



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

**Υλοποίηση δικτυωμένου συστήματος με μικρο-εξυπηρετητή για την
από απόσταση λήψη μετρήσεων και τον έλεγχο ηλεκτρικών φορτίων**

*Πτυχιακή εργασία του σπουδαστή
Ευτυχίου Κανδανολέοντος (Α.Μ. 3390)*

*Επιβλέπων καθηγητής
Ιωάννης Εμμ. Τομαδάκης*

**Implementation of a networked home automation server for remote
sensing and monitoring**

*Thesis of
Eytichios Kandanoleon (I.D. 3390)*

*Supervisor professor
Ioannis Emm. Tomadakis*

ΧΑΝΙΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2010

Ευχαριστώ θερμά για την πολύτιμη βοήθειά τους, σε κάθε στάδιο και καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας, τον συνάδελφό μου κ. Αντώνιο Ποντικάκη και τον καθηγητή μου κ. Ιωάννη Τωμαδάκη, εισηγητή της εργασίας μου.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Resume	6
1. Το υλικό μέρος	7
1.1 Δομικό διάγραμμα	8
1.2 Ο μικροελεγκτής PIC18F4520	10
1.3 Ρολόι πραγματικού χρόνου με το DS1307	11
1.4 Είσοδοι – Έξοδοι	13
1.4.1 Επέκταση θυρών	13
1.4.2 Έξοδοι τύπου ηλεκτρονόμου	14
1.4.3 Είσοδοι ανίχνευσης τάσης δικτύου	15
1.4.4 Αναλογικές εισοδοι	16
1.4 Το αισθητήριο θερμοκρασίας DS1820	18
1.5 Ενδεικτική οθόνη	19
1.6 Σειριακή σύνδεση με προσωπικό H/Y	20
1.7 Ο ελεγκτής δικτύου Ethernet ENC28J60	21
1.8 Υλοποίηση	24
2. Ο προγραμματισμός του συστήματος	26
2.1 Το διάγραμμα ροής του προγράμματος	27
2.1.1 Γενική αρχικοποίηση	27
2.1.2 Ο κύριος κώδικας	29
2.2 Η συγγραφή του προγράμματος	31
3. Εγκατάσταση και χρήση	23
3.1 Σύνδεση σε τοπικό δίκτυο	33
3.2 Έλεγχος από το διαδίκτυο	35
3.2.1 Προώθηση θύρας	35
3.2.2 Αντιστοίχιση περιγραφικής διεύθυνσης	38
Βιβλιογραφία	40

Περίληψη

Η διάδοση των διαδικτυακών συνδέσεων ευρείας ζώνης στις κατοικίες συνετέλεσε αφενός στην ανάπτυξη τοπικών δικτύων τύπου Ethernet στα σπίτια, με κύριο στόχο τη διάθεση της σύνδεσης σε περισσότερες από μια δικτυακές συσκευές ταυτόχρονα κι αφετέρου στη διάθεση όλο και περισσότερων τύπων δικτυακών συσκευών. Έτσι, εκτός από τις τυπικές δικτυακές συσκευές πληροφορικής όπως οι εκτυπωτές δικτύου, τα πολυμηχάνημα και οι δικτυακοί δίσκοι, τον τελευταίο καιρό εμφανίστηκαν στην αγορά πολυμεσικές συσκευές με δυνατότητα δικτύωσης όπως τηλεοράσεις, συσκευές αναπαραγωγής πολυμέσων με σκληρό δίσκο ή δίσκο Blue-ray, παιχνιδιομηχανές και ραδιόφωνα αλλά και λευκές ηλεκτρικές συσκευές καθώς και συστήματα οικιακού αυτοματισμού με δυνατότητα ελέγχου τους από το διαδίκτυο. Σε όλες τις παραπάνω συσκευές η διεπαφή με το χρήστη υλοποιείται με τη χρήση μικρών εξυπηρετητών ιστοσελίδων από τις οποίες ο χρήστης όχι μόνο ενημερώνεται για την κατάσταση των συσκευών αλλά μπορεί και να τις ελέγχει χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε συσκευή μπορεί να τρέξει ένα πρόγραμμα πλοήγησης. Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας υλοποιήθηκε ένα σύστημα με μικρο-εξυπηρετητή με δυνατότητα να λαμβάνει μετρήσεις αναλογικών μεγεθών από αισθητήρες και να ελέγχει μια σειρά από ηλεκτρικά φορτία που συνδέονται σε αυτό.

Λέξεις κλειδιά: μικρο-εξυπηρετητής ιστοσελίδων, οικιακοί αυτοματισμοί, μετρήσεις από απόσταση, απομακρυσμένος έλεγχος.

Ευτύχιος Αγ. Κανδανολέων
Χανιά, Φεβρουάριος 2010

Resume

The proliferation of broadband Internet connections to homes contributed to the development of Ethernet type local area networks in homes, with the primary objective to distribute the Internet in more than one network devices simultaneously and to the availability of more and more types of networked devices. Thus, in addition to the standard networked devices such as the network printers or the multifunction machines and the network attached drives, recently, appeared on the market various networked multimedia devices (such as televisions, hard disk and Blue-ray disk media players, game consoles and radios), house appliances and home automation systems, all with the possibility to be remotely controlled from the Internet. In all of the above devices, the user interface is implemented using a micro web-server from which the user not only is informed about the status of the controlled appliances but he can also control them using any device that can run a browser. The goal of this thesis is the implementation of a networked home automation server for remote sensing and the monitoring of the electrical loads which are connected to it.

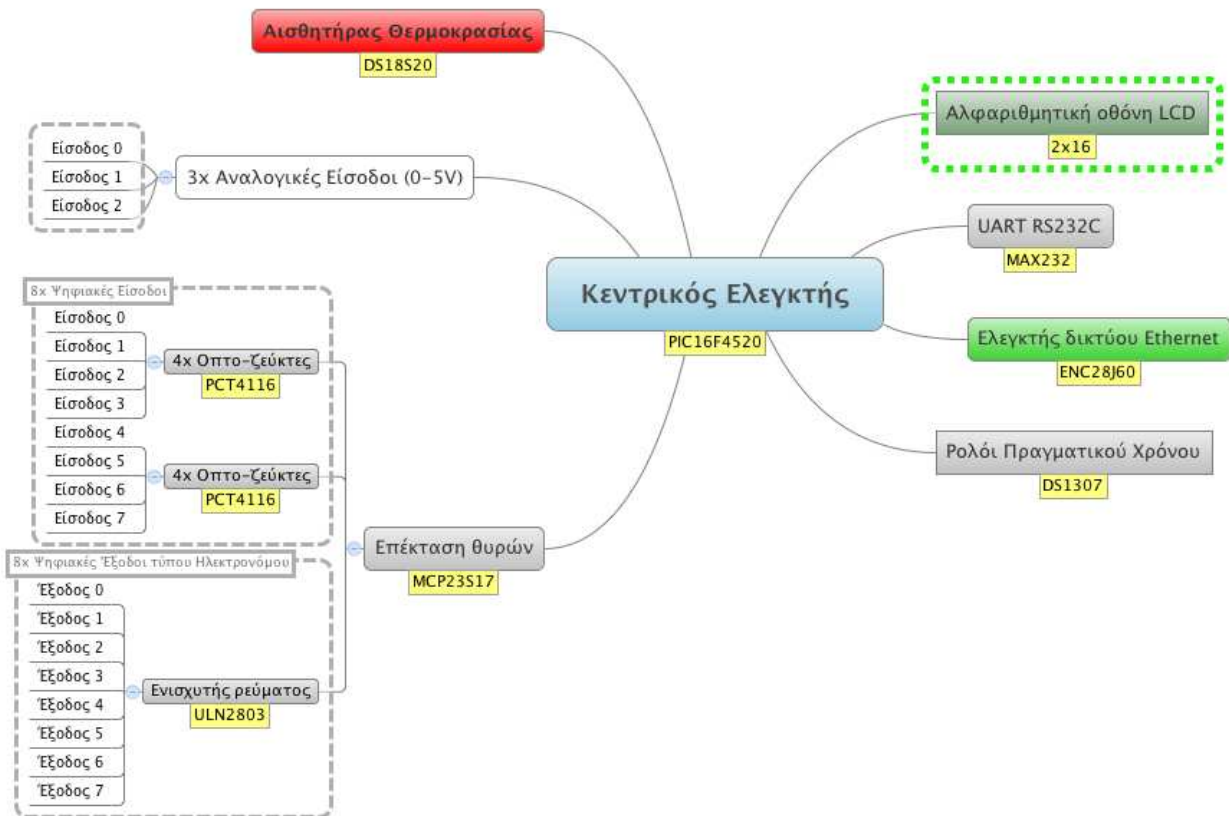
Keywords: micro web-server, home automation, remote sensing, remote control.

Eytychios Ag. Kandanoleon

Chania, February 2010

1 Το υλικό μέρος

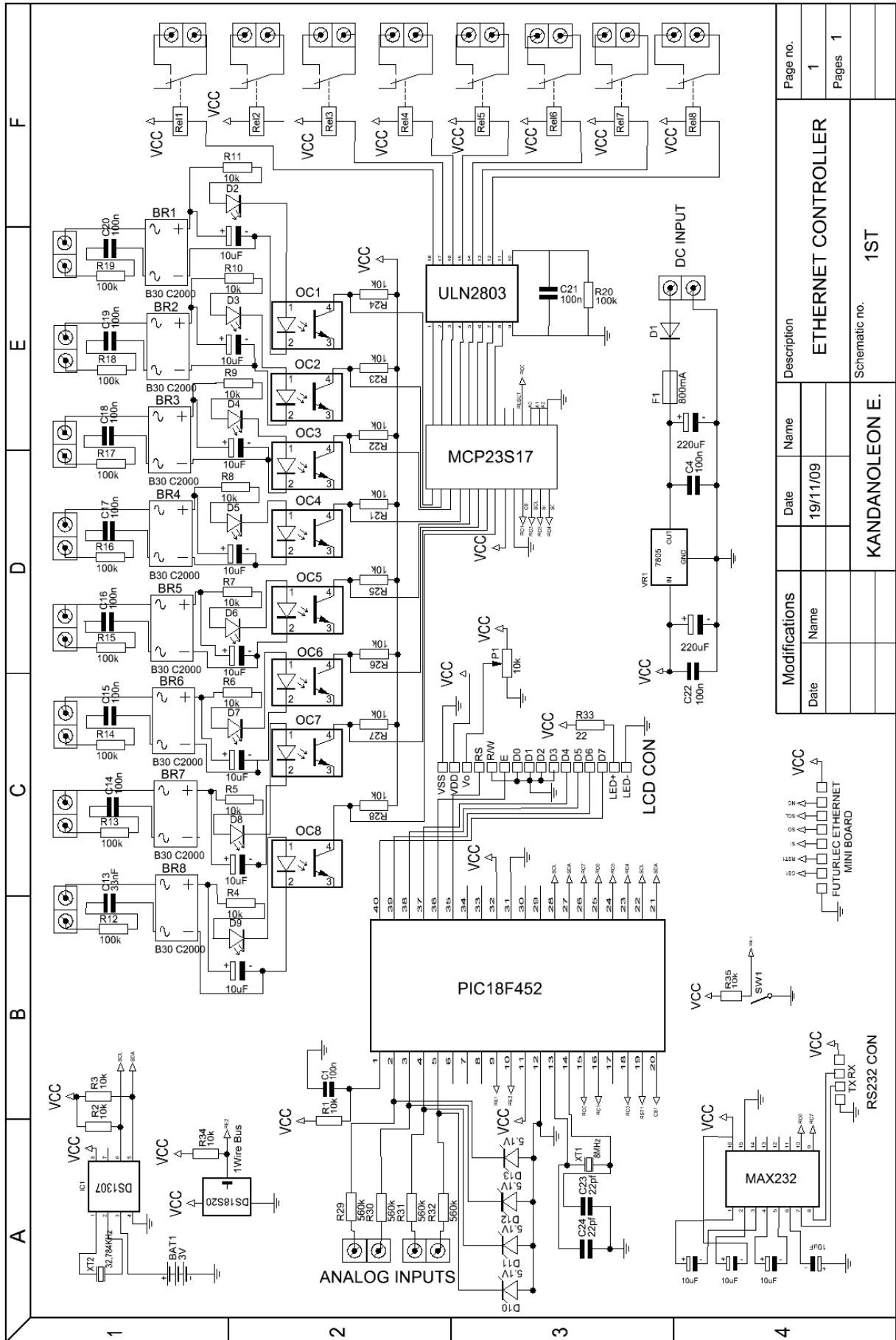
1.1 Δομικό διάγραμμα



Σχήμα 1.1.1: το δομικό διάγραμμα του συστήματος.

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται πως είναι δομημένο το διάγραμμα βαθμίδων του συστήματος. Ως κεντρικός ελεγκτής του συστήματος επιλέχθηκε ο PIC18F4520 της εταιρείας Microchip¹. Η ενημέρωσή του με την πραγματική ώρα γίνεται με το ειδικά σχεδιασμένο για το σκοπό αυτό DS1307. Με το MCP23S17 το σύστημα εμπλουτίζεται με δύο επιπλέον θύρες. Η μία από αυτές χρησιμοποιείται για τον έλεγχο οκτώ ηλεκτρικών φορτίων με ισάριθμους ηλεκτρονόμους. Στην άλλη ανιχνεύεται η ύπαρξη τροφοδοσίας στα άκρα των ελεγχόμενων φορτίων για την ενημέρωση του χρήστη. Η χρήση ηλεκτρονόμων στις εξόδους και οπτοζευκτών στις εισόδους εξασφαλίζει τη γαλβανική απομόνωση μεταξύ του συστήματος και των ελεγχόμενων φορτίων. Αισθητήρια με αναλογική έξοδο μπορεί να συνδεθούν στις τρεις αναλογικές εισόδους χαμηλής τάσης (0-5V). Η θερμοκρασία περιβάλλοντος στο χώρο του συστήματος μετριέται από το DS18S20. Η θερμοκρασία αυτή όσο και η τρέχουσα ώρα παρέχονται σε αλφαριθμητική ενδεικτική οθόνη δύο γραμμών. Ο έλεγχος του συστήματος μπορεί να γίνει τοπικά από H/Y μέσα από τη σειριακή θύρα κι από απόσταση μέσα από ένα δίκτυο Ethernet χρησιμοποιώντας ένα πρόγραμμα φυλλομετρητή. Η απαραίτητη δικτύωση του συστήματος επιτυγχάνεται με τον ελεγκτή δικτύου Ethernet ENC28J60.

¹ <http://www.microchip.com>



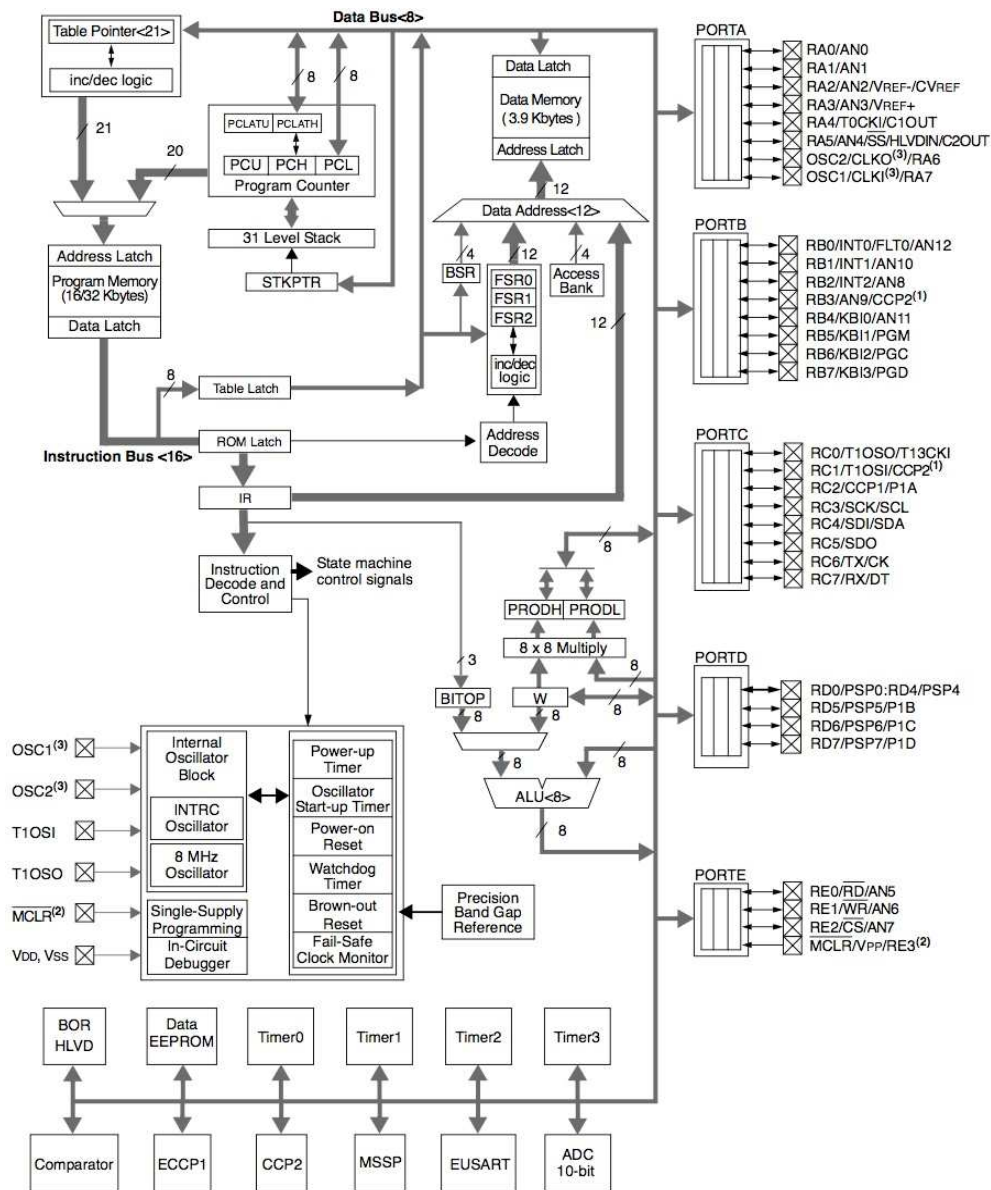
Modifications	Date	Name	Description
	19/11/09		ETHERNET CONTROLLER
			Schematic no. 1ST

Page no.
1
Pages
1

Σχήμα 1.1.2: το πλήρες κυκλωματικό διάγραμμα του συστήματος

1.2 Ο μικροελεγκτής PIC18F4520

Στη θέση του βασικού ελεγκτή του συστήματος χρησιμοποιήθηκε ο μικροελεγκτής PIC18F4520² σε κέλυφος DIP40. Πρόκειται για ένα μικροελεγκτή των 8-bit, πολύ χαμηλής κατανάλωσης (nW), με ενσωματωμένη μνήμη προγράμματος τύπου Flash χωρητικότητας 32KB, με στατική μνήμη δεδομένων 1536Bytes και με EEPROM 256Bytes. Για τη μέτρηση αναλογικών σημάτων διαθέτει ενσωματωμένο μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (ADC) ανάλυσης 10-bit και δύο αναλογικούς συγκριτές. Η επικοινωνία του με τα περιφερειακά μπορεί να γίνει παράλληλα και σειριακά σύμφωνα με τα πρωτόκολλα SPI, I²C, RS-485 και RS-232. Το πλήρες διάγραμμα βαθμίδων του φαίνεται στο Σχ.1.2.1.

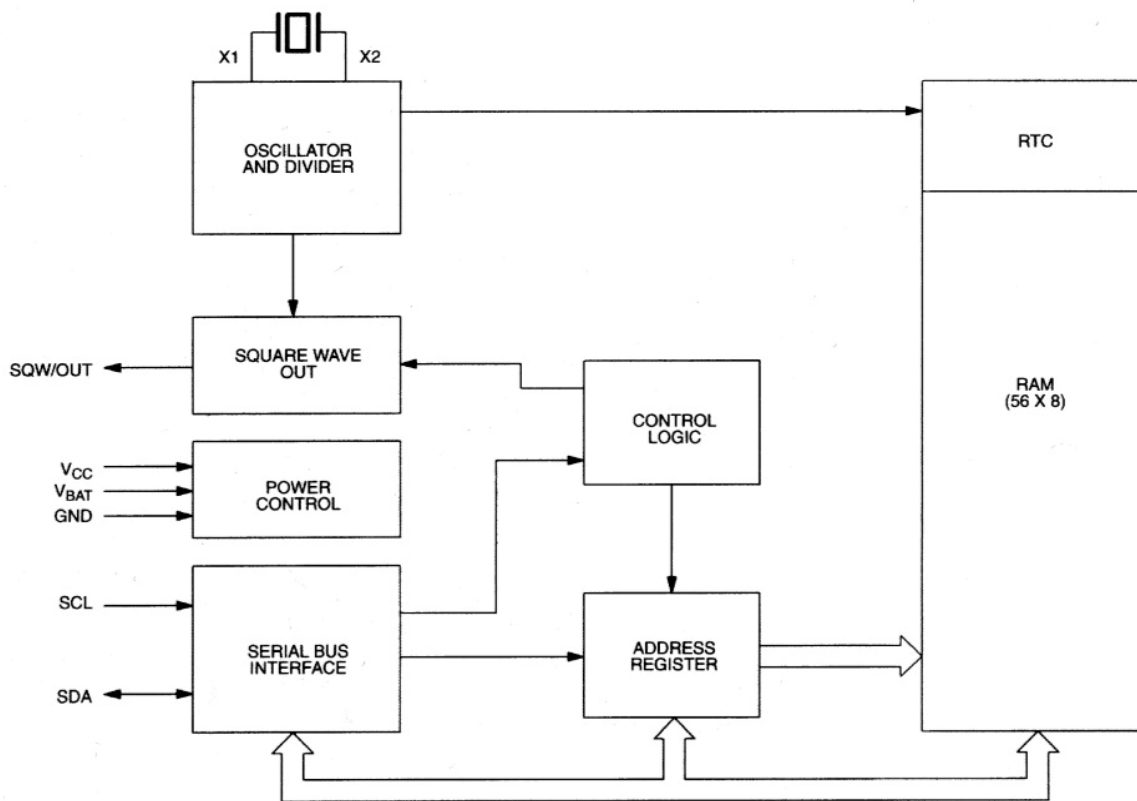


Σχήμα 1.2.1

² Περισσότερες πληροφορίες για τον μικροελεγκτή PIC18F4520 μπορείτε να αντλήσετε από τα φύλλα δεδομένων του που θα βρείτε στο συνοδευτικό CD (.../Datashets/PIC18F4520.pdf).

1.3 Ρολόι πραγματικού χρόνου με το DS1307

Η ενημέρωση του συστήματος για την πραγματική ώρα γίνεται από το ολοκληρωμένο κύκλωμα DS1307 της Dallas Semiconductor³. Με τον τρόπο αυτό παρέχεται η δυνατότητα στον προγραμματιστή του να καθορίζει όχι μόνο τη χρονική διάρκεια κάποιων διαδικασιών (που βέβαια επιτυγχάνεται και μόνο με τη χρήση των εσωτερικών χρονοιστών του μικροελεγκτή) αλλά και τη στιγμή που αυτές θα αλλάζουν κατάσταση με βάση την πραγματική ώρα. Η ώρα του συστήματος προβάλλεται διαρκώς στην αλφαριθμητική ενδεικτική οθόνη υγρών κρυστάλλων του και επισυνάπτεται στην τελευταία γραμμή της ιστοσελίδας αναφοράς κατάστασης και ελέγχου του κάθε φορά που ζητείται η ανανέωσή της από τους χρήστες. Το διάγραμμα βαθμίδων του DS1307 φαίνεται στο Σχ.1.3.1.



Σχήμα 1.3.1

Για τον χρονοισμό του κυκλώματος απαιτείται η σύνδεση, στους ακροδέκτες του X1 και X2, ενός τυπικού κρυστάλλου ρολογιού συχνότητας 32,768kHz. Η τρέχουσα ώρα και η πλήρης ημερομηνία αποθηκεύεται σε ξεχωριστούς καταχωρητές με διευθύνσεις από 00h έως 006h στο εσωτερικό του ολοκληρωμένου (Σχ.1.3.2).

³ (<http://www.dalsemi.com>) Περισσότερες πληροφορίες για το ολοκληρωμένο κύκλωμα ρολογιού πραγματικού χρόνου DS1307 μπορείτε να αντλήσετε από τα φύλλα δεδομένων του που θα βρείτε στο συνοδευτικό CD (../Datasheets/DS1307.pdf).

00H	SECONDS
	MINUTES
	HOURS
	DAY
	DATE
	MONTH
	YEAR
07H	CONTROL
08H	RAM
3FH	56 x 8

Σχήμα 1.3.2

Η επικοινωνία του DS1307 με τον μικροελεγκτή γίνεται με χρήση του πρωτοκόλλου αμφίδρομης μετάδοσης δεδομένων με διάυλο δύο αγωγών (2-wire serial data bus). Κύριος του διαδρόμου είναι ο μικροελεγκτής και υποχείριο το DS1307. Το DS1307 δέχεται στον ακροδέκτη του SCL (Serial Clock Input) από τον μικροελεγκτή σήμα για το συγχρονισμό της μετάδοσης των δεδομένων που μετακινούνται από και προς αυτό μέσα από τον ακροδέκτη του SDA (Serial Data Input/Output). Επειδή και οι δύο παραπάνω ακροδέκτες (SCL, SDA) είναι τύπου ανοιχτού δραίνου απαιτείται η σύνδεση τους με δύο αντιστάτες πρόσδεσης προς τα θετικά (R2, R3).

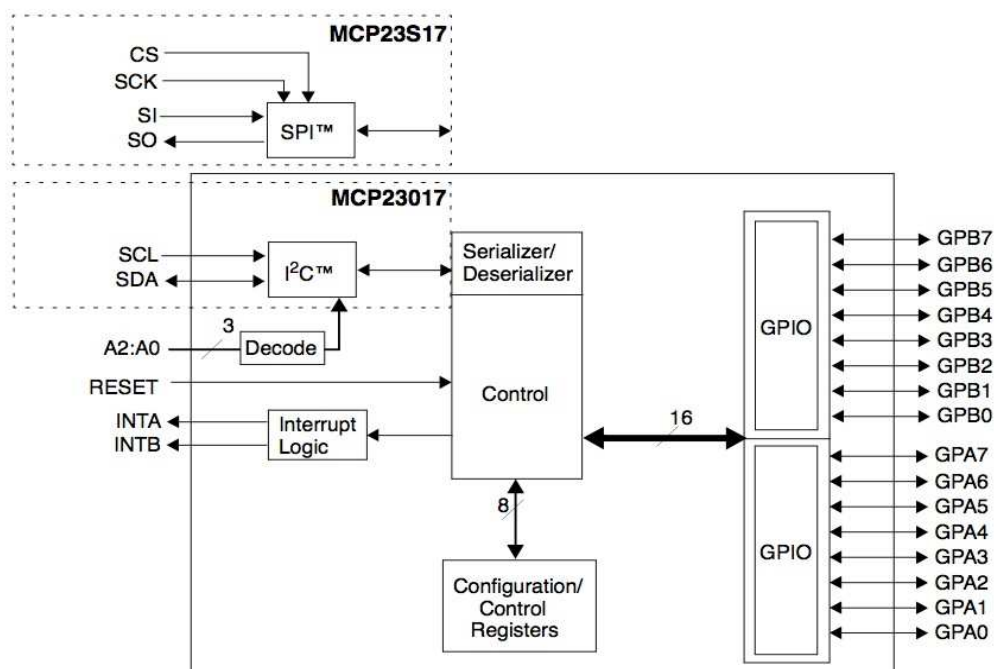
Η τάση τροφοδοσίας του DS1307 εφαρμόζεται στους ακροδέκτες του V_{CC} και GND. Για την κανονική λειτουργία του απαιτούνται 5V. Προκειμένου να μην χάνεται η ώρα όταν η τάση τροφοδοσίας του διακοπεί, έχει προβλεφθεί η εφεδρική τροφοδότησή του από μπαταρία που συνδέεται μεταξύ των ακροδεκτών V_{BAT} και GND. Η τάση στους ακροδέκτες αυτούς θα πρέπει να διατηρείται μεταξύ 2V και 3,5V. Η κατανάλωση ισχύος του DS1307 σε κατάσταση ασφαλούς λειτουργίας (backup) είναι ελάχιστη. Εάν ως εφεδρική πηγή τροφοδοσίας του χρησιμοποιηθεί μια τυπική μπαταρία λιθίου (3V/48mAh), μπορεί το ρολόι του να λειτουργεί για περισσότερο από δέκα έτη.

1.4 Είσοδοι - Έξοδοι

Το σύστημα διαθέτει οκτώ εξόδους τύπου ηλεκτρονόμου για τον απομακρυσμένο έλεγχο ισάριθμων φορτίων. Για την ενημέρωση του χρήστη σχετικά με την κατάσταση των παραπάνω (ή άλλων) φορτίων το σύστημα εξοπλίστηκε με οκτώ εισόδους ανίχνευσης τάσης δικτύου (230V AC). Επιπλέον διαθέτει τρεις εισόδους για τη μέτρηση αναλογικών τάσεων (0-5V). Οι τάσεις αυτές μπορεί να αντιστοιχούν σε σήματα εξόδου αισθητηρίων μέτρησης φυσικών μεγεθών (θερμοκρασία, υγρασία, πίεση, φωτεινή ένταση κ.λπ.), μετατροπέων συχνότητας σε τάση (ταχύμετρα, στροφόμετρα, συχνόμετρα κ.λπ.) ή άλλων πηγών. Οι πληροφορίες για την κατάσταση των ηλεκτρονόμων και των εισόδων ανίχνευσης τάσης καθώς και οι μετρούμενες τιμές των αναλογικών τάσεων δημοσιεύονται μαζί με την τρέχουσα ώρα και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος του συστήματος σε ιστοσελίδα στη διεύθυνση που έχει αντιστοιχηθεί στο μικροεξυπηρετητή.

1.4.1 Επέκταση θυρών

Επειδή οι διαθέσιμες θύρες εισόδου/εξόδου του μικροελεγκτή PIC18F4520 δεν αρκούν, χρησιμοποιήθηκε το ειδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα επέκτασης θυρών MCP23S17⁴ σε κέλυφος DIP28.



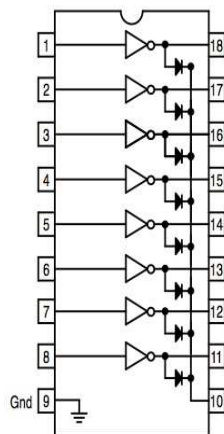
Σχήμα 1.4.1.1

⁴ Περισσότερες πληροφορίες για το ολοκληρωμένο κύκλωμα οπτοζευκτών MCP23S17 μπορείτε να αντλήσετε από τα φύλλα δεδομένων του που θα βρείτε στο συνοδευτικό CD (../Datasheets/MCP23S17.pdf).

Το ολοκληρωμένο αυτό κύκλωμα επικοινωνεί με τον μικροελεγκτή σειριακά σύμφωνα με το πρωτόκολλο SPI (10MHz max) μέσα από τους ακροδέκτες CS, SCK, SI, SO και RESET, όπως φαίνεται στο Σχ.1.4.1.1. Διαθέτει 16 ακροδέκτες που καθένας τους μπορεί ανεξάρτητα να ορισθεί ως είσοδος ή έξοδος. Στο σύστημα, 8 από αυτούς (όλοι της θύρας PORTA) χρησιμοποιήθηκαν ως έξοδοι για την οδήγηση ισάριθμων ηλεκτρονόμων και οι υπόλοιποι 8 (όλοι της θύρας PORTB) χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδοι των σημάτων που προκύπτουν από τα κυκλώματα ανίχνευσης τάσεων δικτύου.

1.4.2 Έξοδοι τύπου ηλεκτρονόμου

Η χρήση ηλεκτρονόμων για τον έλεγχο των ηλεκτρικών φορτίων εξασφαλίζει τη γαλβανική απομόνωση μεταξύ του συστήματος και των φορτίων. Για την αποτελεσματική οδήγηση των πηνίων των ηλεκτρονόμων με το απαιτούμενο ρεύμα χρησιμοποιήθηκε το ολοκληρωμένο κύκλωμα ULN2803⁵ σε κέλυφος DIP18. Το ολοκληρωμένο περιέχει 8 NPN Darlington τρανζίστορ με ανοιχτό το συλλέκτη τους και ισάριθμες διόδους για την καταστολή των μεταβατικών τάσεων αιχμής που εμφανίζονται κατά την αποκοπή των ρευμάτων στα πηνία.



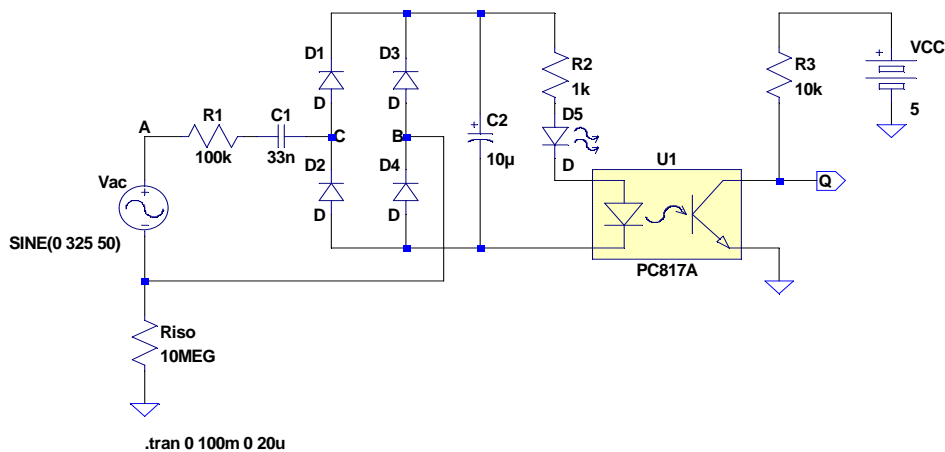
Σχήμα 1.4.2.1

Η οδήγηση των τρανζίστορ γίνεται απευθείας από σήματα στάθμης TTL και το μέγιστο ρεύμα συλλέκτη τους είναι 500mA.

⁵ Περισσότερες πληροφορίες για το ολοκληρωμένο κύκλωμα οκτάδας τρανζίστορ σε συνδεσμολογία Darlington ULN2803 μπορείτε να αντλήσετε από τα φύλλα δεδομένων του που θα βρείτε στο συνοδευτικό CD (../Datasheets/ULN2803-D.pdf).

1.4.3 Είσοδοι ανίχνευσης τάσης δικτύου

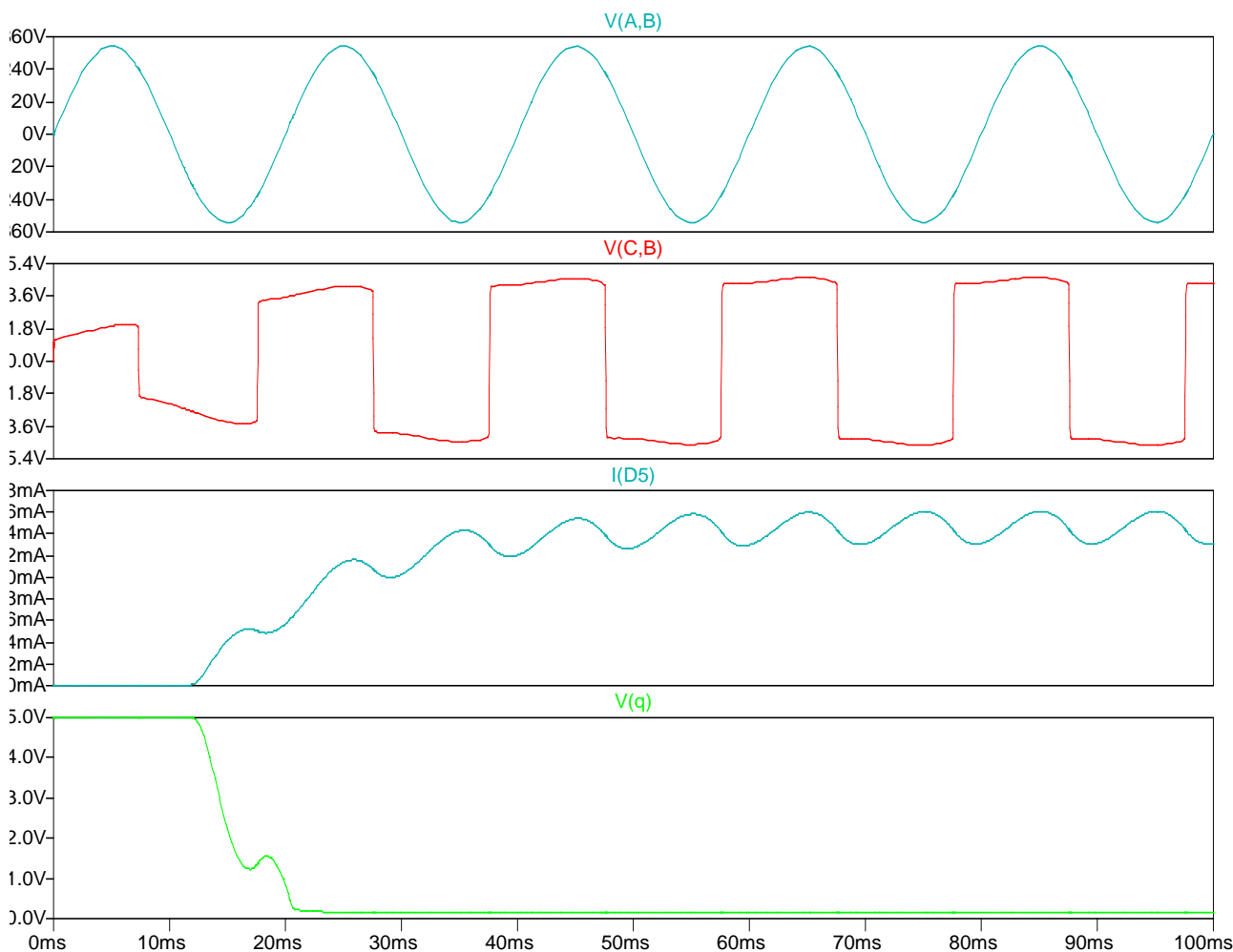
Οι εισοδοί ανίχνευσης τάσης δικτύου χρησιμοποιούνται κυρίως για την ενημέρωση του χρήστη σχετικά με το εάν ένα ηλεκτρικό φορτίο βρίσκεται ή όχι υπό τάση. Το κύκλωμα που χρησιμοποιείται φαίνεται στο Σχ.1.4.3.1. Η τάση από κάθε τέτοια είσοδο οδηγείται μέσω ενός δικτυώματος RC σειράς, που υποβιβάζει την τιμή της, σε μια ανορθωτική γέφυρα διόδων κι εξομαλύνεται με φίλτρο τύπου πυκνωτή. Στη συνέχεια οδηγείται στην είσοδο ενός οπτοζεύκτη τύπου PCT4116E⁶. Η ανάπτυξη τάσης στην είσοδο του οπτοζεύκτη οδηγεί στον κόρο το φωτοτρανζίστορ του και την αλλαγή της στάθμης στην έξοδό του. Η λογική αυτή στάθμη οδηγείται στο ολοκληρωμένο κύκλωμα επέκτασης θυρών MCP23S17 κι από εκεί στον μικροελεγκτή του συστήματος που ενημερώνει τη σχετική πληροφορία στην ιστοσελίδα.



Σχήμα 1.4.3.1

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του κυκλώματος εισόδου φαίνονται στο Σχ.1.4.3.2 όπου με τη σειρά προβάλλονται η τάση στα άκρα του φορτίου ($V_{A,B}=230V_{RMS}$ ή $325V_p$), η υποβιβασμένη τάση στην είσοδο της γέφυρας ανόρθωσης ($V_{C,B}$), το ρεύμα της ενσωματωμένης LED του οπτοζεύκτη (I_{D5}) και η τάση στην έξοδο Q.

⁶ (<http://www.lumex.com>) Περισσότερες πληροφορίες για το ολοκληρωμένο κύκλωμα οπτοζευκτών PCT4116E μπορείτε να αντλήσετε από τα φύλλα δεδομένων του που θα βρείτε στο συνοδευτικό CD (../Datasheets/OCP-PCT4116 E.pdf).

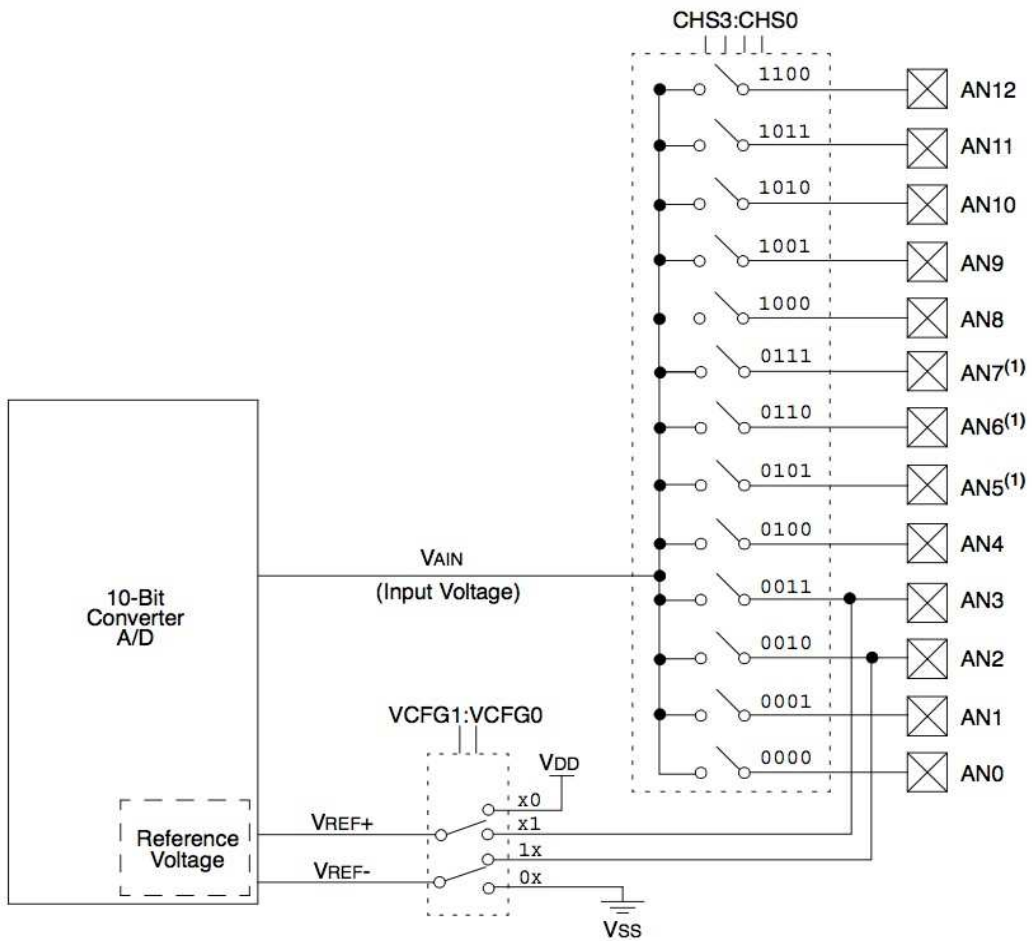


Σχήμα 1.4.3.2

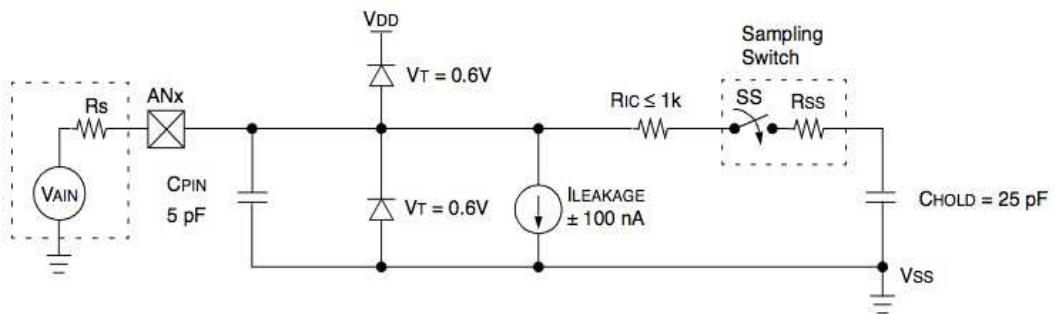
1.4.4 Αναλογικές εισόδους

Μόνο 3 από τους 13 ακροδέκτες του μικροελεγκτή PIC18F4520 που είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ως εισόδους αναλογικού σήματος (Σχ.1.4.3.1) έχουν χρησιμοποιηθεί για το συγκεκριμένο σκοπό κατά την υλοποίηση του συστήματος και πιο συγκεκριμένα οι AN0-AN2 (ακροδέκτες 2,3 και 4).

Δείγματα από τις εισόδους οδηγούνται στον εσωτερικό μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό ανάλυσης 10-bit και οι τιμές τους δημοσιεύονται στην ιστοσελίδα, σε δεκαδική μορφή. Οι εισόδους προστατεύονται από δικτύωμα ψαλιδιστή που υλοποιείται με δύο διόδους, όπως φαίνεται στο Σχ.1.4.3.2. Κανονικά η τάση σε καθεμιά από τις αναλογικές εισόδους μπορεί να κυμαίνεται από 0-5V.



Σχήμα 1.4.4.1

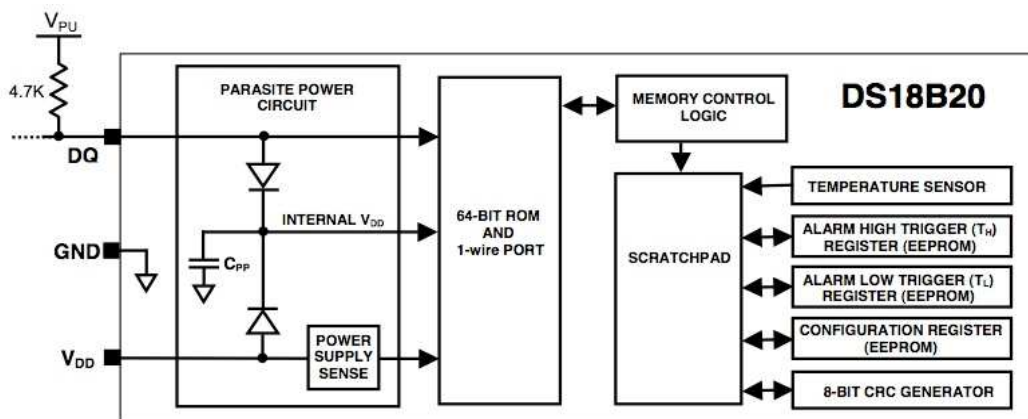


Σχήμα 1.4.4.2

1.5 Το αισθητήριο θερμοκρασίας DS1820

Μία από τις πληροφορίες που το σύστημα μπορεί να παρέχει στους χρήστες του είναι και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος στο οποίο έχει εγκατασταθεί και λειτουργεί. Η θερμοκρασία παρέχεται σε βαθμούς °C. Όπως και η ώρα έτσι και η θερμοκρασία προβάλλεται διαρκώς στην ενδεικτική οθόνη υγρών κρυστάλλων του συστήματος κι επισυνάπτεται στην τελευταία γραμμή της ιστοσελίδας αναφοράς κατάστασης και ελέγχου του.

Το αισθητήριο θερμοκρασίας που επιλέχθηκε είναι το DS18B20 της Dallas Semiconductor⁷ σε κέλυφος TO-92. Το διάγραμμα βαθμίδων του φαίνεται στο Σχ.1.5.1. Η τάση κανονικής λειτουργίας του (3,0-5,5V) εφαρμόζεται μεταξύ των ακροδεκτών του V_{DD} και GND. Με τη λήψη κατάλληλης εντολής λαμβάνεται δείγμα της θερμοκρασίας. Έπειτα από 750ms (max) η τιμή της μετατρέπεται σε μια ψηφιακή λέξη μήκους 9-12bit (η ανάλυση επιλέγεται από το χρήστη) και αποθηκεύεται εσωτερικά σε καταχωρητή μήκους 2bytes. Για τις αρνητικές τιμές χρησιμοποιείται η παράσταση του συμπληρώματος ως προς 2. Η επικοινωνία του αισθητηρίου με τον μικροελεγκτή γίνεται σύμφωνα με το πρωτόκολλο σειριακής επικοινωνίας για δίαυλο ενός αγωγού (1-wire bus) της Dallas. Ο ακροδέκτης εισόδου/εξόδου δεδομένων του αισθητηρίου συμβολίζεται με DQ (Data Input/Output) και είναι τύπου ανοιχτού δραίνου. Ως αντίσταση πρόσδεσης προς τα θετικά χρησιμοποιείται ένας αντιστάτης τιμής 4,7kΩ.



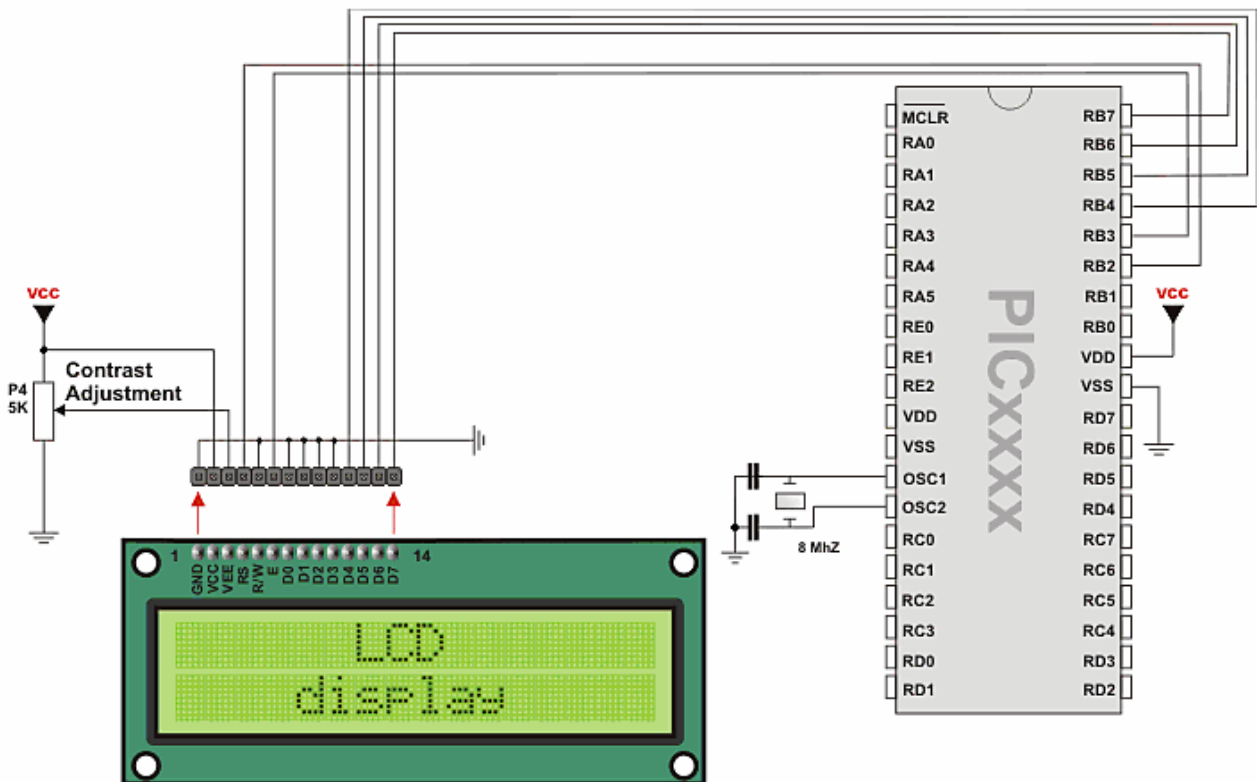
Σχήμα 1.5.1

Η περιοχή θερμοκρασιών λειτουργίας του εκτείνεται από τους -85°C έως τους +125°C. Η ακρίβειά του είναι $\pm 0,5^\circ\text{C}$ για την περιοχή θερμοκρασιών από -10°C έως τους +85°C. Το ολοκληρωμένο μπορεί να λειτουργήσει κι ως θερμοστάτης με προγραμματιζόμενες θερμοκρασίες κατωφλίου.

⁷ (<http://www.dalsemi.com>). Περισσότερες πληροφορίες για το ολοκληρωμένο κύκλωμα αισθητηρίου θερμοκρασίας DS18B20 μπορείτε να αντλήσετε από τα φύλλα δεδομένων του που θα βρείτε στο συνοδευτικό CD (../Datasheets/DS18B20.pdf).

1.6 Ενδεικτική οθόνη

Για την επί τόπου προβολή της πραγματικής ώρας και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος του συστήματος, το σύστημα εξοπλίστηκε με μια οθόνη υγρών κρυστάλλων δύο γραμμών με δεκαέξι χαρακτήρες ανά γραμμή (2x16), συμβατή με τον ελεγκτή HD44780. Η οθόνη συνδέεται άμεσα με τον μικροελεγκτή, όπως φαίνεται στο Σχ.1.6.1. Τα δεδομένα αποστέλλονται με λέξεις των 4-bit από τους ακροδέκτες RB4-RB7 της θύρας B του μικροελεγκτή και ο έλεγχός της πραγματοποιείται από τους ακροδέκτες RB2 και RB3. Με τροποποίηση του προγράμματος είναι δυνατή η προβολή επιπλέον πληροφοριών σε αυτήν.

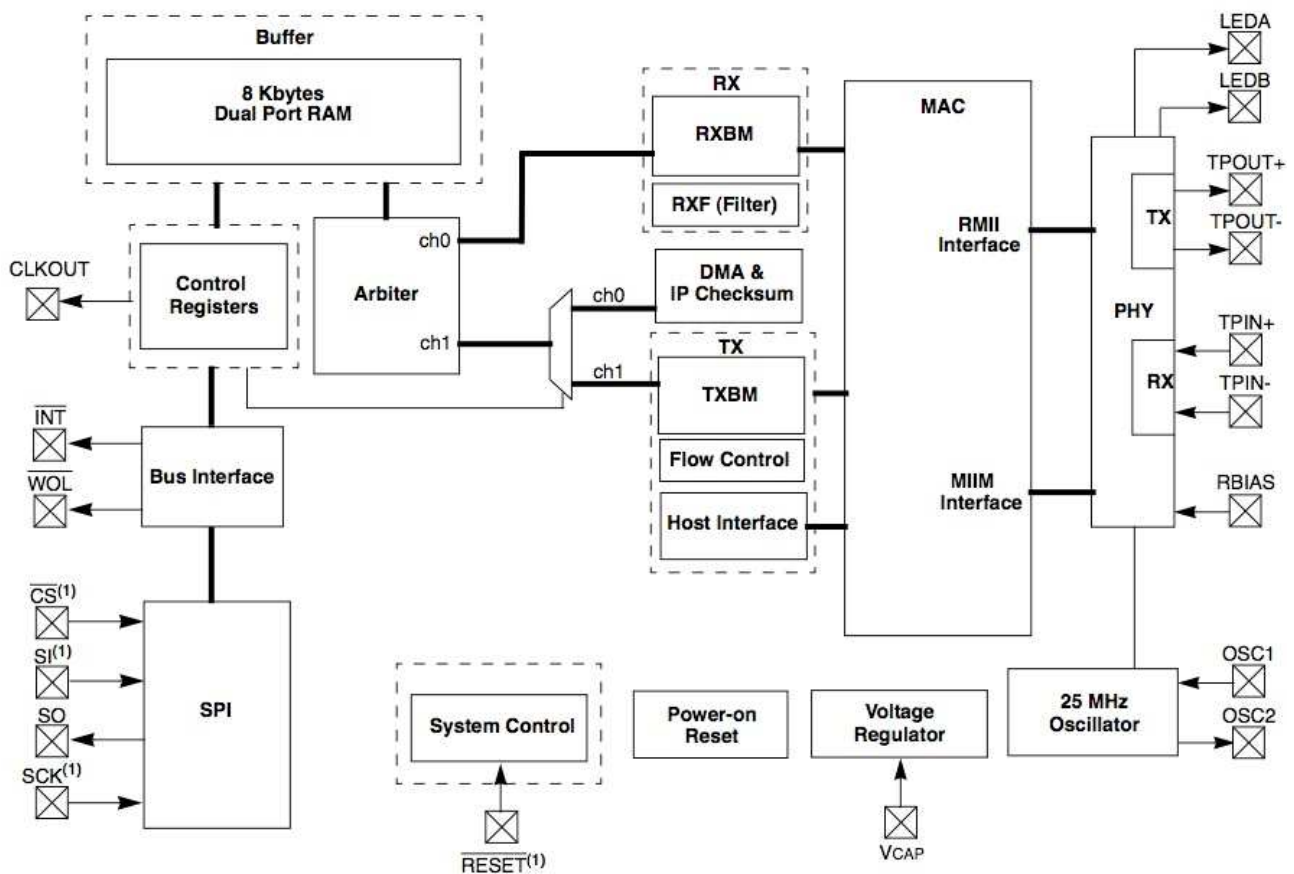


Σχήμα 1.6.1 (LCD, 4-bit Interface)

1.8 Ο ελεγκτής δικτύου Ethernet ENC28J60

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα ENC28J60⁹ της Microchip είναι ένας αυτόνομος ελεγκτής δικτύου με ενσωματωμένη την τυπική στη βιομηχανία διασύνδεση σειριακής επικοινωνίας (Serial Peripheral Interface, SPI). Σχεδιάστηκε για να λειτουργεί ως συνδετικό στοιχείο μεταξύ ενός δικτύου Ethernet κι ενός μικροελεγκτή εφοδιασμένου με SPI. Πληρεί όλες τις προδιαγραφές του πρότυπου IEEE 802.3. Η επικοινωνία του ENC28J60 με τον μικροελεγκτή πραγματοποιείται μέσω δύο ακροδεκτών σημάτων διακοπών και της ενσωματωμένης μονάδας SPI με ρυθμούς δεδομένων έως και 10Mb/s. Δύο άλλοι ακροδέκτες έχουν αφιερωθεί για την οπτική ένδειξη, με χρήση LED, της κατάστασης σύνδεσης και της δικτυακής δραστηριότητας.

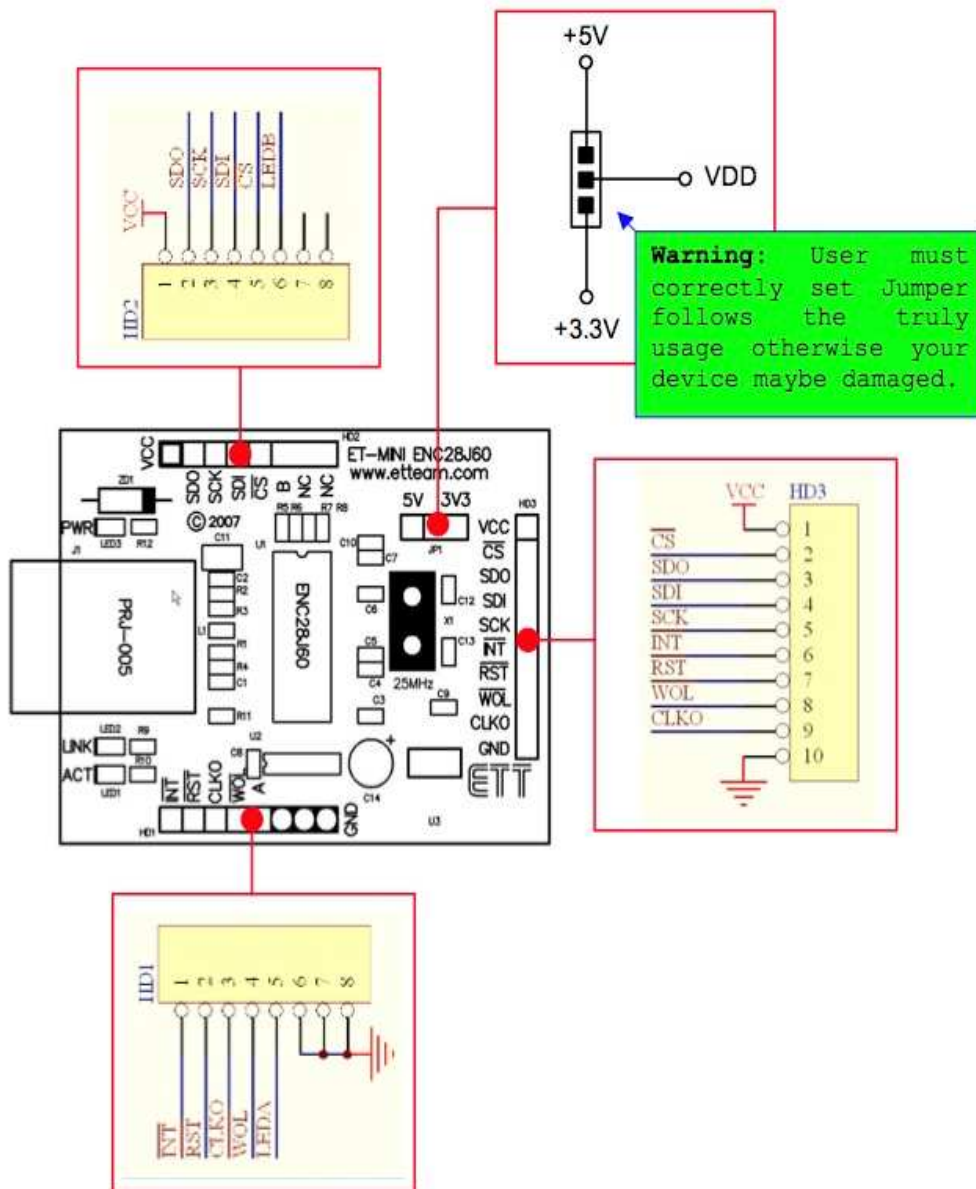
Η εσωτερική δομή του ENC28J60 φαίνεται στο Σχ.1.8.1 που ακολουθεί.



Σχήμα 1.8.1

Στο Σχ.1.8.2 φαίνεται ένα τυπικό κύκλωμα εφαρμογής του δικτυακού ελεγκτή. Αρκούν δύο μετασχηματιστές παλμών και μερικά ακόμη παθητικά εξαρτήματα προκειμένου να πραγματοποιηθεί η σύνδεση ενός μικροελεγκτή με ένα δίκτυο Ethernet.

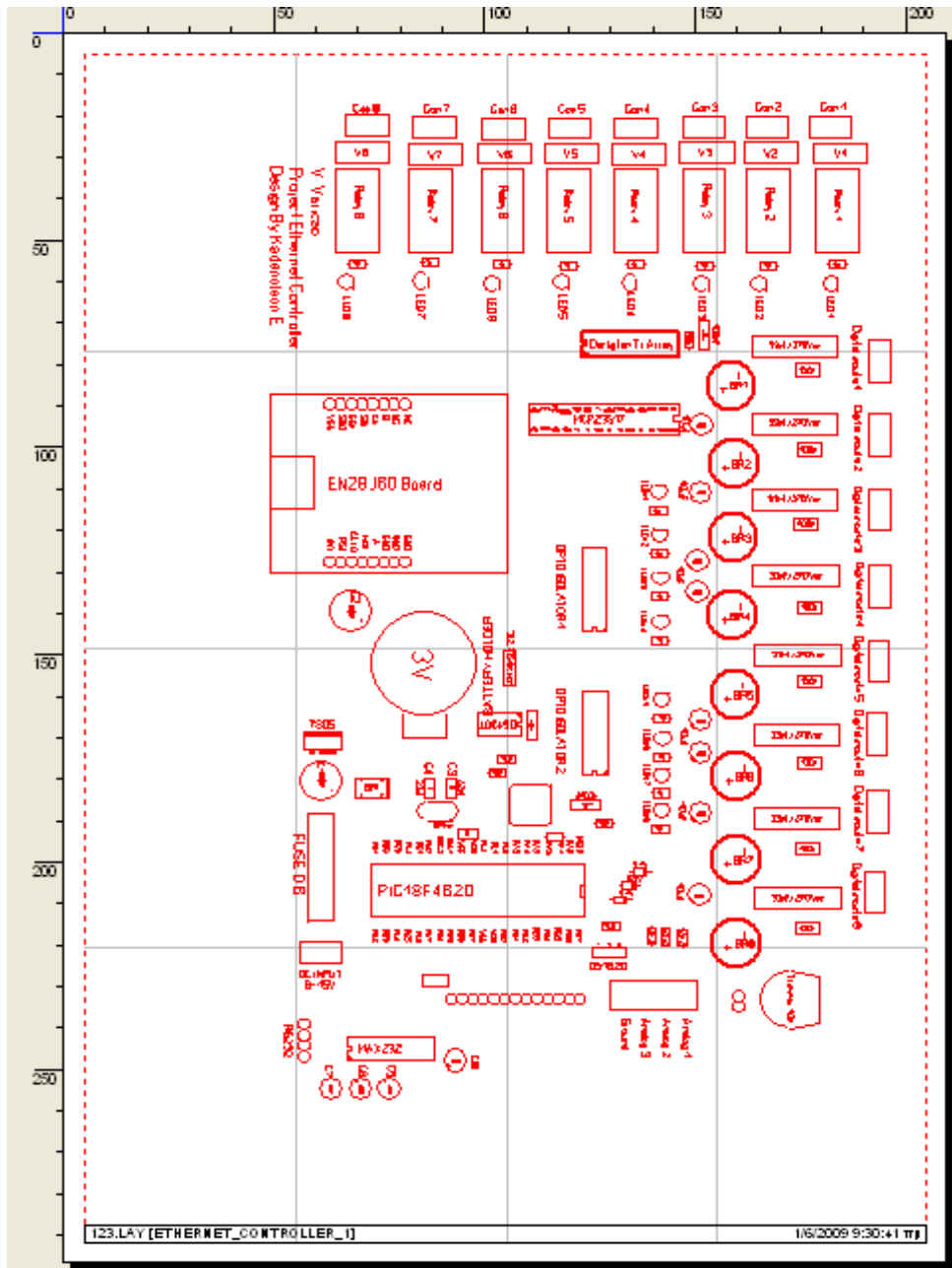
⁹ Περισσότερες πληροφορίες για το ENC28J60 μπορείτε να αντλήσετε από τα φύλλα δεδομένων του (ENC28J60.pdf) που θα βρείτε στο συνοδευτικό CD, στο φάκελο Datasheets.



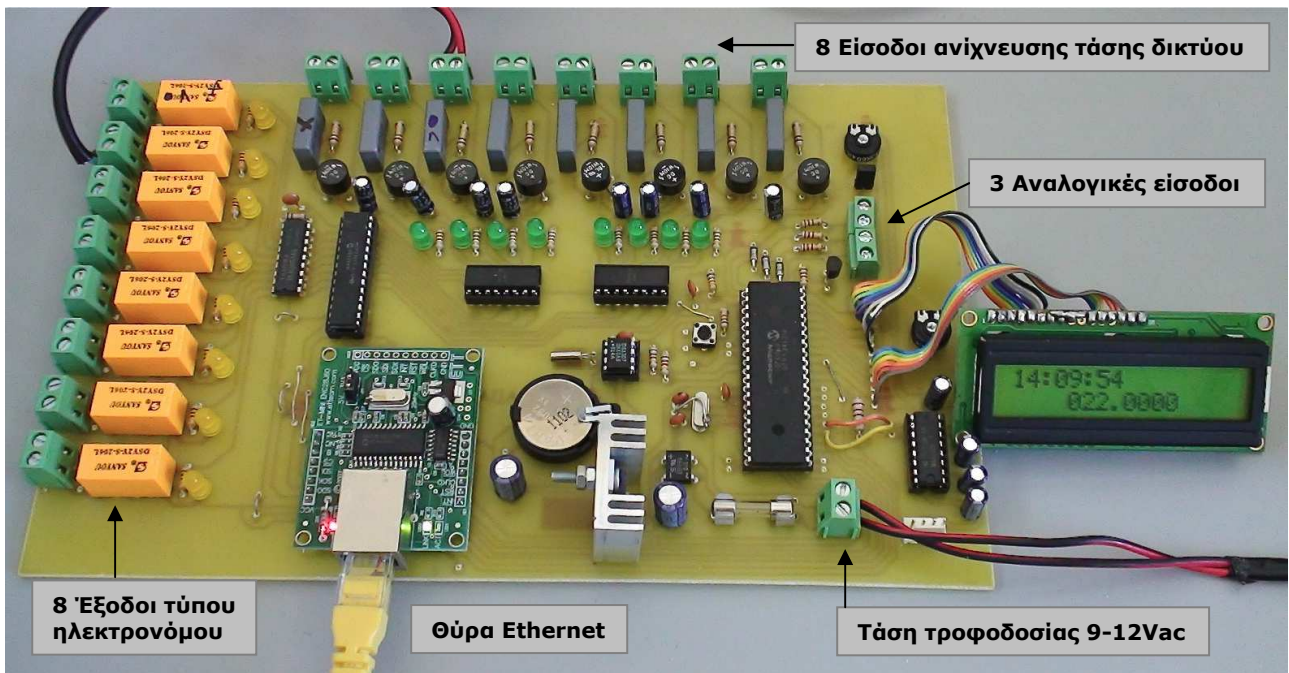
Σχήμα 1.8.4

1.9 Υλοποίηση

Πρόκειται για σύστημα μιας πλακέτας. Τα εξαρτήματα τοποθετήθηκαν όπως φαίνεται στο Σχ.1.9.1. Οι αγωγοί παροχής της τάσης τροφοδοσίας καθώς και οι αγωγοί σύνδεσης με τις εισόδους και τις εξόδους του συνδέονται σε συνδετήρες τύπου Κλέμενς που έχουν τοποθετηθεί περιφερειακά της πλακέτας όπως φαίνεται στο Σχ. 1.9.2. Το συνολικό κόστος των υλικών και της πλακέτας ανέρχεται στα 90€.



Σχήμα 1.9.1

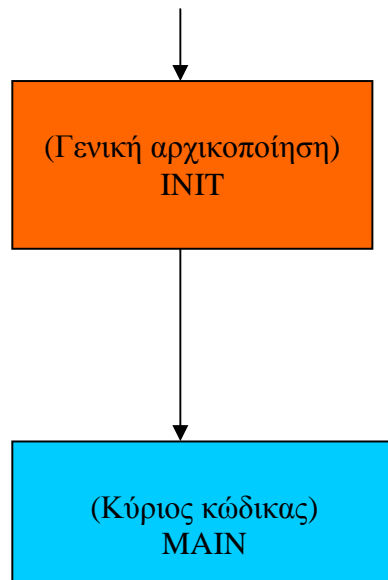


Σχήμα 1.9.2

2 Ο προγραμματισμός του συστήματος

2.1 Το διάγραμμα ροής του προγράμματος

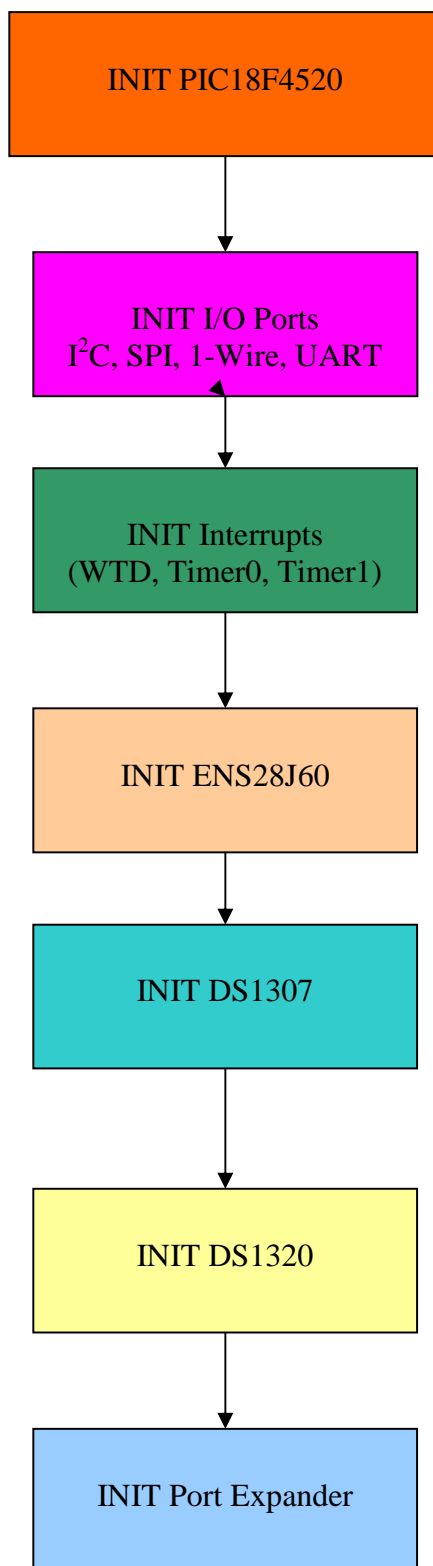
Ολόκληρο το πρόγραμμα του μικροελεγκτή μπορεί να χωριστεί σε δύο ενότητες. Στην πρώτη (INIT) γίνεται μια γενική αρχικοποίηση του μικροεπεξεργαστή και των περιφερειακών του ενώ αμέσως μετά εκτελείται ο κύριος κώδικας του προγράμματος (MAIN) που εκτελείται ως βρόγχος περιόδευσης.



Σχήμα 2.1.1

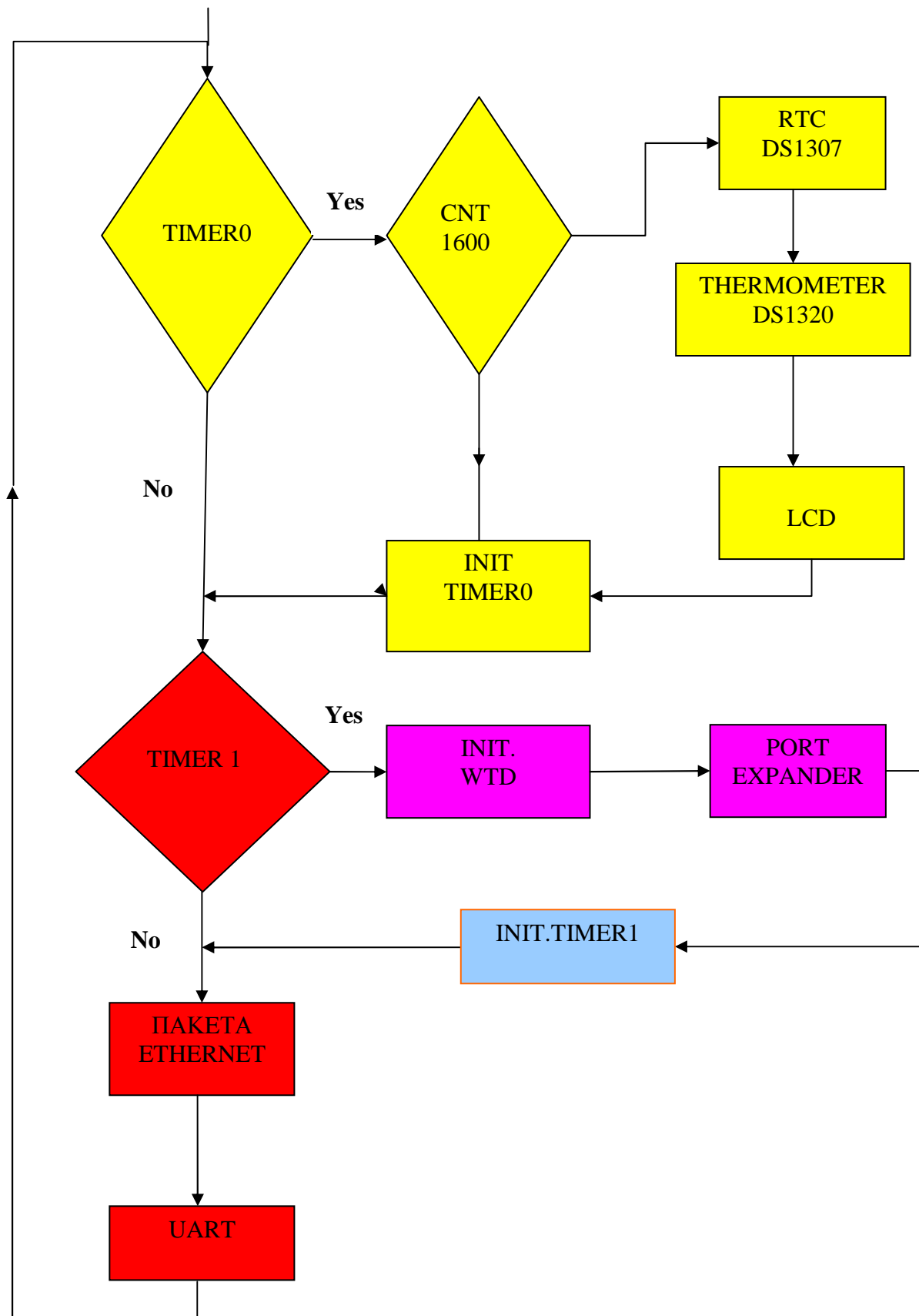
2.1.1 Γενική αρχικοποίηση

Στο Σχ.2.1.1.1 φαίνεται το διάγραμμα ροής της διαδικασίας αρχικοποίησης του συστήματος. Πρώτα αρχικοποιείται ο μικροελεγκτής PIC18F4520, κατόπιν οι θύρες εισόδου/εξόδου και οι επικοινωνίας του. Στη συνέχεια ενεργοποιούνται οι διακοπές (Interrupts) και οι χρονοστάτες του Timer0 και Timer1. Ακολουθούν ο ελεγκτής δικτύου ENC28J60, το ρολόι πραγματικού χρόνου DS1307, το αισθητήριο θερμοκρασίας DS1320 και τέλος ολοκληρωμένο κύκλωμα επέκτασης θυρών MCP23S17.



Σχήμα 2.1.1.1

2.1.2 Ο κύριος κώδικας



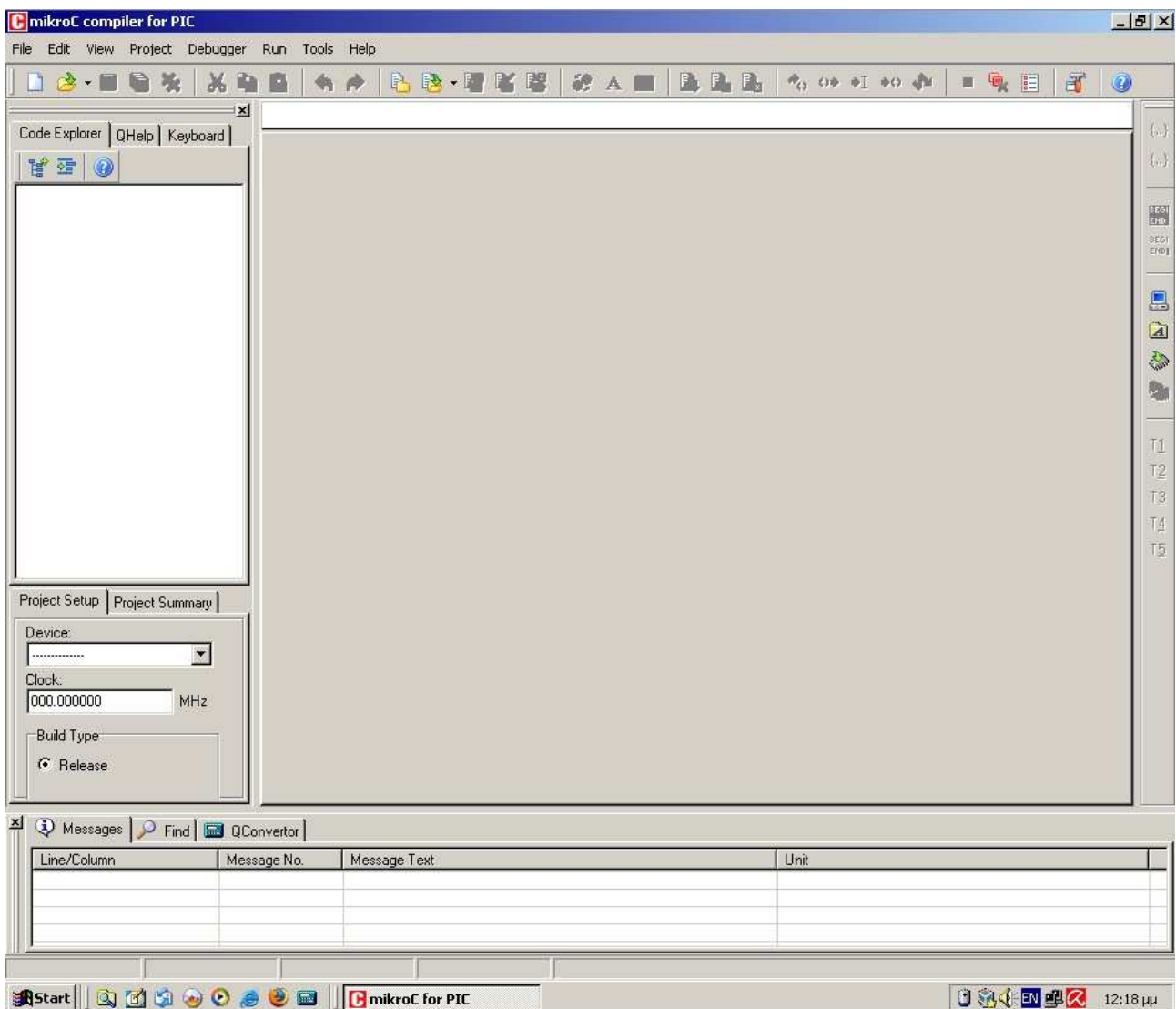
Σχήμα 2.1.2.1

Μόλις αρχίσει να εκτελείται το κυρίως πρόγραμμα ο 8-bit Timer0 λαμβάνει διαδοχικά τις τιμές 0-255. Σε κάθε του υπερχειλίση αυξάνεται ο μετρητής CNT κατά 1. Μετά από 1600 επαναλήψεις ανανεώνονται οι ενδείξεις της ώρας και της θερμοκρασίας στην αλφαριθμητική οθόνη υγρών κρυστάλλων· η παραπάνω διαδικασία ολοκληρώνεται σε χρόνο ενός δευτερολέπτου οπότε ο μετρητής CNT μηδενίζεται και η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Κατόπιν αρχικοποιείται ο TIMER1. Όταν δεν έχουμε υπερχειλίση του TIMER0, ο 16-bit TIMER1 λαμβάνει διαδοχικά τις τιμές 0-65535 και ελέγχεται αν υπάρχουν πακέτα δεδομένων Ethernet και UART. Όταν αυτό συμβεί για 65536 φορές έχουμε υπερχειλίση του TIMER1. Τότε εξετάζεται εάν υπάρχουν μεταβολές στο χρονιστή επιτήρησης (WTD) και στους ακροδέκτες του ολοκληρωμένου κυκλώματος επέκτασης θυρών και αρχικοποιείται ο TIMER1.

2.2 Η συγγραφή του προγράμματος

Για τη συγγραφή του προγράμματος χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ανάπτυξης εφαρμογών, για μικροελεγκτές της σειράς PIC, mikroC της microElectronica¹¹. Ο χρήστης προγραμματίζει χρησιμοποιώντας τη γλώσσα προγραμματισμού C έχοντας στη διάθεσή του μια σειρά από έτοιμες βιβλιοθήκες για την υλοποίηση απλών αλλά και πολύπλοκων διαδικασιών (διαχείριση μνήμης, θυρών επικοινωνίας, ενδεικτικών οθονών, μετατροπών κ.ά.). Στο τέλος, το λογισμικό παρέχει τον εκτελέσιμο κώδικα τόσο σε συμβολική μορφή όσο και στο δεκαεξαδικό σύστημα για τον άμεσο προγραμματισμό του μικροελεγκτή με τη χρήση κατάλληλης συσκευής προγραμματισμού. Η πλήρης λίστα εντολών του προγράμματος παρατίθενται σε αρχείο στο συνοδευτικό CD-ROM.



Σχήμα 2.2.1

¹¹ <http://www.mikroe.com>

3 Εγκατάσταση και χρήση

3.1 Σύνδεση σε τοπικό δίκτυο

Η σύνδεση του συστήματος σε ένα τοπικό δίκτυο τύπου Ethernet επιτυγχάνεται με ένα τυπικό καλώδιο RJ45 που θα συνδέει τη θύρα δικτύου του συστήματος με κάποια ελεύθερη θύρα ενός δρομολογητή. Το σύστημα έχει προγραμματιστεί να έχει συγκεκριμένη στατική διεύθυνση IP, την: **192.168.1.101**. Η διεύθυνση αυτή δεν θα πρέπει να έχει αποδοθεί σε άλλη δικτυακή συσκευή αλλά να παραμένει πάντοτε ελεύθερη για χρήση από το συγκεκριμένο σύστημα. Όταν σε ένα παράθυρο ενός προγράμματος περιήγησης πληκτρολογηθεί η παραπάνω διεύθυνση IP θα εμφανιστεί σε αυτό η ιστοσελίδα που φιλοξενείται στον μικροεξυπηρετητή του συστήματος, με τη μορφή που φαίνεται στο Σχ.3.1.1. Στην ιστοσελίδα παρουσιάζονται οι στιγμιαίες τιμές των τάσεων στις τρεις αναλογικές εισόδους του συστήματος και οι καταστάσεις (ON ή OFF) των οκτώ εισόδων ανίχνευσης τάσης δικτύου και των οκτώ εξόδων τύπου ηλεκτρονόμου. Από την ίδια ιστοσελίδα μπορεί να μεταβληθεί η κατάσταση κάποιας από τις εξόδους, με κλικ στη λέξη **Toggle** που βρίσκεται στην αντίστοιχη γραμμή (Σχ.3.1.2 και Σχ.3.1.3).

Mozilla Firefox
Αρχείο Επεξεργασία Προβολή Ιστορικό Σελιδοδείκτες Εργαλεία Βοήθεια
http://192.168.1.101/
http://192.168.1.101/

House Appliances Remote Control System

by E. Kadanoleon
T.E.I. of Crete, Branch of Chania, Department of Electronics

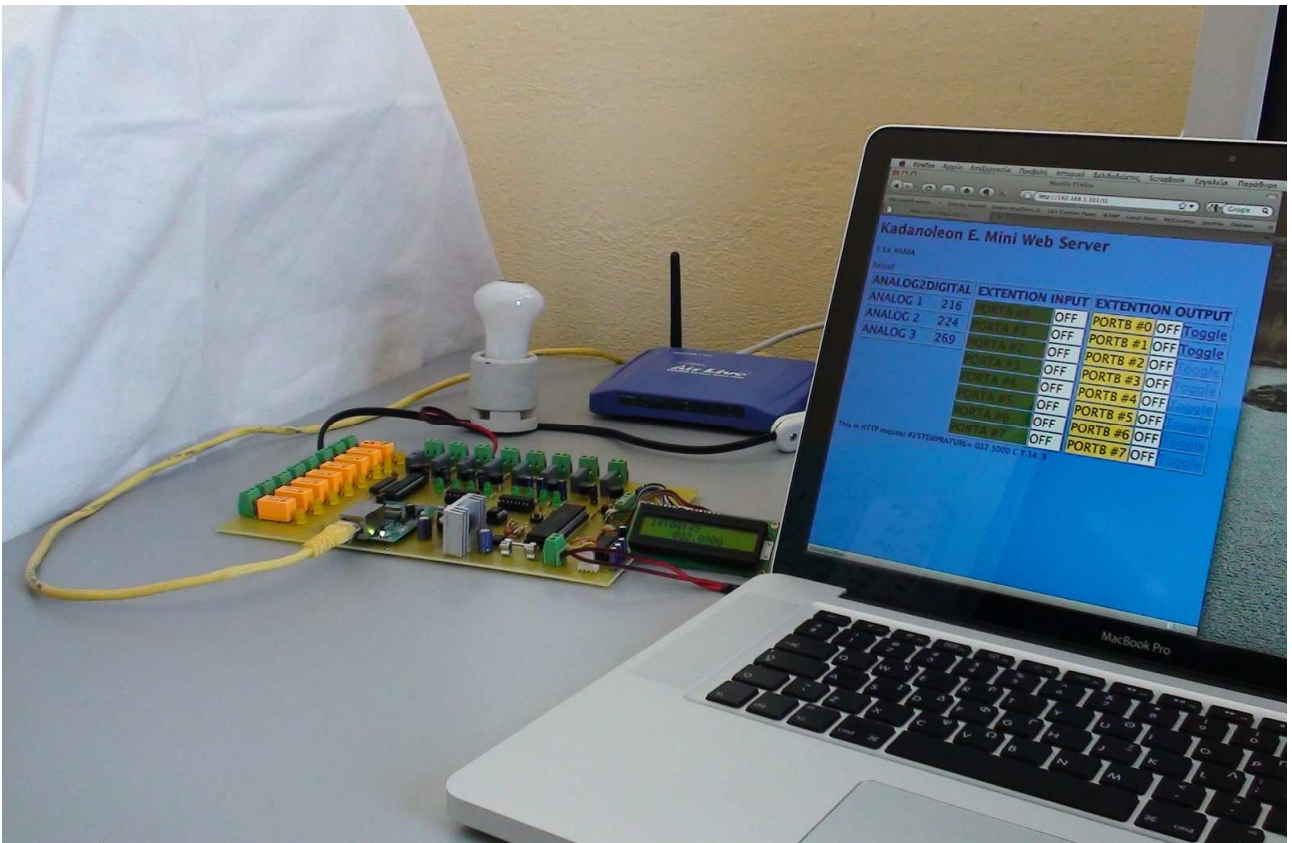
[Reload](#)

Analog Inputs		Line Voltage Detection		Outputs		
ANALOG INPUT 1	0	PORTA #0	OFF	PORTB #0	OFF	Toggle
ANALOG INPUT 2	0	PORTA #1	ON	PORTB #1	ON	Toggle
ANALOG INPUT 3	245	PORTA #2	OFF	PORTB #2	OFF	Toggle
		PORTA #3	OFF	PORTB #3	OFF	Toggle
		PORTA #4	OFF	PORTB #4	OFF	Toggle
		PORTA #5	OFF	PORTB #5	OFF	Toggle
		PORTA #6	OFF	PORTB #6	OFF	Toggle
		PORTA #7	OFF	PORTB #7	OFF	Toggle

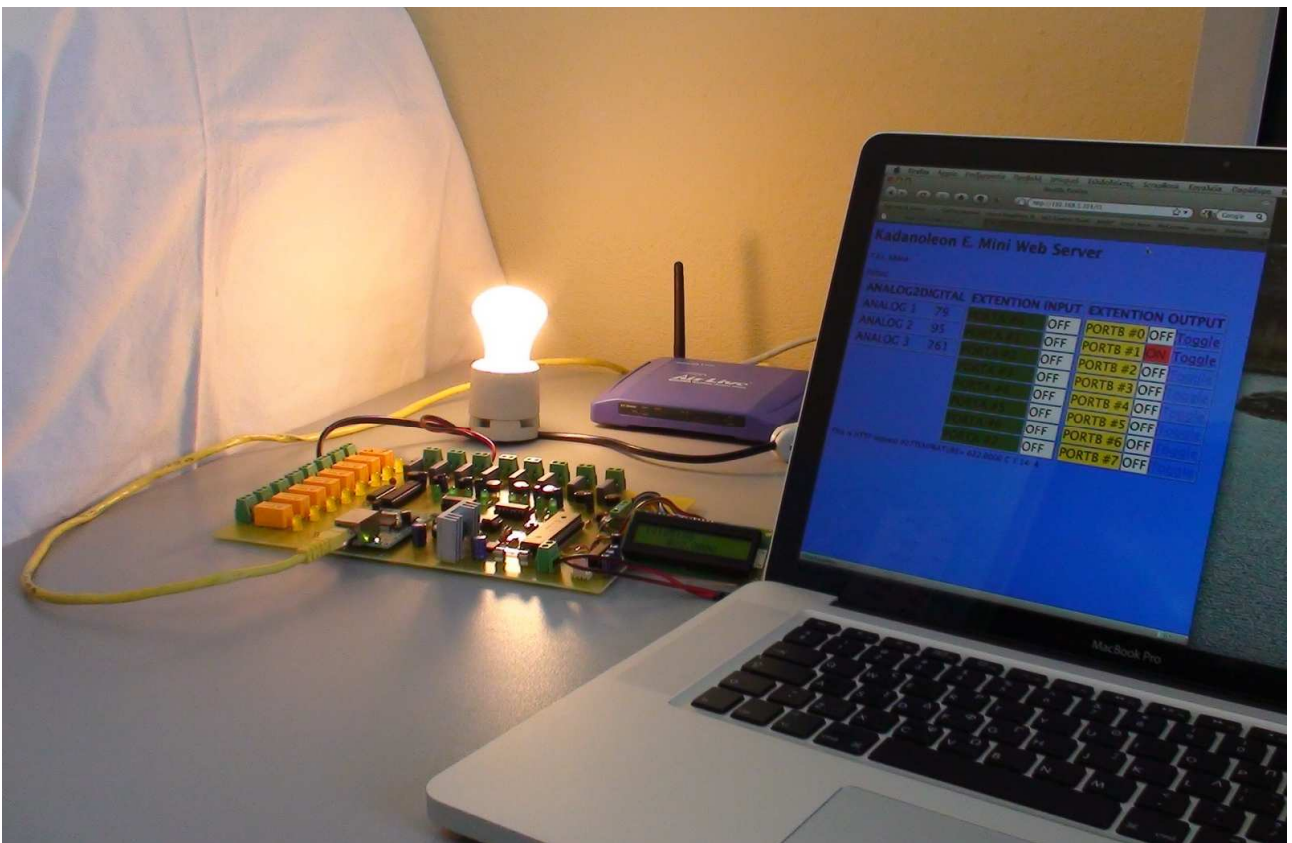
This is HTTP request #1 TEMPRATURE= 022.5000 C T 18: 27

Ολοκληρώθηκε

Σχήμα 3.1.1



Σχήμα 3.1.2: ένας ηλεκτρικός λαμπτήρας έχει συνδεθεί σε έξοδο τύπου ηλεκτρονόμου



Σχήμα 3.1.3: ο λαμπτήρας ενεργοποιείται με κλικ στη λέξη **Toggle** της αντίστοιχης γραμμής

3.2 Έλεγχος από το διαδίκτυο

Για τον απομακρυσμένο έλεγχο του συστήματος από το διαδίκτυο χρειάζεται να δημιουργηθεί μια δίοδος προς αυτό μέσα από το τοίχος προστασίας του δρομολογητή. Η παραπάνω διαδικασία είναι γνωστή ως “**προώθηση θύρας**” (port forwarding) καθώς ο δρομολογητής ρυθμίζεται έτσι ώστε να κατευθύνει κάθε αίτηση από το διαδίκτυο για συγκεκριμένη θύρα προς μία τοπική συσκευή. Με τη διαδικασία αυτή θα επιτρέπεται στους επισκέπτες από το διαδίκτυο να συνδέονται με τον εξυπηρετητή του συστήματος, διατηρώντας ταυτόχρονα τις υπόλοιπες συσκευές του τοπικού δικτύου προστατευμένες.

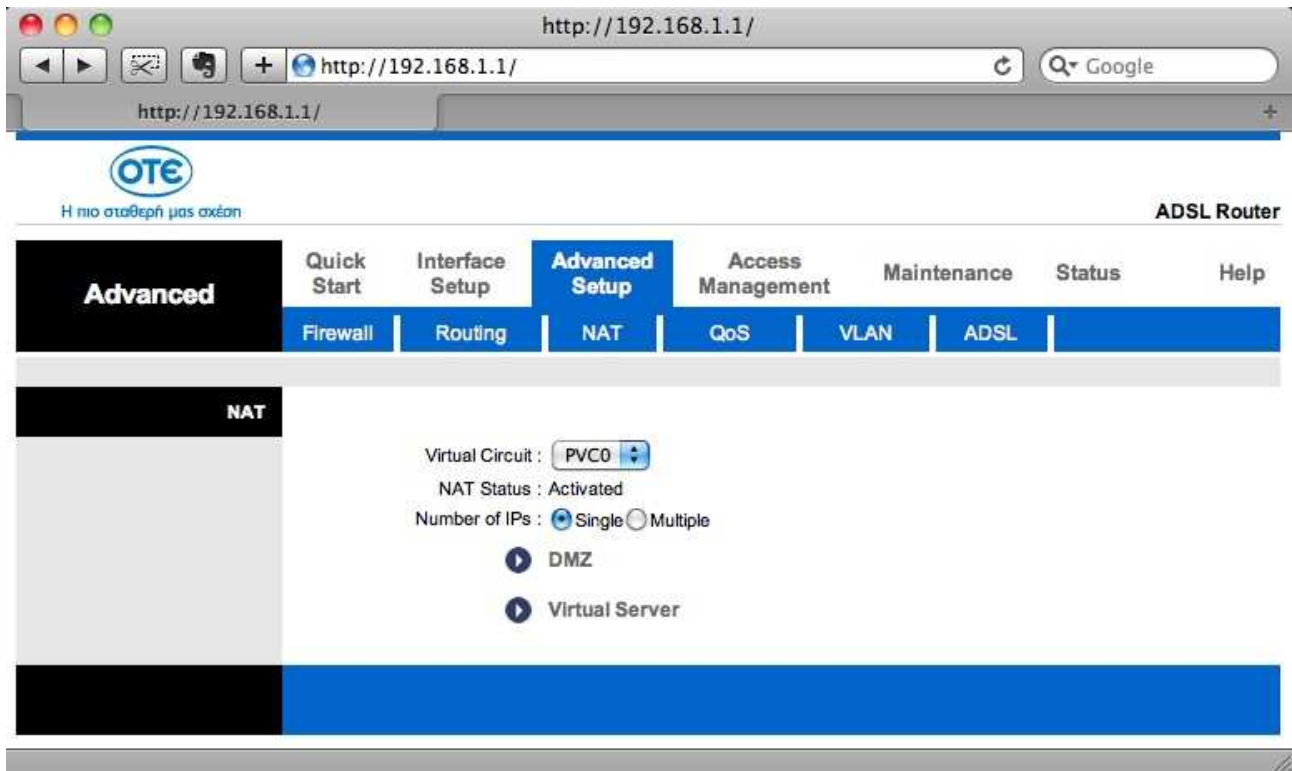
3.2.1 Προώθηση θύρας

Στους περισσότερους δρομολογητές, για τον καθορισμό ενός κανόνα προώθησης μιας θύρας ζητούνται τα παρακάτω στοιχεία:

- **Όνομα εφαρμογής (Application Name):** ένα όνομα, συνήθως περιγραφικό, για τον συγκεκριμένο κανόνα..
- **Πρωτόκολλο (Protocol):** το πρωτόκολλο για το οποίο θα ισχύει ο κανόνας (TCP, UDP ή και τα δύο). Το πρωτόκολλο σχετίζεται με το είδος της υπηρεσίας που θα παρέχεται (π.χ. οι εξυπηρετητές χρησιμοποιούν το TCP).
- **Αρχική και τελική θύρα (Start και End Port):** η θύρα ή οι θύρες της εφαρμογής, π.χ. η 80 για το HTTP. Σε πολλούς δρομολογητές είναι δυνατή η προώθηση μιας ολόκληρης σειράς από θύρες με έναν μόνο κανόνα.
- **Διεύθυνση IP (IP Address):** η διεύθυνση IP της συσκευής στο τοπικό δίκτυο στην οποία θα προωθείται η θύρα.

Στη συνέχεια περιγράφεται πως καθορίζεται ένας κανόνας με περιγραφικό όνομα **HomeAutomationServer** για την προώθηση της θύρας **80** (που αντιστοιχεί στο HTTP) στη διεύθυνση IP **192.168.1.101**, η οποία όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα έχει αποδοθεί στο σύστημα που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Οι εικόνες αφορούν το δρομολογητή **Baudtec TW263R4-A2**.

Βήμα 1: Από το περιβάλλον διαχείρισης του δρομολογητή μεταβαίνουμε στη σελίδα **Advanced Setup>NAT** και κάνουμε κλικ στο σύνδεσμο **Virtual Server**.



Σχήμα 3.2.1

Βήμα 2: Στη σελίδα **Virtual Server** ορίζουμε τον κανόνα για την επιθυμητή προώθηση θύρας δηλώνοντας τα στοιχεία που απαιτούνται¹².

Virtual Server for : Single IP Account

Rule Index : 1

Application : HomeAutomationServer

Protocol : ALL

Start Port Number : 80

End Port Number : 80

Local IP Address : 192.168.1.101

Rule	Application	Protocol	Start Port	End Port	Local IP Address
1	HomeAutomationServer	ALL	80	80	192.168.1.101
2	-	-	0	0	0.0.0.0
3	-	-	0	0	0.0.0.0
4	-	-	0	0	0.0.0.0
5	-	-	0	0	0.0.0.0
6	-	-	0	0	0.0.0.0
7	-	-	0	0	0.0.0.0
8	-	-	0	0	0.0.0.0
9	-	-	0	0	0.0.0.0
10	-	-	0	0	0.0.0.0
11	-	-	0	0	0.0.0.0
12	-	-	0	0	0.0.0.0
13	-	-	0	0	0.0.0.0
14	-	-	0	0	0.0.0.0
15	-	-	0	0	0.0.0.0
16	-	-	0	0	0.0.0.0

SAVE DELETE BACK CANCEL

Σχήμα 3.2.2

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας προώθησης της θύρας 80, αρκεί για την πρόσβαση του συστήματος από το διαδίκτυο να πληκτρολογήσουμε στο πεδίο διεύθυνσης ενός προγράμματος περιήγησης τη διεύθυνση IP που μας έχει δώσει ο παροχέας Internet (ISP) π.χ. **94.69.71.252**.

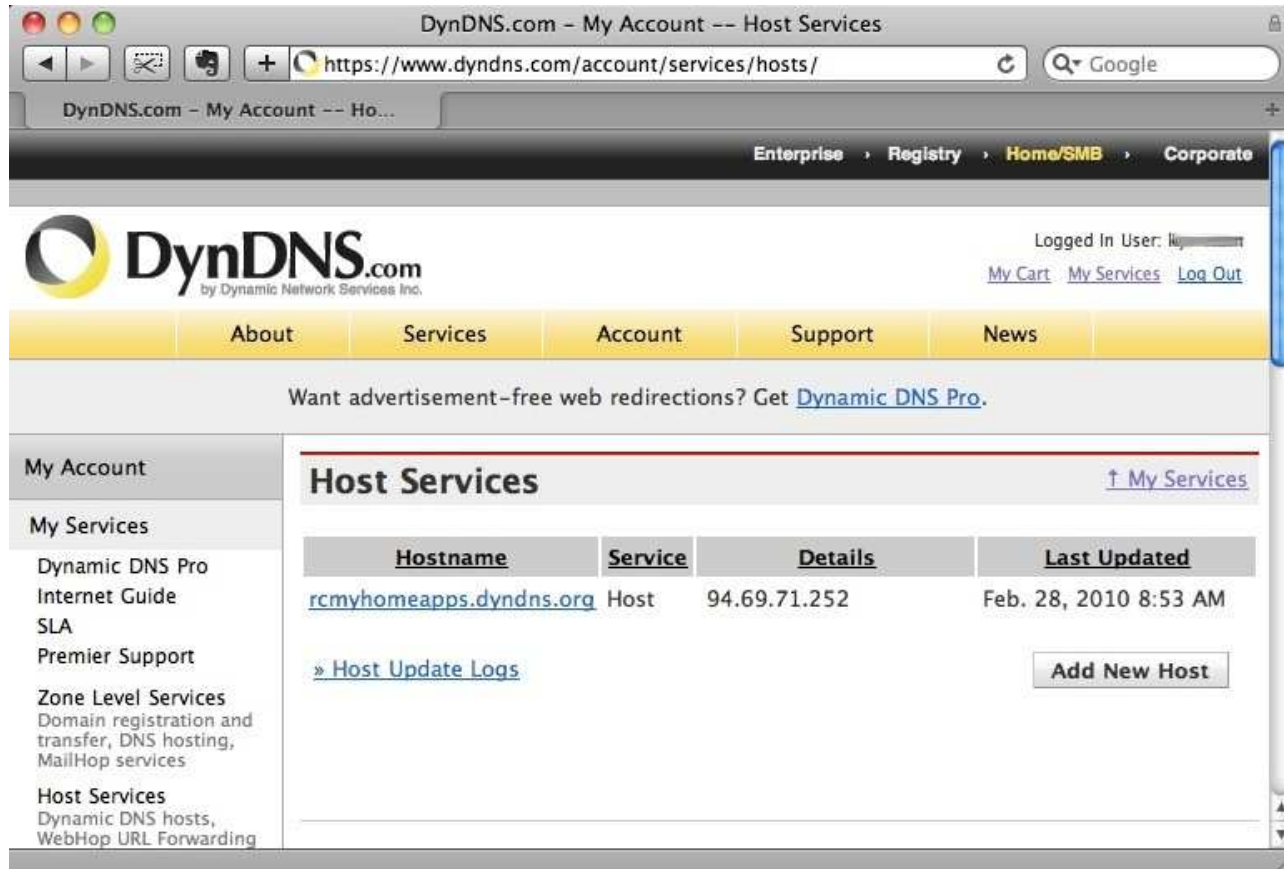
¹² Περισσότερες πληροφορίες για την προώθηση θύρας και για το πώς μπορεί αυτή να επιτευχθεί στους πιο γνωστούς δρομολογητές θα βρείτε στη διεύθυνση <http://www.portforward.com>

3.2.2 Αντιστοίχιση περιγραφικής διεύθυνσης

Στις περισσότερες περιπτώσεις οικιακών χρηστών αποδίδεται από τον παροχέα υπηρεσιών Internet δυναμική διεύθυνση IP. Έτσι οι επισκέπτες που επιθυμούν να έχουν πρόσβαση από το διαδίκτυο στη συσκευή που βρίσκεται συνδεδεμένη στο τοπικό δίκτυο και στην οποία προωθείται μέσω του δρομολογητή η αίτησή τους, σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα, θα πρέπει να γνωρίζουν πάντοτε την ισχύουσα διεύθυνση IP. Ωστόσο, υπάρχει η δυνατότητα απόκτησης μιας περιγραφικής διεύθυνσης που αυτόματα θα αντιστοιχίζεται στην εκάστοτε IP που παρέχει κάθε φορά ο ISP.

Στην περίπτωση μας ως περιγραφική διεύθυνση ορίστηκε η **rcmyhomeapps.dyndns.org** (από το Remote Control My Home Appliances). Ως παροχέας ονομάτων ιστόχωρων επιλέχθηκε η **dyndns.org** (Σχ.3.2.3) διότι το modem-router **Baudtec TW263R4-A2** που είχαμε στη διάθεσή μας, έχει τη δυνατότητα να εκείνο να ενημερώνει αυτόματα το συγκεκριμένο παροχέα για τη διεύθυνση που του έχει δοθεί από τον ISP (Σχ.3.2.4). Η όλη διαδικασία ολοκληρώνεται ως εξής:

Βήμα 1: Δημιουργούμε λογαριασμό πελάτη στην εταιρεία **DynDNS.com** και δεσμεύουμε για λογαριασμό μας το όνομα **rcmyhomeapps.dyndns.org** (η υπηρεσία παρέχεται δωρεάν).

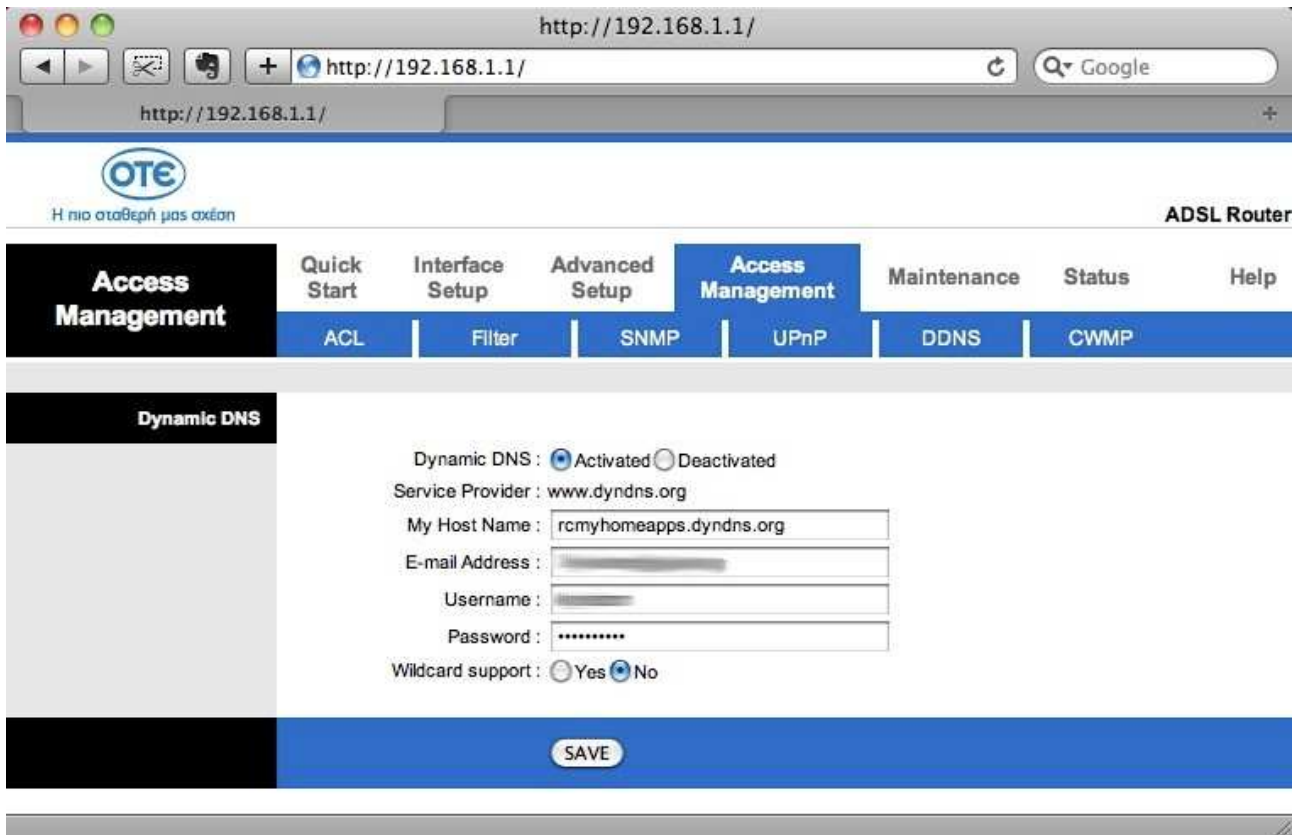


The screenshot shows a web browser window with the URL <https://www.dyndns.com/account/services/hosts/>. The page is titled "DynDNS.com - My Account -- Host Services". The main content area displays "Host Services" with a table listing the configured host. The table has columns for Hostname, Service, Details, and Last Updated. The entry for [rcmyhomeapps.dyndns.org](https://www.dyndns.com/account/services/hosts/) is listed with Service "Host", IP address "94.69.71.252", and Last Updated "Feb. 28, 2010 8:53 AM". There is also a link for "Host Update Logs" and a button for "Add New Host".

Hostname	Service	Details	Last Updated
rcmyhomeapps.dyndns.org	Host	94.69.71.252	Feb. 28, 2010 8:53 AM

Σχήμα 3.1.4

Βήμα 2: Από το περιβάλλον διαχείρισης του δρομολογητή μεταβαίνουμε στη σελίδα **Advanced Setup>DDNS** και δηλώνουμε στα αντίστοιχα πεδία την περιγραφική διεύθυνση **rcmyhomeapps.dyndns.org** και τα στοιχεία του λογαριασμού μας στην εταιρεία **DynDNS.com**.



Σχήμα 3.1.5

Πλέον, από εδώ και στο εξής, αποκτούμε πρόσβαση στο σύστημά μας πληκτρολογώντας απλά τη διεύθυνση **rcmyhomeapps.dyndns.org** στο σχετικό πεδίο ενός προγράμματος περιήγησης.

Βιβλιογραφία

1. **Ι. Καλόμοιρος – Σ. Μπουλταδάκης – Ι. Πέταλας**, “*Έλεγχος κυκλωμάτων και μετρήσεων με Η/Υ*”, εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, έκδοση 2002, ISBN 960-8050-67-7.
2. **H. Tan – T.B. D’Orazio**, “*C για μηχανικούς*”, εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, έκδοση 2000, ISBN 960-8050-33-2.
3. **Sartaj Sahni**, “*Δομές δεδομένων αλγόριθμοι και εφαρμογές C++*”, εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, έκδοση 2004, ISBN 960-418-030-4.
4. **B. Σεραφίδης**, “*C για αρχάριους*”, εκδόσεις ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ, έκδοση 1995 με ανατύπωση το 2002, ISBN 960-209-268-8.