .....	305
4.3.2.1 Μνήμη προγράμματος flash .....	306
4.3.2.2 Αρχείο καταχωρητών γενικού σκοπού .....	307
4.3.2.3 Στατική μνήμη RAM (Static RAM ή SRAM) .....	308
4.3.2.4 Μνήμη EEPROM .....	309
4.3.2.5 Οι καταχωρητές I/O .....	309
4.3.2.6 Εξωτερική μνήμη SRAM .....	310
4.3.2.7 Δομή του σωρού .....	310
4.3.3 Υποσύστημα παράλληλης και σειριακής επικοινωνίας .....	312
4.3.3.1 Παράλληλη επικοινωνία .....	312
4.3.3.2 Σειριακή επικοινωνία .....	313
4.3.3.3 Ο USART του ATMEGA8515 .....	315
4.3.4 Υποσύστημα χρονιστών-μετρητών του ATmega8515 .....	320
4.3.5 Υποσύστημα διακοπών του ATmega8515 .....	323
4.3.5 Αναλογικός συγκριτής .....	326
4.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ATmega8515 .....	326
4.4.1 Ψευδοεντολές .....	327
4.4.2 Μέθοδοι διευθυνσιοδότησης .....	329
4.4.2.1 Άμεση διευθυνσιοδότηση καταχωρητή, απλού καταχωρητή Rd .....	330
4.4.2.2 Άμεση διευθυνσιοδότηση καταχωρητή, διπλού καταχωρητή Rd και Rs .....	331
4.4.2.3 Άμεση διευθυνσιοδότηση I/O .....	331
4.4.2.4 Άμεση διευθυνσιοδότηση δεδομένων .....	332
4.4.2.5 Έμμεση διευθυνσιοδότηση δεδομένων .....	332
4.4.2.6 Έμμεση διευθυνσιοδότηση δεδομένων με μετατόπιση .....	333
4.4.2.7 Έμμεση προμειωτική διευθυνσιοδότηση .....	333
4.4.2.8 Έμμεση μεταυξητική διευθυνσιοδότηση .....	334
4.4.2.9 Σταθερή διευθυνσιοδότηση μνήμης προγράμματος με τη χρήση των εντολών LPM, ELPM και SPM .....	334
4.4.2.10 Μεταυξητική διευθυνσιοδότηση μνήμης προγράμματος με τη χρήση των εντολών LPM Z+ και ELPM Z+ .....	335
4.4.2.11 Άμεση διευθυνσιοδότηση προγράμματος με τη χρήση των εντολών JMP και CALL .....	335
4.4.2.12 Άμεση διευθυνσιοδότηση προγράμματος με τη χρήση των εντολών IJMP και ICALL .....	336
4.4.2.13 Σχετική διευθυνσιοδότηση προγράμματος με τη χρήση των εντολών RJMP και RCALL .....	336
4.5 ΟΙ ΕΝΤΟΛΕΣ ΤΗΣ ASSEMBLY ΤΟΥ AT8515 .....	337
4.5.1 Εντολές μεταφοράς δεδομένων .....	337
4.5.2 Αριθμητικές εντολές .....	339
4.5.2.1 Μη προσημασμένη και προσημασμένη αριθμητική .....	339
4.5.3 Λογικές εντολές .....	340
4.5.4 Εντολές ολίσθησης και περιστροφής .....	341

4.5.5 Εντολές σύγκρισης .....	341
4.5.6 Εντολές διακλάδωσης και υπό συνθήκη διακλάδωσης .....	342
4.5.7 Εντολές διαχείρισης υπορουτινών .....	346
4.5.8 Εντολές διαχείρισης ψηφίου .....	346
4.6 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΝΤΑΣ ΤΟΝ AVR .....	347
4.6.1 Πρότυπο προγράμματος .....	347
4.6.2 Προγραμματίζοντας τους γενικούς καταχωρητές .....	350
4.6.3 Προγραμματίζοντας τις πόρτες .....	352
4.6.4 Προσπέλαση στην SRAM .....	354
4.6.4.1 Η SRAM ως σωρός .....	356
4.6.5 Προσπέλαση στην EEPROM .....	358
4.6.6 Τρόπος συγγραφής προγράμματος με διακοπές .....	359
4.7 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΧΡΗΣΙΜΩΝ ΥΠΟΡΟΥΤΙΝΩΝ .....	361
Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα .....	388

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - Η ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ARDUINO

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	391
5.2 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ .....	393
5.3 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ .....	398
5.3.1 Διαχείριση ψηφιακών εισόδων/εξόδων .....	398
5.3.1.1 Έλεγχος εξωτερικού κυκλώματος .....	398
5.3.1.2 Ρύθμιση κατάστασης ψηφιακού ακροδέκτη .....	399
5.3.1.3 Καθορισμός στάθμης σήματος ψηφιακού ακροδέκτη .....	399
5.3.2 Ανάγνωση αναλογικών σημάτων .....	400
5.3.2.1 Εντολή ανάγνωσης αναλογικού σήματος .....	401
5.3.2.2 Προσαρμογή της τάσης αναφοράς .....	401
5.3.3 Παραγωγή σημάτων PWM .....	402
5.3.4 Ανίχνευση εξωτερικών συμβάντων μέσω διακοπών .....	402
5.3.5 Μετατροπή κλίμακας .....	404
Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα .....	405

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

6.1 ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΚΑΙ LED .....	407
6.2 Έλεγχος κινητήρων DC και βηματικού .....	424

Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα .....	434
---	-----

Αλφαβητικό Γλωσσάρι .....	439
---------------------------	-----