

# Περιεχόμενα

Περιεχόμενα .....	7
Ευρετήριο εικόνων .....	11
Ευρετήριο πινάκων .....	14
Ευχαριστίες .....	15
Περίληψη .....	16
Εισαγωγή .....	17
Το προαπαιτούμενο θεωρητικό υπόβαθρο .....	17
Δομή εργασίας .....	18
Θεωρητικό μέρος .....	18
Πρακτικό μέρος .....	19
Παραρτήματα .....	20
<b>1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....</b>	<b>22</b>
Ανάπτυξη Ενσωματωμένων Συστημάτων Linux .....	22
Εισαγωγή .....	22
1.1 Τι είναι το Linux .....	23
1.2 Το ενσωματωμένο Linux .....	23
1.3 Οι τύποι των ενσωματωμένων συστημάτων Linux .....	24
1.4 Γιατί να προτιμήσουμε το Linux .....	25
1.5 Έτοιμες διανομές και εργαλεία ανάπτυξης .....	27
1.6 Μεθοδολογία σχεδίασης και ανάπτυξης .....	28
1.7 Εργαλεία ανάπτυξης και αποσφαλμάτωσης .....	30
1.8 Οι τύποι ανάπτυξης .....	31
1.9 Οι τύποι αποσφαλμάτωσης .....	33
1.10 Η αρχιτεκτονική ενός ενσωματωμένου συστήματος Linux .....	34
1.11 Εκκίνηση συστήματος .....	36
1.11.1 Τύποι εκκίνησης .....	37
Εκκίνηση από μνήμη στερεάς κατάστασης .....	38
Εκκίνηση από σκληρό δίσκο .....	39
Εκκίνηση μέσω δικτύου .....	39
1.12 Μονάδα διαχείρισης μνήμης (MMU) .....	39
1.13 Διαχείριση δευτερεύουσας μνήμης .....	41
<b>2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....</b>	<b>43</b>
Εργαλεία Ανάπτυξης Ενσωματωμένων Συστημάτων Linux .....	43
Εισαγωγή .....	43
2.1 Έτοιμες αλυσίδες εργαλείων ανάπτυξης .....	43
2.2 Πακέτο υποστήριξης συστήματος .....	44
2.3 Αλυσίδα εργαλείων μεταγλώττισης .....	44
2.4 Δημιουργία της αλυσίδας μεταγλώττισης cross .....	45
2.4.1 Binutils .....	45
2.4.2 Οι κεφαλίδες του Linux kernel .....	46
2.4.3 Η βιβλιοθήκη C .....	46
2.4.4 Η βιβλιοθήκη νημάτων .....	47
2.4.5 Εκδόσεις πακέτων λογισμικού και διαχείριση .....	48
2.4.6 Επισκόπηση δημιουργίας της αλυσίδας cross .....	50
2.5 Αυτοματοποιημένα συστήματα .....	50
2.5.1 Έναλλακτικές βιβλιοθήκες C .....	51
2.5.2 Το αυτοματοποιημένο σύστημα Buildroot .....	51
2.6 Παραμετροποίηση uClibc, kernel και BusyBox μέσω Buildroot .....	60
2.7 Γραμμή εντολών .....	64
2.8 Βασικές εντολές φλοιού .....	64
2.9 Προσομοιωτές τερματικών .....	66
2.9.1 Ο προσομοιωτής τερματικού C-Kermit .....	67

2.9.2 Ο προσομοιωτής τερματικού PuTTY .....	69
2.10 IDEs για Linux.....	71
2.10.1 Το IDE AVR32 Studio.....	71
<b>3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....</b>	<b>73</b>
Το υλικό που υποστηρίζει το ενσωματωμένο Linux.....	73
Εισαγωγή.....	73
3.1 Αρχιτεκτονικές μικροελεγκτών .....	74
3.2 Οδηγοί συσκευών και Linux Kernel .....	76
3.2.1 Linux kernel .....	79
3.2.2 Modules.....	80
3.3 Παράδειγμα ανάπτυξης module .....	81
3.4 Δίαυλοι και διεπαφές.....	83
3.4.1 USB .....	83
3.4.2 I2C Linux Framework .....	85
Ο ενσωματωμένος Linux driver για το I2C.....	85
Παραμετροποίηση του Kernel.....	86
I2C μέσω GPIO.....	87
Εγκατάσταση των I2C modules .....	89
Χρήση της διεπαφής I2C.....	90
Ανάπτυξη I2C Linux driver .....	93
3.4.3 SPI.....	93
3.5 Είσοδοι και Έξοδοι (I/Os).....	99
3.5.1 Το υποσύστημα tty .....	101
3.5.2 RS-232 .....	107
3.5.3 GPIO.....	107
Χρήση της διεπαφής /dev .....	109
Είσοδος και έξοδος σημάτων GPIO.....	111
Έλεγχος GPIO μέσω module.....	112
Linux LED Framework .....	112
Χρήση του LED Framework στο user-space .....	114
3.6 Modem.....	115
3.7 Επικοινωνία με τη μνήμη.....	115
3.7.1 Δημιουργία του συστήματος αρχείων root .....	116
Παράμετροι μνήμης flash.....	116
Το σύστημα αρχείων JFFS2 .....	117
Το εργαλείο mkfs.jffs2.....	117
Διαμόρφωση και εγκατάσταση.....	117
SPI modules.....	120
Μεταγλώττιση και πρόσβαση.....	121
3.8 Υλικό δικτύωσης .....	121
<b>4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....</b>	<b>123</b>
Δικτύωση και Δρομολόγηση στα ενσωματωμένα συστήματα Linux .....	123
Εισαγωγή.....	123
4.1 Το TCP/IP στα ενσωματωμένα συστήματα Linux .....	123
4.1.1 Το TCP/IP και το μοντέλο αναφοράς OSI .....	124
4.1.2 Οι Απαιτήσεις του TCP/IP από το ενσωματωμένο Linux .....	124
4.1.3 Η στοίβα TCP/IP στο Linux .....	126
Αρχικοποίηση της στοίβας TCP/IP στον Router NGW100 .....	127
4.2 Linux Sockets .....	128
4.2.1 Τι είναι η διεπαφή socket.....	128
4.2.2 Οι βασικότερες δομές διαχείρισης sockets.....	129
4.2.3 Οικογένειες πρωτοκόλλων .....	129
4.2.4 Αρχικοποίηση επιπέδου socket .....	130
4.2.5 Πρωτόκολλο IP και sockets.....	131
4.2.6 Η διεπαφή Socket .....	132
4.2.7 Socket buffers .....	135

4.2.8 Τα είδη των sockets .....	135
Packet Sockets .....	136
Raw Sockets .....	136
Netlink Sockets και πρωτόκολλο Netlink .....	137
Routing Sockets .....	137
Rtnetlink Sockets .....	138
4.2.9 Το πρόγραμμα netstat .....	138
4.2.10 Διεπαφή socket και IPv6 .....	138
4.3 Δρομολόγηση πακέτων .....	138
4.3.1 Πίνακες δρομολόγησης .....	139
Route cache .....	139
RPDB .....	139
Η βάση FIB αναλυτικά .....	141
Οι προγραμματιστικές διεπαφές της FIB .....	142
4.3.2 Δρομολογητές και δρομολόγηση IP .....	142
Δρομολόγηση εισερχόμενων πακέτων (LAN ← WAN) .....	143
Δρομολόγηση εξερχόμενων πακέτων (LAN → WAN) .....	143
Η κεφαλίδα IP .....	144
Αποστολή και λήψη πακέτων μέσω του πρωτοκόλλου IP .....	145
4.4 Τα πρωτόκολλα ARP, ICMP και IGMP .....	146
4.4.1 ARP .....	146
4.4.2 ICMP .....	147
4.4.3 IGMP .....	147
4.5 Οδηγοί δικτύου .....	148
4.5.1 Η διεπαφή δικτύου .....	148
4.5.2 Ανάπτυξη οδηγού δικτύου .....	149
4.5.3 Ο οδηγός δικτύου MACB .....	149
NAPI .....	150
ethtool API .....	150
Στατιστικά .....	150
Promiscuous mode .....	151
Έλεγχος σφαλμάτων .....	151
4.6 Απόδοση δικτύωσης του μικροελεγκτή AP7000 .....	152
Εισαγωγή πρακτικού μέρους .....	153

## **5ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....**

Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά χαρακτηριστικά του Router NGW100 .....	154
Εισαγωγή .....	154
5.1 Περιγραφή και λογικό διάγραμμα του Router NGW100 .....	154
5.2 Ο μικροελεγκτής AP7000 .....	157
5.3 Διαθέσιμη μνήμη .....	159
5.3.1 Χάρτης φυσικών διευθύνσεων .....	164
5.4 Ethernet PHY και MAC .....	165
5.5 Συνδεσιμότητα RS232 .....	168
5.6 Ελεγκτής πλακέτας – Board Controller .....	169
5.7 Διεπαφές προγραμματισμού JTAG και NEXUS .....	171
5.8 Σύστημα χρονισμού .....	173
5.9 Κύκλωμα επαναφοράς (reset) .....	174
5.10 Σύστημα τροφοδοσίας .....	175
5.11 Διαστάσεις πλακέτας .....	178
5.12 Σχέδιο συναρμολόγησης .....	178
5.13 Σχηματικά και PCB του Router NGW100 .....	180
5.14 Επέκταση δυνατοτήτων υλικού .....	180

## **6ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....**

Προγραμματισμός και εκκίνηση του Router NGW100 .....	182
Εισαγωγή .....	182
6.1 Το σύστημα ανάπτυξης host .....	182

6.2 Το πακέτο υποστήριξης συστήματος Atmel Linux BSP 3.0 .....	183
6.2.1 Τροποποίηση του πακέτου υποστήριξης Atmel Linux BSP 3.0.....	184
6.3 Δημιουργία της εικονικής μηχανής Ubuntu 9.04 .....	185
6.3.1 Login με δικαιώματα root.....	187
6.3.2 Δημιουργία του κεντρικού κατάλογου εργασίας /routis .....	188
6.4 Το περιβάλλον ανάπτυξης AVR32 .....	188
6.4.1 Εγκατάσταση Buildroot και αλυσίδας GNU AVR32.....	188
6.4.2 Το εξειδικευμένο λογισμικό του Router NGW100 .....	193
6.4.3 Εγκατάσταση του AVR32 Studio.....	193
6.5 Βοηθητικό λογισμικό .....	196
6.6 Διαμέριση μνήμης .....	196
6.7 Η συσκευή JTAGICE mkII .....	197
6.8 Σύνδεση JTAGICE mkII με το σύστημα host.....	198
6.9 Εγγραφή U-Boot στην παράλληλη μνήμη .....	202
6.10 Εγγραφή Linux Kernel στην παράλληλη μνήμη .....	206
6.11 Εγγραφή συστήματος αρχείων /usr .....	207
6.12 Διαδικασία εκκίνησης.....	209
<b>7ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....</b>	<b>217</b>
Οι εφαρμογές του Router NGW100 .....	217
Εισαγωγή .....	217
7.1 Ανάπτυξη δοκιμαστικής εφαρμογής .....	217
7.1.2 Με χρήση κειμενογράφου και γραμμής εντολών .....	218
7.1.3 Μέσω του AVR32 Studio.....	221
7.2 Προσθήκη πακέτων λογισμικού στο Buildroot.....	226
7.2.1 Παράδειγμα προσθήκης εφαρμογής στο σύστημα Buildroot .....	227
7.3 Οι εφαρμογές του Router NGW100.....	230
7.3.1 Πακέτο εφαρμογών BusyBox .....	231
7.3.2 Εφαρμογή inetd.....	233
7.3.3 Εφαρμογή httpd.....	233
7.3.4 Εφαρμογές για το Web interface.....	234
Εφαρμογή haserl .....	234
Εφαρμογή awk.....	234
Εφαρμογή webif.....	235
7.3.5 Εφαρμογές διαχείρισης των διεπαφών δικτύου .....	235
Εφαρμογή ifconfig.....	235
Εφαρμογές ifup και ifdown.....	236
7.3.6 Εφαρμογή route .....	237
7.3.7 Εφαρμογή iptables .....	239
7.3.8 Εφαρμογές για DNS και DHCP server .....	240
Εφαρμογή dnsmasq .....	240
Εφαρμογή udhcp .....	241
7.3.9 Εφαρμογή telnetd.....	241
7.3.10 Εφαρμογή dropbear .....	242
7.3.11 Εφαρμογή ProFTPD .....	243
7.3.12 Εφαρμογή ethtool .....	244
7.3.13 Εφαρμογή portmap .....	245
7.3.14 Εφαρμογή bridge.....	245
7.3.15 Εφαρμογές ενημέρωσης – εμφάνισης ώρας και ημερομηνίας.....	246
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	248
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	290