

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΤΟΥ PIC16F887

– EEPROM:

Η μνήμη EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) είναι μία μνήμη η οποία εγγράφεται ηλεκτρικά και διατηρεί τα δεδομένα της ακόμα και μετά την απομάκρυνση της τροφοδοσίας.

Επιπλέον η EEPROM μπορεί να επανεγγραφεί χωρίς να είναι απαραίτητο να γίνει πρώτα η διαγραφή της.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια εφαρμογή για την αποθήκευση κάποιου κωδικού ή κάποιου serial number συσκευής.

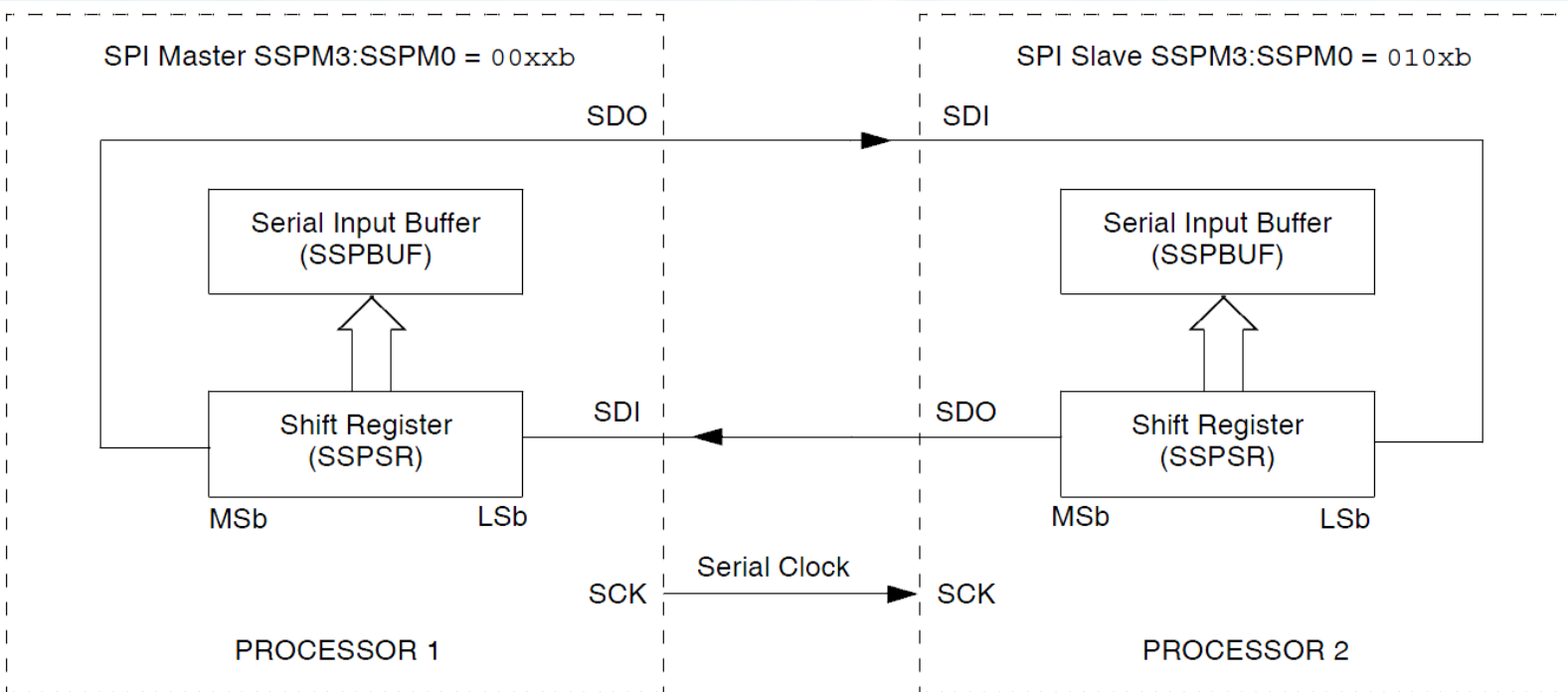
Επίσης εκεί μπορούν να αποθηκευτούν κρίσιμα δεδομένα για μια εφαρμογή ή το status κάποιων λειτουργιών ώστε σε περίπτωση διακοπής τροφοδοσίας ο μικροελεγκτής μετά την επανασύνδεσή της να επαναφέρει την κατάσταση που υπήρχε πριν τη διακοπή.

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΤΟΥ PIC16F887

– SPI: Serial Peripheral Interface

Το SPI είναι ένα σειριακό interface επικοινωνίας με το οποίο επιτρέπεται ταυτόχρονα η αμφίδρομη (full duplex) επικοινωνία ανάμεσα σε μία master συσκευή και σε μία ή περισσότερες slave συσκευές.

Τοπολογία:



ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΤΟΥ PIC16F887 – SPI

Χρησιμοποιεί 3 ή 4 ακροδέκτες:

SLAVE:

MASTER:

SCK (RC3): serial clock (είσοδος) SCK: serial clock (έξοδος)

SDI (RC4): serial data in (είσοδος) SDI: serial data in (είσοδος)

SDO (RC5): serial data out (έξοδος) SDO: serial data out (έξοδος)

SS (RA5): slave select (είσοδος)

Η είσοδος SS είναι προαιρετική και χρησιμοποιείται όταν ο master πρέπει να επικοινωνεί με περισσότερες από μία slave συσκευές και στην περίπτωση αυτή “ακούει” η συσκευή για την οποία ο master ορίζει το SS στο λογικό '0'.

Η επικοινωνία ξεκινάει όταν ο master στείλει 8 παλμούς ρολογιού. Με κάθε παλμό στέλνεται και διαβάζεται ένα bit από κάθε συσκευή που μετέχει στην επικοινωνία.

Όταν για μία συσκευή δεν απαιτείται να στείλει δεδομένα τότε απλώς στέλνει dummy data.

Οι καταχωρητές ειδικής χρήσης που χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση του SPI είναι: SSPSTAT, SSPCON.

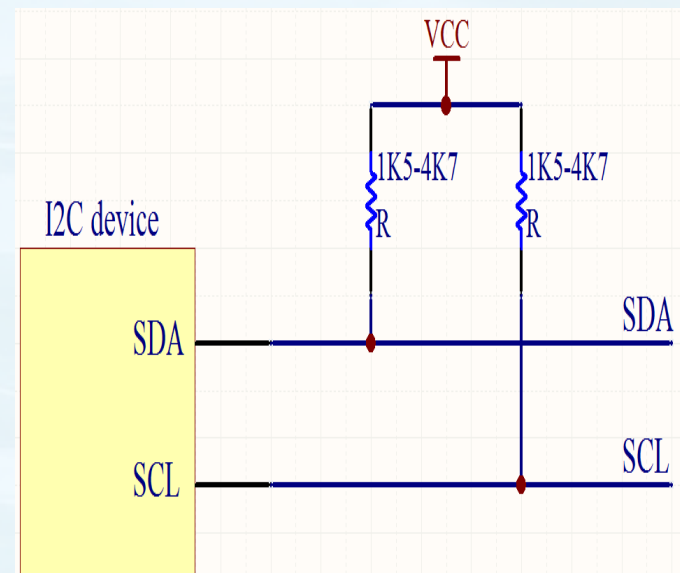
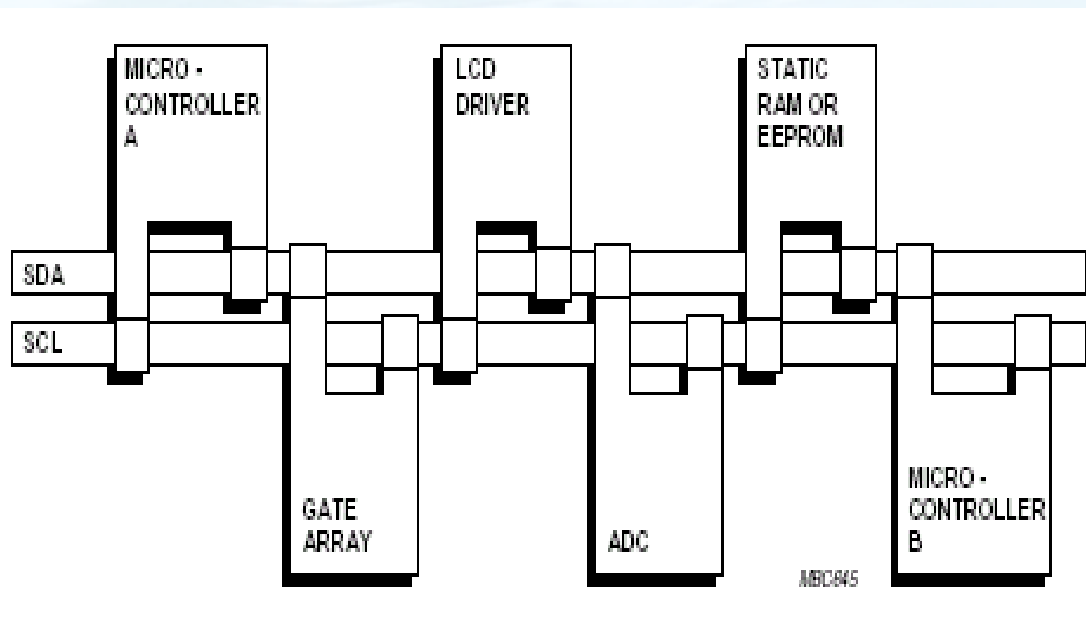
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΤΟΥ PIC16F887

– I²C: Inter-Integrated Circuit

Το I²C είναι ένα interface επικοινωνίας με το οποίο επιτρέπεται αμφίδρομη (half duplex) επικοινωνία ανάμεσα σε μία master και μία slave συσκευή οι οποίες είναι συνδεδεμένες πάνω στο bus.

Οι καταχωρητές ειδικής χρήσης που χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση του SPI είναι: SSPSTAT, SSPCON, SSPCON2.

Τοπολογία:



ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΤΟΥ PIC16F887 – I²C

Χρησιμοποιεί 2 ακροδέκτες:

SLAVE:

SCL (RC3): serial clock (είσοδος)

SDA (RC4): serial data (είσοδος/έξοδος)

MASTER:

SCK: serial clock (έξοδος)

SDA: serial

data(είσοδος/έξοδος)

Η επικοινωνία ξεκινάει και σταματάει με συγκεκριμένα συμβάντα (events) τα οποία πρέπει αναγνωρίζονται από τις συμβατές με το I²C συσκευές.

S : Start

Το Start ή αλλιώς Start bit έχει μέγεθος 1 bit και καθορίζει την έναρξη μιας I²C επικοινωνίας. Ως start bit αναγνωρίζεται εκείνο το bit κατά το οποίο παρατηρείται κατερχόμενο μέτωπο στο σήμα SDA ενώ το SCL βρίσκεται σε λογικό '1'.

P : Stop

Το Stop ή αλλιώς Stop bit έχει μέγεθος 1 bit και καθορίζει τον τερματισμό μιας I²C επικοινωνίας. Ως stop bit αναγνωρίζεται εκείνο το bit κατά το οποίο παρατηρείται ανερχόμενο μέτωπο στο σήμα SDA ενώ το SCL βρίσκεται σε λογικό '1'.

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΤΟΥ PIC16F887 – I²C

R :Repeated Start

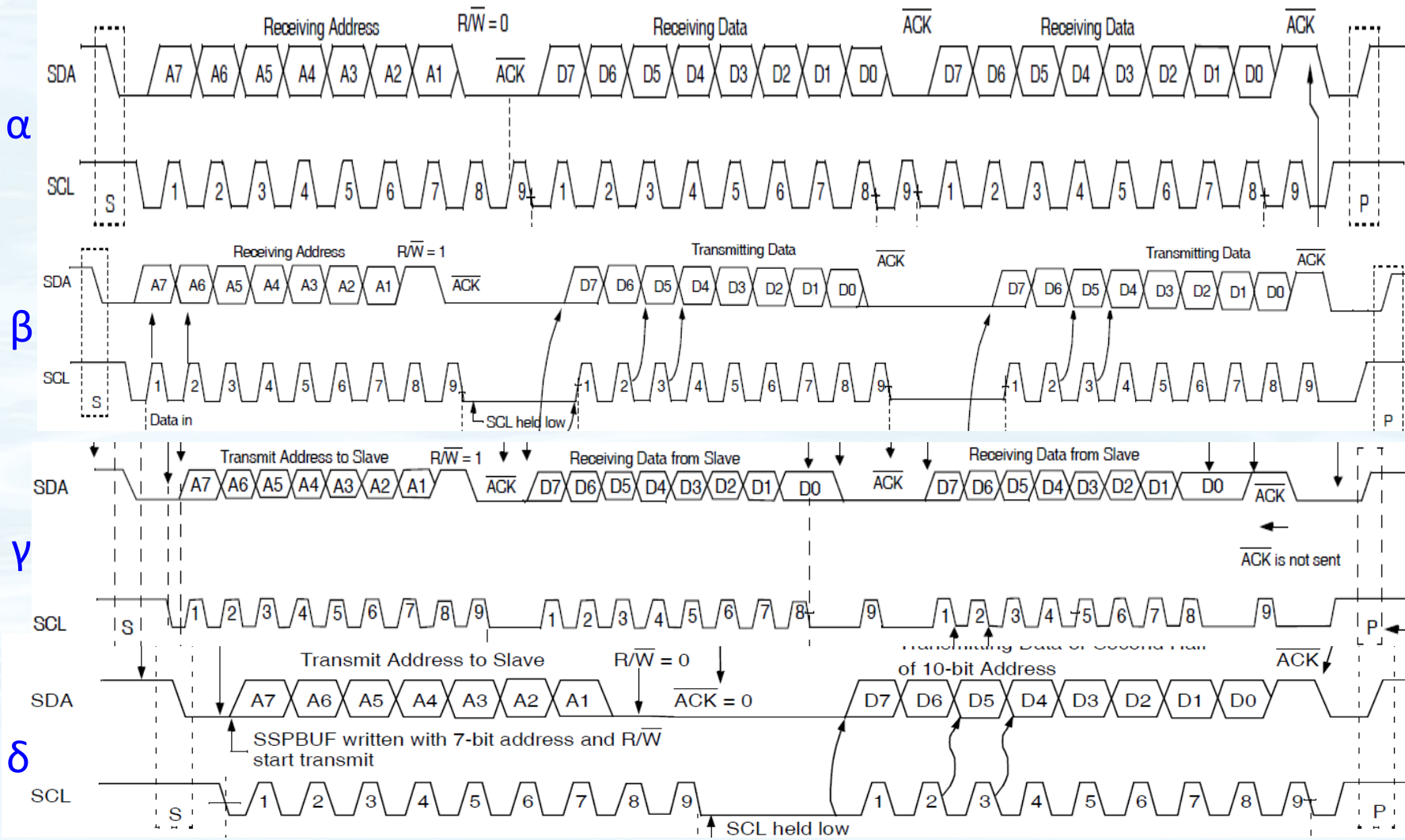
Το Repeated Start έχει μέγεθος 1 bit και καθορίζει την έναρξη μιας I²C επικοινωνίας. Ως Repeated start bit αναγνωρίζεται εκείνο το bit κατά το οποίο παρατηρείται κατερχόμενο μέτωπο στο σήμα SDA ενώ το SCL βρίσκεται σε λογικό '1'. Η διαφορά με το S bit είναι ότι με R bit αρχίζει μια νέα επικοινωνία χωρίς να έχει τερματιστεί με P bit η προηγούμενη. Τα δεδομένα στο SDA αλλάζουν πάντοτε κατά τη χρονική στιγμή που το SCL βρίσκεται στο λογικό '0'.

Μία τυπική επικοινωνία με I²C γίνεται με την εξής διαδικασία:

1. Start bit
2. Αποστολή ενός byte (7-bit διεύθυνση και το 8ο bit R/W)
3. Απελευθέρωση του SDA για acknowledgement (λογικό '0' από το δέκτη σημαίνει επιβεβαίωση)
4. Αποστολή byte δεδομένων
5. Απελευθέρωση του SDA για acknowledgement (λογικό '0' από το δέκτη σημαίνει επιβεβαίωση)
(Τα βήματα 3 και 4 επαναλαμβάνονται για όσες φορές χρειάζεται)
6. P bit

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ I²C

α. Slave reception, β. Slave transmission, γ. Master reception, δ. Master transmission



ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΤΟΥ PIC16F887

– USART : Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter

Η USART αποτελεί ένα σειριακό interface επικοινωνίας με το οποίο μπορούμε να έχουμε είτε σύγχρονη επικοινωνία ανάμεσα σε μία master συσκευή και σε μία slave ή ασύγχρονη επικοινωνία ανάμεσα σε δύο συσκευές. Οι καταχωρητές ειδικής χρήσης που χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση της USART είναι οι TXSTA, RCSTA, BAUDCTL, SPBRG, SPBRGH, TXREG και RCREG.

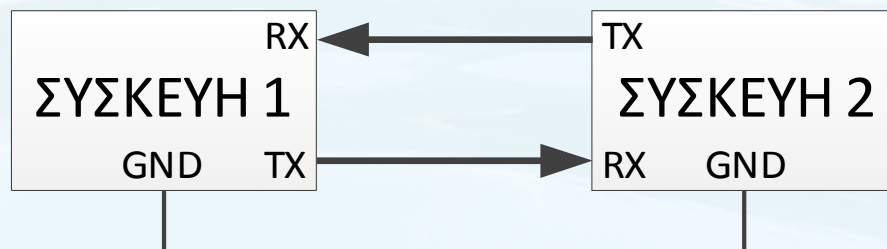
Σύγχρονη επικοινωνία:

Χρησιμοποιούνται δύο ακροδέκτες με τη συσκευή master να ελέγχει το ρολόι CK ενώ ο ακροδέκτης δεδομένων είναι ο ακροδέκτης DT.

Ασύγχρονη επικοινωνία:

Το συγκεκριμένο κύκλωμα χρησιμοποιείται κυρίως για ασύγχρονη επικοινωνία και συνήθως για επικοινωνία με τις UART των υπολογιστών με τη χρήση του interface RS232.

Τοπολογία:



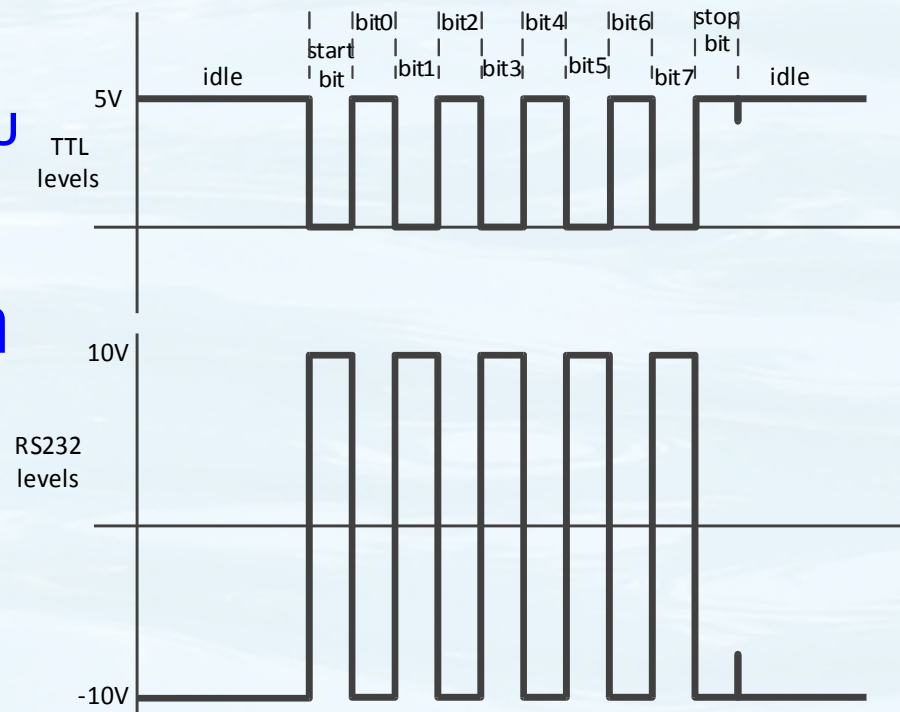
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΤΟΥ PIC16F887 – USART

Χρησιμοποιούνται 2 ακροδέκτες TX (transmit) και RX (receive).
Μία τυπική επικοινωνία με I²C γίνεται με την εξής διαδικασία:

1. Start bit (λογικό '0')
2. Αποστολή ενός byte στέλνοντας πρώτα το LSB
3. Αποστολή 1 ή 2 Stop bit (λογικό '1')

Στο διπλανό διάγραμμα παρουσιάζεται η αποστολή του byte h'55' (85).

Επίσης για τη διασύνδεση στη σειριακή θύρα του υπολογιστή απαιτείται μετατροπέας για τη μετατροπή των TTL λογικών σταθμών σε RS232 και το αντίστροφο όπως το MAX232.



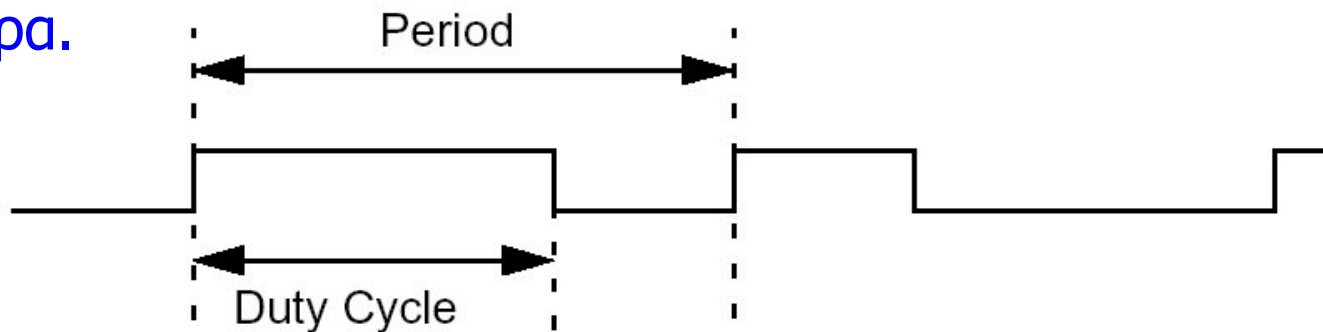
PWM (Pulse Width Modulation)

Διαμόρφωση εύρους παλμών

Μία PWM κυματομορφή στην πραγματικότητα αποτελεί μία περιοδική κυματομορφή η οποία έχει δύο τμήματα. Το τμήμα ON στο οποίο η κυματομορφή έχει την μέγιστη τιμή της και το τμήμα OFF στο οποίο έχει την τιμή μηδέν.

Το ON τμήμα ονομάζεται Duty Cycle και μετριέται είτε σε μονάδες χρόνου (ms, us κλπ) είτε σε ποσοστό (%) επί της περιόδου.

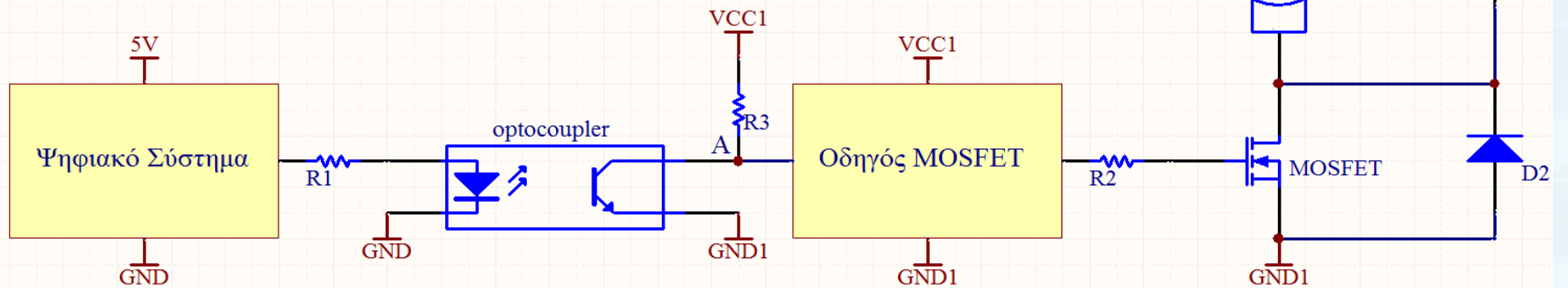
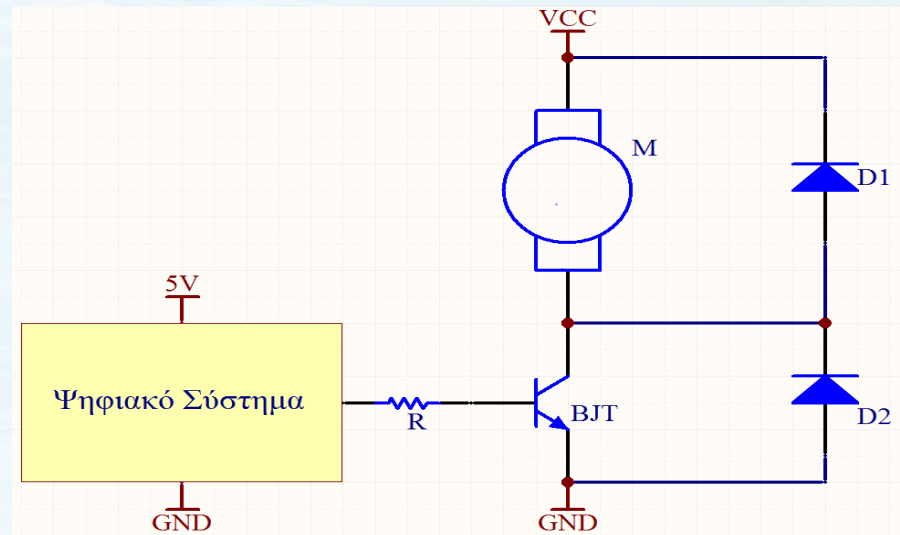
Εφαρμόζοντας μία PWM κυματομορφή στην τροφοδοσία ενός φορτίου επιτυγχάνουμε να ελέγξουμε την το ποσοστό της ισχύος που πέφτει πάνω στο φορτίο. Για την περίπτωση που το φορτίο είναι ένας κινητήρας αυτό συνεπάγεται έλεγχος στροφών του κινητήρα.



ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΤΟΥ PIC16F887 – PWM

CCP: Capture/Compare/PWM

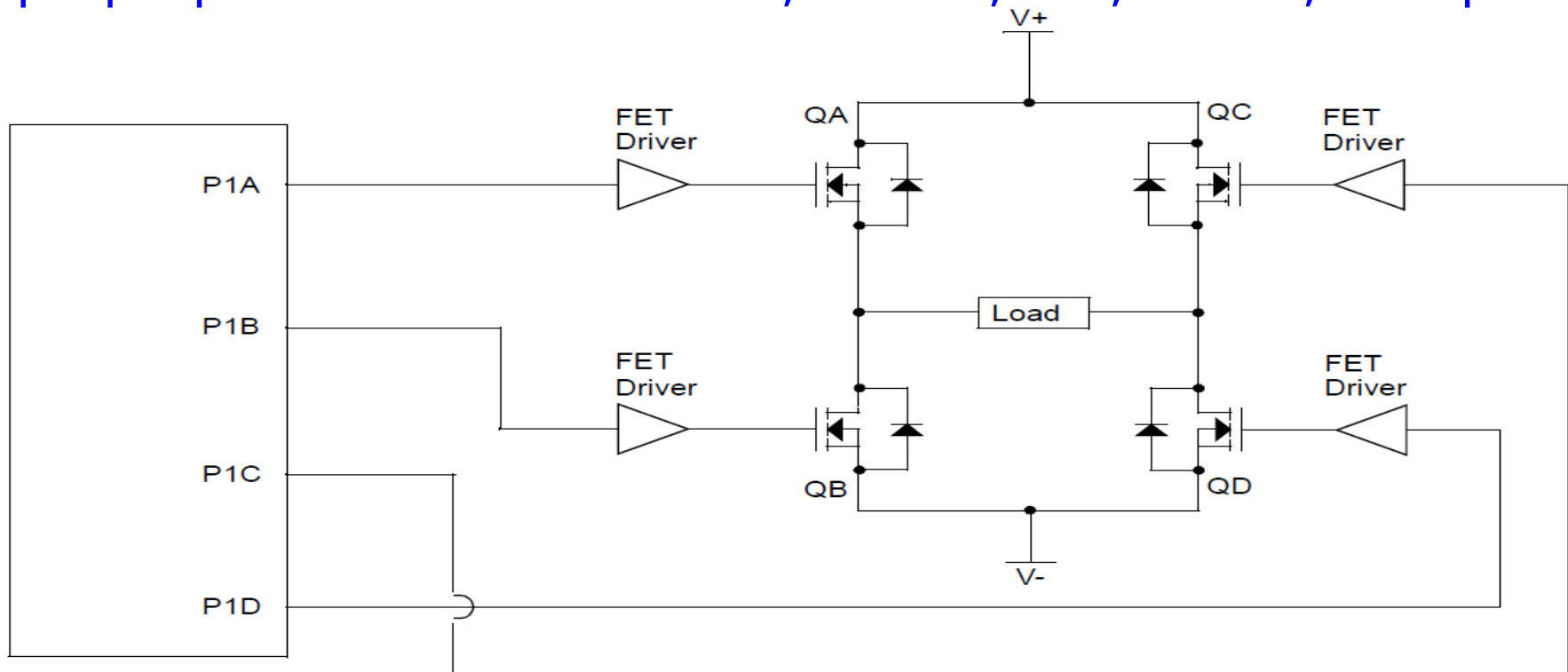
Όταν το CCP λειτουργεί σε PWM mode τότε παράγει μία PWM κυματομορφή σε κάποιον ακροδέκτη του μικροελεγκτή. Οι PWM κυματομορφές χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα στις τηλεπικοινωνίες αλλά και στην οδήγηση κινητήρων.



ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΤΟΥ PIC16F887 – CCP

CCP: Capture/Compare/PWM

Ο PIC16F887 διαθέτει ένα βελτιωμένο PWM module (ECCP – Enhanced CCP) με το οποίο υπάρχει η δυνατότητα να παλμοδοτηθούν MOSFET σε συνδεσμολογία ημιγέφυρας (half bridge) ή πλήρους γέφυρας (full bridge) όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Οι καταχωρητές που χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση του CCP είναι: CCPxCON, CCPRxL, PR2, T2CON, x=1 ή 2.



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ/CONFIGURATION BITS

Ο PIC16F887 προγραμματίζεται με τη χρήση των παρακάτω ακροδεκτών:

MCLR (Master Clear): Ακροδέκτης στον οποίο εφαρμόζονται οι "υψηλές" (12V) τάσεις προγραμματισμού.

RB7: Data

RB6: Clock

Ο προγραμματισμός επίσης περιλαμβάνει τη ρύθμιση των configuration bits. Αυτά είναι υπεύθυνα για την επιλογή του ταλαντωτή χρονισμού, για την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση κάποιων χρονιστών (WDT, Power up Timer), για την προστασία του κώδικα κλπ.

CONFIGURATION BITS

- α) **Oscillator**: Καθορισμός ταλαντωτή χρονισμού του μικροελεγκτή.
- **External RC Clockout**: Επιλογή ταλαντωτή χρονισμού βασισμένου σε εξωτερικό δίκτυο RC: Το ρολόι είναι διαθέσιμο εξωτερικά στον ακροδέκτη 14 του PIC16F887.
 - **External RC No Clockout**: Επιλογή ταλαντωτή χρονισμού βασισμένου σε εξωτερικό δίκτυο RC. Το ρολόι είναι δεν διαθέσιμο εξωτερικά του μικροελεγκτή.
 - **Internal RC Clockout**: Επιλογή ταλαντωτή χρονισμού βασισμένου στον εσωτερικό ταλαντωτή του μικροελεγκτή. Το ρολόι είναι διαθέσιμο εξωτερικά στον ακροδέκτη 14 του PIC16F887.
 - **Internal RC No Clockout**: Επιλογή ταλαντωτή χρονισμού βασισμένου στον εσωτερικό ταλαντωτή του μικροελεγκτή. Το ρολόι είναι δεν διαθέσιμο εξωτερικά στο μικροελεγκτή.
 - **EC**: Επιλογή ταλαντωτή χρονισμού από εξωτερικό ρολόι (External Clock)
 - **HS**: Επιλογή κρυσταλικού ταλαντωτή υψηλής ταχύτητας (High Speed) $\geq 8\text{MHz}$
 - **XT**: Επιλογή κρυσταλικού ταλαντωτή συχνότητας $< 8\text{MHz}$
 - **LP**: Επιλογή κεραμικού ταλαντωτή χαμηλής ισχύος (Low Power)
- β) **WatchDog Timer**: Ο WatchDog timer αποτελεί ένα κύκλωμα χρονισμού επιτήρησης. Σε κάθε υπερχειλίση προκαλεί RESET και χρησιμοποιείται για αποφυγή «κολλημάτων» του προγράμματος του μικροελεγκτή.
- On: Ενεργοποίηση
 - Off: Απενεργοποίηση
- γ) **Power Up Timer**: Ο Power Up Timer αποτελεί ένα κύκλωμα που διατηρεί σε RESET το μικροελεγκτή για μερικά msec κατά την εφαρμογή της τροφοδοσίας μέχρι να σταθεροποιηθεί.
- On: Ενεργοποίηση
 - Off: Απενεργοποίηση
- δ) **Master Clear Enable**: Καθορισμός του ακροδέκτη 1 του PIC16F887 (MCLR) ως Master Clear ή ως ψηφιακή είσοδος.
- RE3 is digital input: Ο ακροδέκτης 1 του PIC16F887 αποτελεί ψηφιακή είσοδο
 - Master Clear is external: Ο ακροδέκτης 1 του PIC16F887 αποτελεί το Master Clear.
- ε) **Code Protect**: Με το bit αυτό καθορίζεται αν θα υπάρχει προστασία της μνήμης προγράμματος από ανάγνωση.
- Off: Δεν υπάρχει προστασία από ανάγνωση
 - On: Υπάρχει προστασία από ανάγνωση
- στ) **Data EE Read Protect**: Με το bit αυτό καθορίζεται αν θα υπάρχει προστασία της μνήμης δεδομένων EEPROM από ανάγνωση.
- Off: Δεν υπάρχει προστασία από ανάγνωση
 - On: Υπάρχει προστασία από ανάγνωση

- ζ) **Brown Out Detect**: Με το χαρακτηριστικό Brown out Detect προκαλείται RESET στο μικροελεγκτή όταν η τροφοδοσία πέσει κάτω από κάποια τάση αναφοράς. Με την παραπάνω επιλογή καθορίζεται η ενεργοποίηση/απενεργοποίηση αυτού του χαρακτηριστικού του PIC16F887
- BOD and SBOREN disabled: Απενεργοποίηση
 - SBOREN controls BOR function: Το bit SBOREN του καταχωρητή PCON ελέγχει την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση
 - BOD enabled in run, disabled in sleep, SBOREN disabled: Εδώ το χαρακτηριστικό αυτό είναι ενεργοποιημένο κατά την κανονική λειτουργία και απενεργοποιημένο κατά τη λειτουργία χαμηλής κατανάλωσης ισχύος
 - BOD enabled, SBOREN disabled: Ενεργοποίηση
- η) **Internal External Switch Over Mode**: Με το bit αυτό ο ενεργοποιείται/απενεργοποιείται η αλλαγή του ταλαντωτή χρονισμού από τον εσωτερικό σε εξωτερικό και το αντίστροφο.
- Enabled: Ενεργοποίηση
 - Disabled: Απενεργοποίηση
- θ) **Monitor Clock fail-safe**: Με το bit αυτό ενεργοποιείται/απενεργοποιείται το χαρακτηριστικό του μικροελεγκτή να μπορεί να μεταβεί στον εσωτερικό ταλαντωτή χρονισμού σε περίπτωση αποτυχίας του εξωτερικού ταλαντωτή.
- Enabled: Ενεργοποίηση
 - Disabled: Απενεργοποίηση
- ι) **Low Voltage Program**: Με το bit αυτό ενεργοποιείται/απενεργοποιείται η δυνατότητα για προγραμματισμό εντός του κυκλώματος με χαμηλή τάση. Όταν είναι ενεργοποιημένη η δυνατότητα αυτή τότε ο ακροδέκτης RB3/PGMπαύει να είναι διαθέσιμος στον προγραμματιστή και χρησιμοποιείται μόνο για τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή.
- Enabled: Ενεργοποίηση
 - Disabled: Απενεργοποίηση
- ια) **Brown Out Reset Sel Bit**: Με το bit αυτό επιλέγεται η τάση αναφοράς για το Brown-out Reset.
- Brown out at 2.1V: Θα πραγματοποιηθεί RESET όταν η τάση γίνει 2.1V.
 - Brown out at 4.0V: Θα πραγματοποιηθεί RESET όταν η τάση γίνει 4.0V.
- ιβ) **Self Write Enable**: Με την επιλογή αυτή καθορίζουμε αν η μνήμη προγράμματος θα έχει προστασία εγγραφής από το firmware το μικροελεγκτή.
- 0000-0fff prot. Προστασία εγγραφής στις διευθύνσεις μνήμης από h'0000' έως h'0FFF'.
 - 0000-7fff prot. Προστασία εγγραφής στις διευθύνσεις μνήμης από h'0000' έως h'7FFF'.
 - 0000-00ff prot. Προστασία εγγραφής στις διευθύνσεις μνήμης από h'0000' έως h'00FF'.
 - No protection. Προστασία εγγραφής απενεργοποιημένη.

Καταχωρητής T2CON (Bank0)

bit 7

Δεν είναι υλοποιημένο

bit 6-3

TOUTPS<3:0>: Bit επιλογής κλίμακας επόμενης βαθμίδας μέτρησης (Postscaler)

0000 = 1:1 Postscaler

0001 = 1:2 Postscaler

0010 = 1:3 Postscaler

0011 = 1:4 Postscaler

0100 = 1:5 Postscaler

0101 = 1:6 Postscaler

0110 = 1:7 Postscaler

0111 = 1:8 Postscaler

1000 = 1:9 Postscaler

1001 = 1:10 Postscaler

1010 = 1:11 Postscaler

1011 = 1:12 Postscaler

1100 = 1:13 Postscaler

1101 = 1:14 Postscaler

1110 = 1:15 Postscaler

1111 = 1:16 Postscaler

bit 2

TMR2ON: Bit ενεργοποίησης Timer2

1 = Ενεργοποίηση Timer2

0 = Απενεργοποίηση Timer2

bit 1-0

T2CKPS<1:0>: Bit επιλογής κλίμακας προηγούμενης βαθμίδας μέτρησης (Prescaler)

00 = 1:1 Prescaler

01 = 1:4 Prescaler

1x = 1:16 Prescaler

Καταχωρητής CCP1CON (Bank0)

- bit 7-6 **P1M<1:0>**: Bit ρυθμίσεων της PWM εξόδου
Εάν CCP1M<3:2> = 00, 01, 10:
xx = Ο ακροδέκτης P1A ορίζεται ως είσοδος Capture/Compare. Οι ακροδέκτες P1B, P1C και P1D ορίζονται ως είσοδοι/έξοδοι των θυρών στις οποίες ανήκουν
Εάν CCP1M<3:2> = 11:
00 = Ο ακροδέκτης P1A ορίζεται ως απλή έξοδος PWM. Οι ακροδέκτες P1B, P1C και P1D ορίζονται ως είσοδοι/έξοδοι των θυρών στις οποίες ανήκουν
01 = Οδήγηση εμπρόσθιας κατεύθυνσης κινητήρα συνδεσμολογίας πλήρους γέφυρας. Έξοδος P1D διαμορφωμένη κατά εύρος. Έξοδος P1A ενεργός. Έξοδος P1B ανενεργός. Έξοδος P1C ανενεργός
10 = Οδήγηση κινητήρα συνδεσμολογίας μισής γέφυρας. Έξοδοι P1A και P1B διαμορφωμένοι κατά εύρος. Έξοδοι P1C και P1D ορίζονται ως είσοδοι/έξοδοι των θυρών στις οποίες ανήκουν
11 = Οδήγηση αντίστροφης κατεύθυνσης κινητήρα συνδεσμολογίας πλήρους γέφυρας. Έξοδος P1B διαμορφωμένη κατά εύρος. Έξοδος P1C ανενεργός. Έξοδος P1A ανενεργός. Έξοδος P1D ανενεργός
- bit 5-4 **DC1B<1:0>**: Τα λιγότερο σημαντικά bit του Duty Cycle της PWM κυματομορφής
Capture mode:
Δεν χρησιμοποιείται σε αυτό το mode λειτουργίας
Compare mode:
Δεν χρησιμοποιείται σε αυτό το mode λειτουργίας
PWM mode:
Τα δύο λιγότερο σημαντικά bits του Duty Cycle της PWM κυματομορφής
- bit 3-0 **CCP1M<3:0>**: Bit επιλογής mode λειτουργίας
0000 = Απενεργοποίηση μονάδας CCP
0001 = Δε χρησιμοποιείται (δεσμευμένη)
0010 = Compare mode, αντιστροφή εξόδου σε κάθε ταύτιση
0011 = Δε χρησιμοποιείται (δεσμευμένη)
0100 = Capture mode, σύλληψη σε κάθε κατερχόμενο μέτωπο
0101 = Capture mode, σύλληψη σε κάθε ανερχόμενο μέτωπο
0110 = Capture mode, σύλληψη σε κάθε 4ο ανερχόμενο μέτωπο
0111 = Capture mode, σύλληψη σε κάθε 16ο ανερχόμενο μέτωπο
1000 = Compare mode, έξοδος στο λογικό '1' σε κάθε ταύτιση
1001 = Compare mode, έξοδος στο λογικό '0' σε κάθε ταύτιση
1010 = Compare mode, έξοδος ανεπηρέαστη, σηματοδότηση διακοπής σε κάθε ταύτιση
1011 = Compare mode, σκανδαλισμός ειδικού συμβάντος προκαλώντας RESET στον Timer1 και κάνοντας εκκίνηση μιας A/D μετατροπής
1100 = PWM mode, για τα P1A, P1C η ενεργός κατάσταση περιγράφεται με υψηλό επίπεδο, για τα P1B, P1D η ενεργός κατάσταση περιγράφεται με υψηλό επίπεδο.
1101 = PWM mode, για τα P1A, P1C η ενεργός κατάσταση περιγράφεται με υψηλό επίπεδο, για τα P1B, P1D η ενεργός κατάσταση περιγράφεται με χαμηλό επίπεδο.
1110 = PWM mode, για τα P1A, P1C η ενεργός κατάσταση περιγράφεται με χαμηλό επίπεδο, για τα P1B, P1D η ενεργός κατάσταση περιγράφεται με υψηλό επίπεδο.
1111 = PWM mode, για τα P1A, P1C η ενεργός κατάσταση περιγράφεται με χαμηλό επίπεδο, για τα P1B, P1D η ενεργός κατάσταση περιγράφεται με χαμηλό επίπεδο.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΡΗΣΗΣ PWM

```
include <p16f887.inc>
org h'0000'
bsf STATUS,RP0      ; Bank1
bcf TRISC,2         ; Το RC2 καθορίζεται ως έξοδος
movlw d'20'
movwf PR2           ; Φόρτιση στον PR2 το 20
bcf STATUS,RP0      ; Bank0
bsf T2CON,TMR2ON    ; Ενεργοποίηση Timer2
movlw d'10'
movwf CCPR1L        ; Καθορισμός του Duty Cycle στο RC2
movlw b'00001100'
movwf CCP1CON       ; Ρύθμιση CCP1 για PWM
goto $
end
```

ΕΞΟΔΟΣ ΛΟΓΙΚΟΥ ΑΝΑΛΥΤΗ

