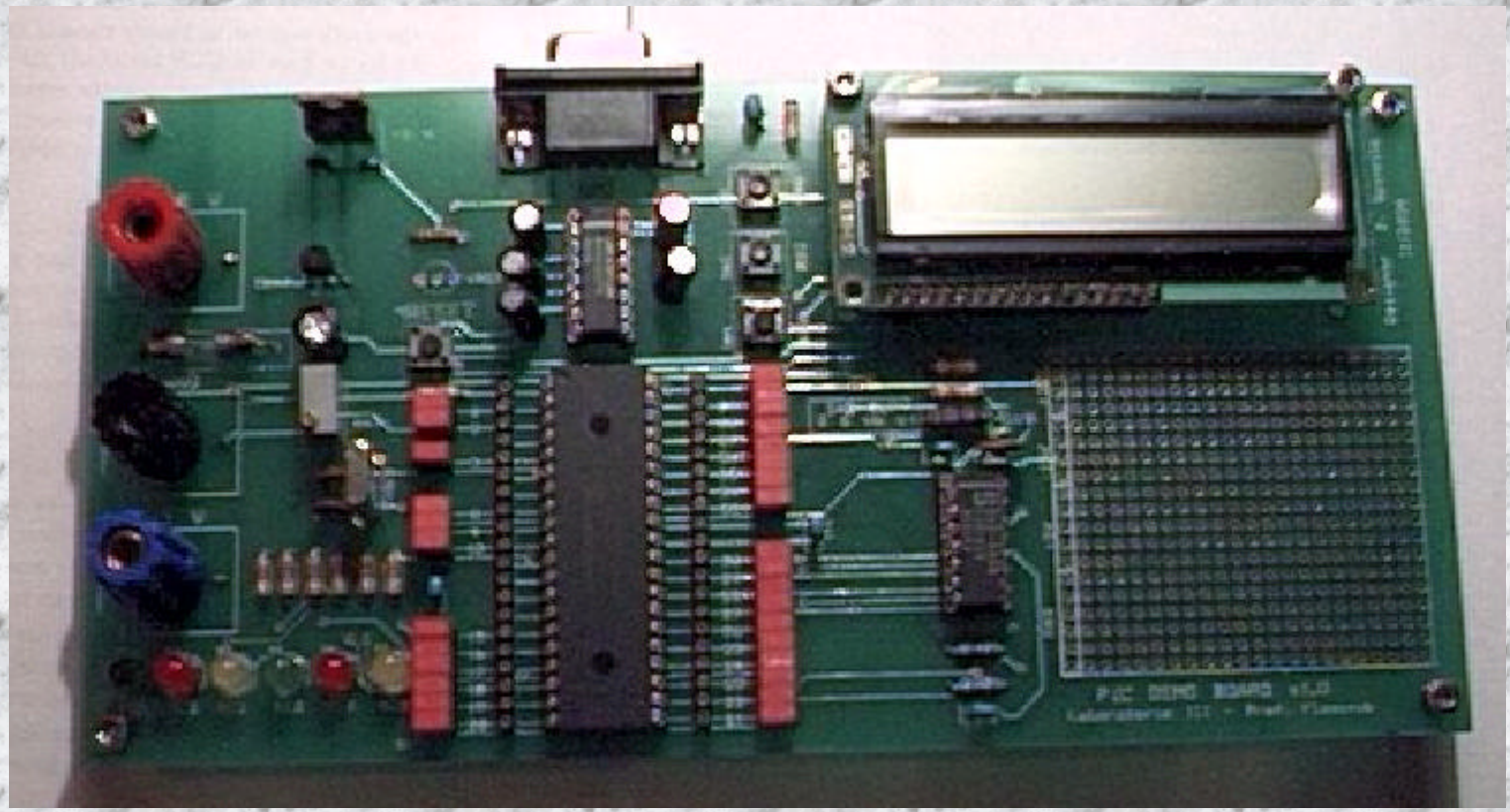
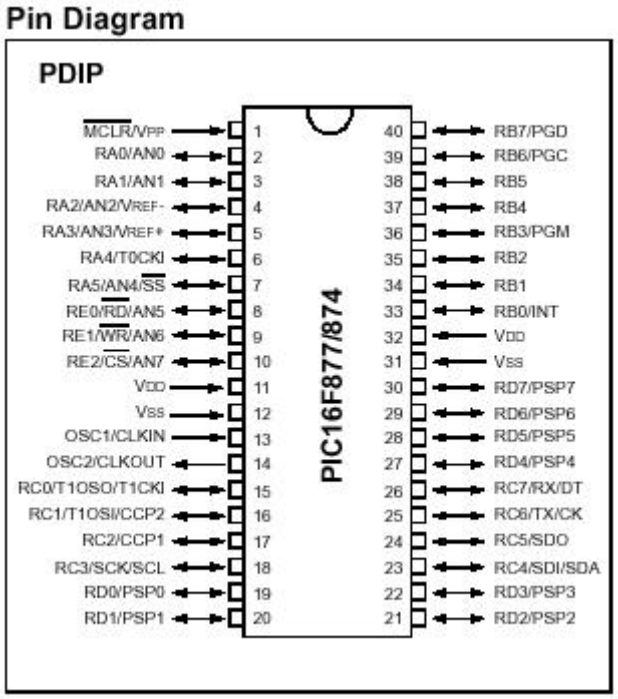
CORSO INTRODUTTIVO ALLA PROGRAMMAZIONE DEI MICROPROCESSORI (PIC16F877)



Microprocessore che utilizzeremo: Microchip PIC 16F877
Frequenza di clock : 4 MHz
Piu’ corretto: microcontrollore

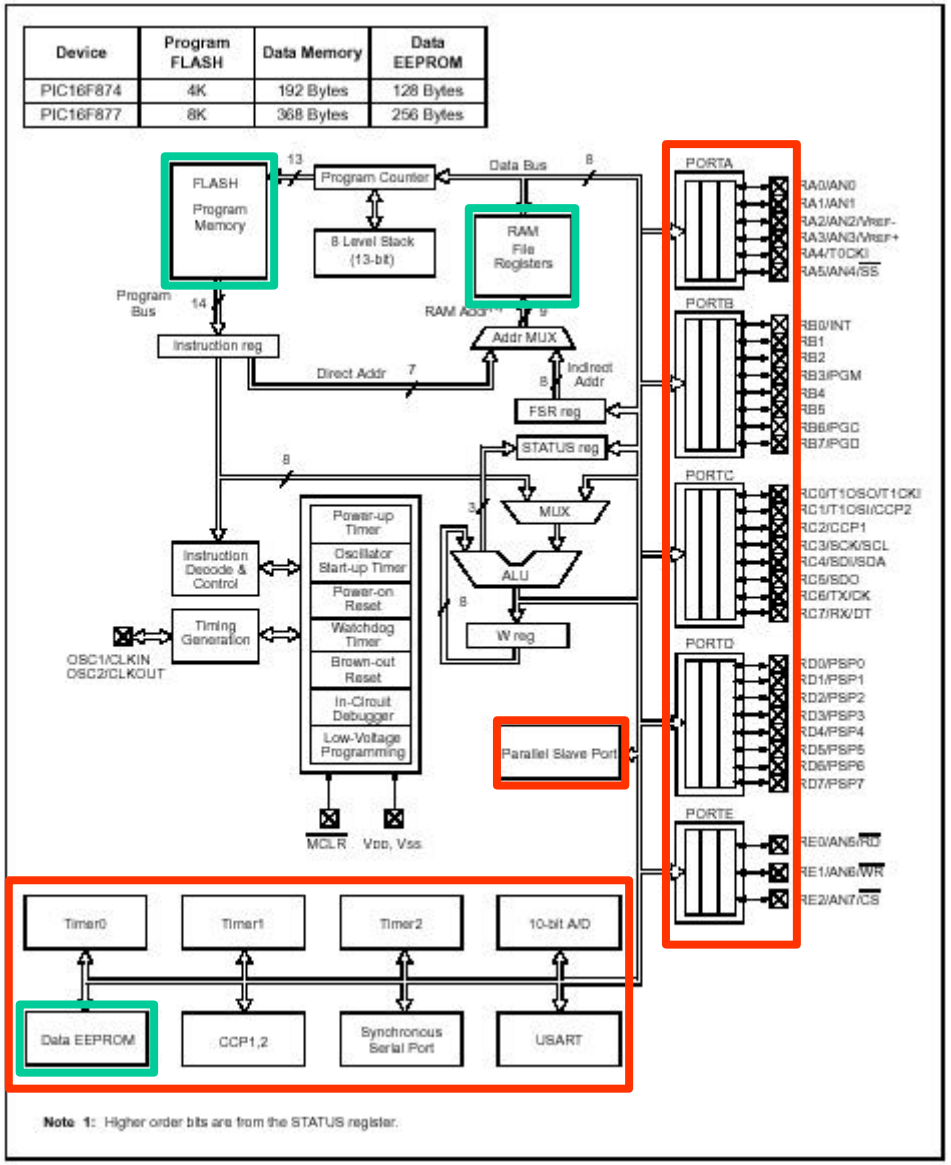


Cosa e’ un microcontrollore ?

- Un piccolo computer, contenente al suo interno tutti i circuiti necessari al suo funzionamento, senza necessita’ di circuiti integrati esterni.
-Il microprocessore vero e proprio (core) e’ il cuore del sistema e si occupa di eseguire le operazioni matematiche (ALU) , di spostare i dati fra le varie parti della memoria, di incrementare i numerosi contatori necessari al funzionamento.
- Tutti i dispositivi, interni, controllati dal microprocessore prendono il nome di **periferiche**

Architettura PIC 16F877

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F874	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F877	8K	368 Bytes	256 Bytes



Memorie interne al 16F877

-Il “ programma’’ da eseguire e` contenuto dentro uno speciale tipo di memoria ROM, chiamato FLASH. Questa ha la caratteristica di mantenere i dati anche quando l’alimentazione al micro viene spenta, e di poter essere cancellata e riscritta con uno speciale apparecchio chiamato programmatore. Altri tipi di microprocessore hanno invece una memoria programma di tipo PROM: questa puo’ essere scritta soltanto una volta.

-L’EEPROM programma del 16F877 e’ profonda 8Kbytes (8192 parole) x 14 bit => il programma da eseguire al piu’ puo’ essere composto da una sequenza di 8192 operazioni

- Il programma, in esecuzione, non puo` scrivere sulla FLASH programmi ( ~ vero …) => e` necessaria un’area di memoria scrivibile in esecuzione (RAM), per contenere le variabili. Il contenuto di questa viene perso quando si spegne il circuito

- Esiste poi una FLASH dati ….

Ricapitolando:

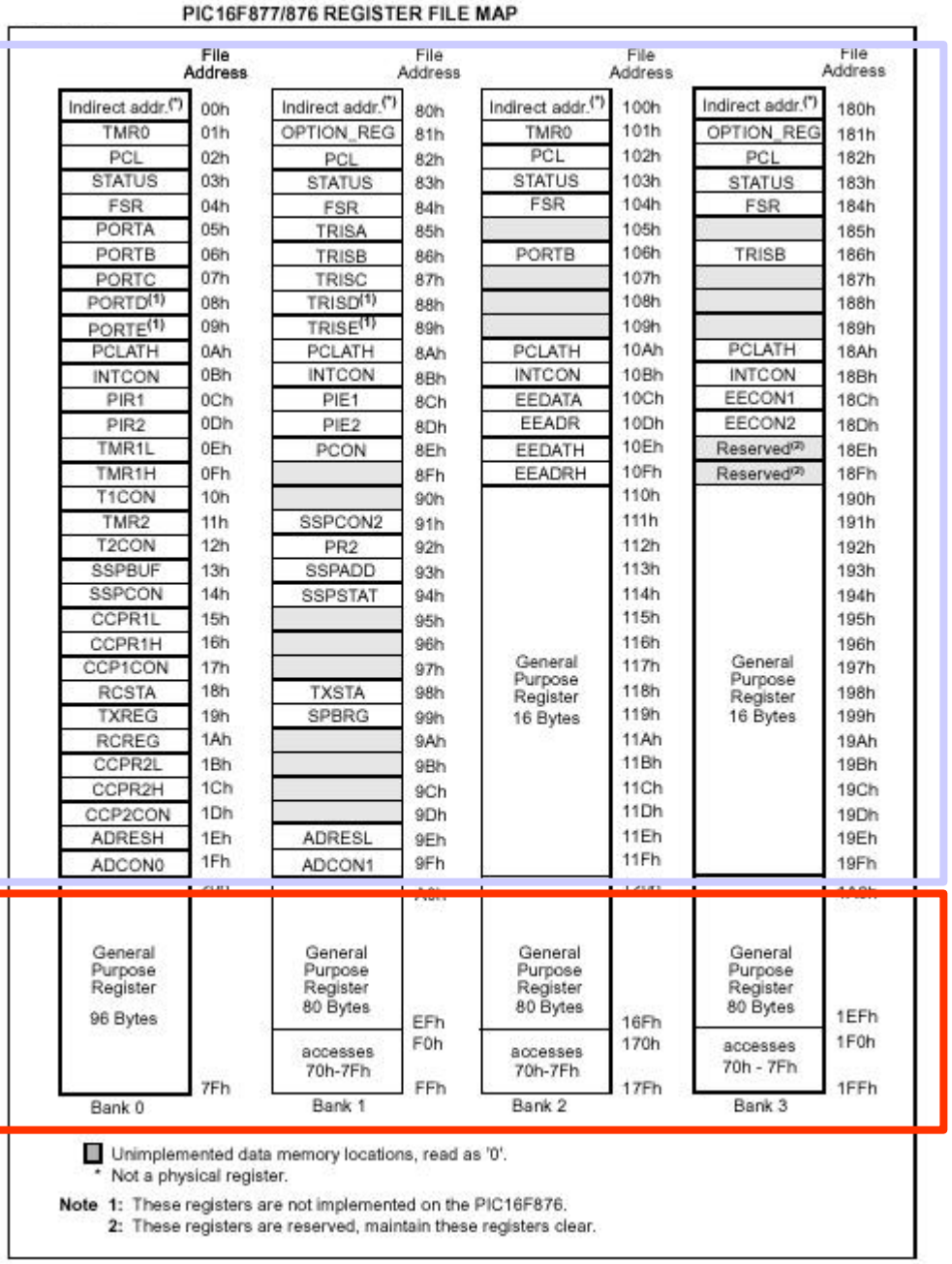
1) FLASH programmi: 8192 parole
2) RAM per le variabili: 368 bytes
3) FLASH dati: 256 bytes (e` in pratica un piccolo hard disk, noi non la useremo)

- Le singole locazioni della RAM vengono chiamate registri.
I registri della RAM possono essere di due tipi :

1) General Purpose: uso generale, tipo per contenere le variabili del nostro programma
2) Special Function: scrivendo in queste locazioni si istruisce il micro ad eseguire determinate operazioni. Per esempio se scrivo il dato 0x4 nel registro 0x1F (mnemonica ADCON0) => l'ADC interno al microprocessore comincia la conversione

Mnemonica Registri di uso speciale

Registri di uso generale



Istruzioni macchina utilizzare dal 16F877 (RISC)

Mnemonic, Operands		Description	Cycles	14-Bit Opcode MSb LSb	Status Affected	Notes
BYTE-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS						
ADDWF	f, d	Add W and f	1	00 0111 dfff ffff	C,DC,Z	1,2
ANDWF	f, d	AND W with f	1	00 0101 dfff ffff	Z	1,2
CLRF	f	Clear f	1	00 0001 1fff ffff	Z	2
CLRW	-	Clear W	1	00 0001 0xxx xxxx	Z	
COMF	f, d	Complement f	1	00 1001 dfff ffff	Z	1,2
DECF	f, d	Decrement f	1	00 0011 dfff ffff	Z	1,2
DECFSZ	f, d	Decrement f, Skip if 0	1(2)	00 1011 dfff ffff		1,2,3
INCF	f, d	Increment f	1	00 1010 dfff ffff	Z	1,2
INCFSZ	f, d	Increment f, Skip if 0	1(2)	00 1111 dfff ffff		1,2,3
IORWF	f, d	Inclusive OR W with f	1	00 0100 dfff ffff	Z	1,2
MOVF	f, d	Move f	1	00 1000 dfff ffff	Z	1,2
MOVWF	f	Move W to f	1	00 0000 1fff ffff		
NOP	-	No Operation	1	00 0000 0xx0 0000		
RLF	f, d	Rotate Left f through Carry	1	00 1101 dfff ffff	C	1,2
RRF	f, d	Rotate Right f through Carry	1	00 1100 dfff ffff	C	1,2
SUBWF	f, d	Subtract W from f	1	00 0010 dfff ffff	C,DC,Z	1,2
SWAPF	f, d	Swap nibbles in f	1	00 1110 dfff ffff		1,2
XORWF	f, d	Exclusive OR W with f	1	00 0110 dfff ffff	Z	1,2
BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS						
BCF	f, b	Bit Clear f	1	01 00bb bfff ffff		1,2
BSF	f, b	Bit Set f	1	01 01bb bfff ffff		1,2
BTFSC	f, b	Bit Test f, Skip if Clear	1 (2)	01 10bb bfff ffff		3
BTFSS	f, b	Bit Test f, Skip if Set	1 (2)	01 11bb bfff ffff		3
LITERAL AND CONTROL OPERATIONS						
ADDLW	k	Add literal and W	1	11 111x kkkk kkkk	C,DC,Z	
ANDLW	k	AND literal with W	1	11 1001 kkkk kkkk	Z	
CALL	k	Call subroutine	2	10 0kkk kkkk kkkk		
CLRWDT	-	Clear Watchdog Timer	1	00 0000 0110 0100	$\overline{TO}$,$\overline{PD}$	
GOTO	k	Go to address	2	10 1kkk kkkk kkkk		
IORLW	k	Inclusive OR literal with W	1	11 1000 kkkk kkkk	Z	
MOVLW	k	Move literal to W	1	11 00xx kkkk kkkk		
RETFIE	-	Return from interrupt	2	00 0000 0000 1001		
RETLW	k	Return with literal in W	2	11 01xx kkkk kkkk		
RETURN	-	Return from Subroutine	2	00 0000 0000 1000		
SLEEP	-	Go into standby mode	1	00 0000 0110 0011	$\overline{TO}$,$\overline{PD}$	
SUBLW	k	Subtract W from literal	1	11 110x kkkk kkkk	C,DC,Z	
XORLW	k	Exclusive OR literal with W	1	11 1010 kkkk kkkk	Z	

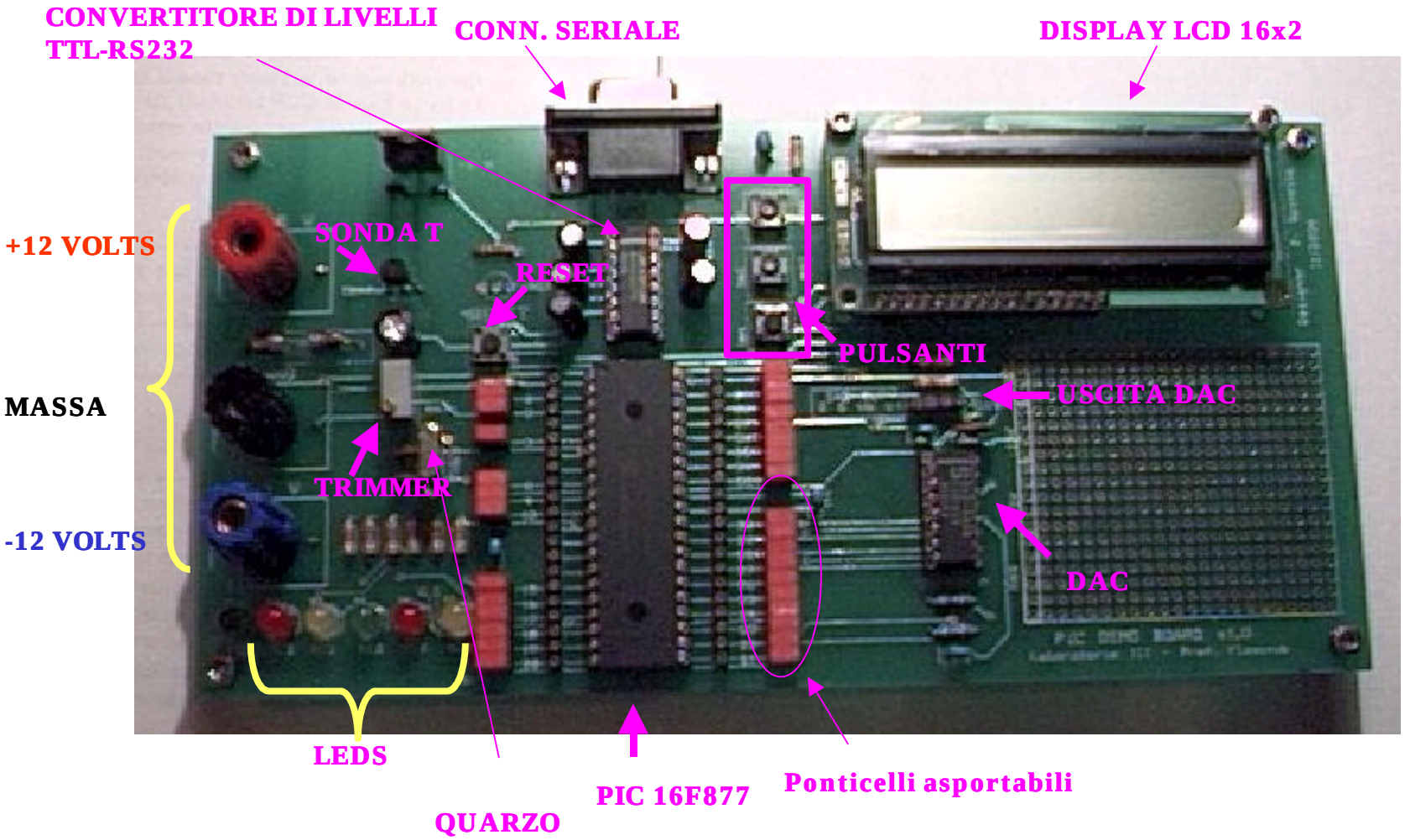
Utilizzeremo il linguaggio C => non serve conoscerle

Elenco delle periferiche (solo quelle che utilizzeremo)

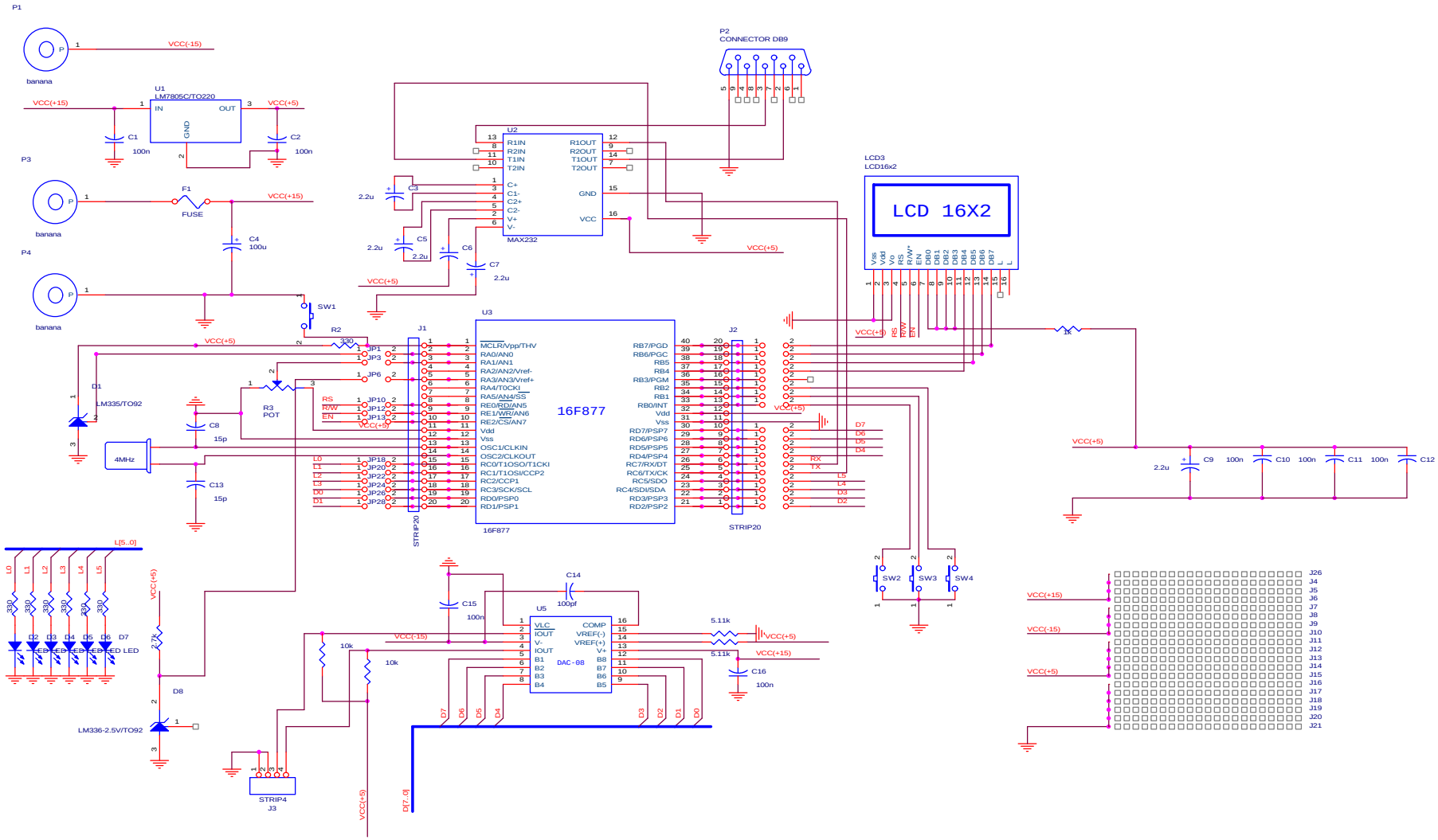
- Porte di I/O : 33 pin . Possono essere configurati come ingressi oppure uscite TTL oppure come ingressi analogici;
- USART: porta seriale, per programmare il PIC e per colloquiare col PC;
- ADC: 10 bit ADC, 9 ingressi multiplexati. Freq: ~ 30 Khz;
- Interrupt generator: generatore di interrupts.

Il 16F877 contiene anche molte altre periferiche (PWM, CCP, FLASH dati, parallel port) che non utilizzeremo

Basetta di test PICDEMO



Schema elettrico



Utilizzo delle porte

Prendete lo schema elettrico e controllate come sono connessi i bin delle varie porte :

ad esempio porta B : pin 0, 1, 2 → pulsanti;

porta B : pin 4 –7 → LCD;

porta C : pin 0 – 5 → LEDs;

porta C : pin 6, 7 → porta seriale IN e OUT;

porta D : pin 0 – 7 → DAC;

porta E : pin 0 – 2 → LCD.

Individuate sulla basetta i vari collegamenti.

Riassumendo: periferiche esterne presenti sulla demo board:

- Display LCD 16 caratteri per 2 righe, HD44780
- Convertitore di livello TTL-RS232
- Digital to analog converter DAC-08
- 6 LEDs
- 3 pulsanti + pulsante di reset
- Potenziometro da 20Kohm o 100 ohm a seconda delle schede
- Sonda di temperatura LM35

La documentazione completa di ogni chip in formato pdf e lo schema elettrico in formato jpg sono nella pagina web del corso

Esempio di utilizzo della PICDEMO

Sul PIC della picdemo board e` precaricato un programma che esegue il test di tutte le periferiche esterne presenti sulla schedina.

- Per provare:

1. Accendere l'alimentatore: e' richiesta una alimentazione duale di +12 e – 12 volts (attenzione che se una delle due manca il DAC si puo' rompere);
2. collegare il cavo seriale dalla PICDEMO al PC;
3. far partire l'emulatore di terminale cliccando due volte sull'icona con la lampadina che si trova all'interno del folder pic sul desktop;
4. premete "?" e return sulla tastiera, il PIC risponde con :

```
F1 ==> LED test
F2 ==> ADC test
F3 ==> DAC test
F4 ==> SWT test
```

NOTA BENE : F1 e` davvero F e poi 1 non il tasto F1 ....

5) Date da tastiera i comandi al PIC F1 … F4

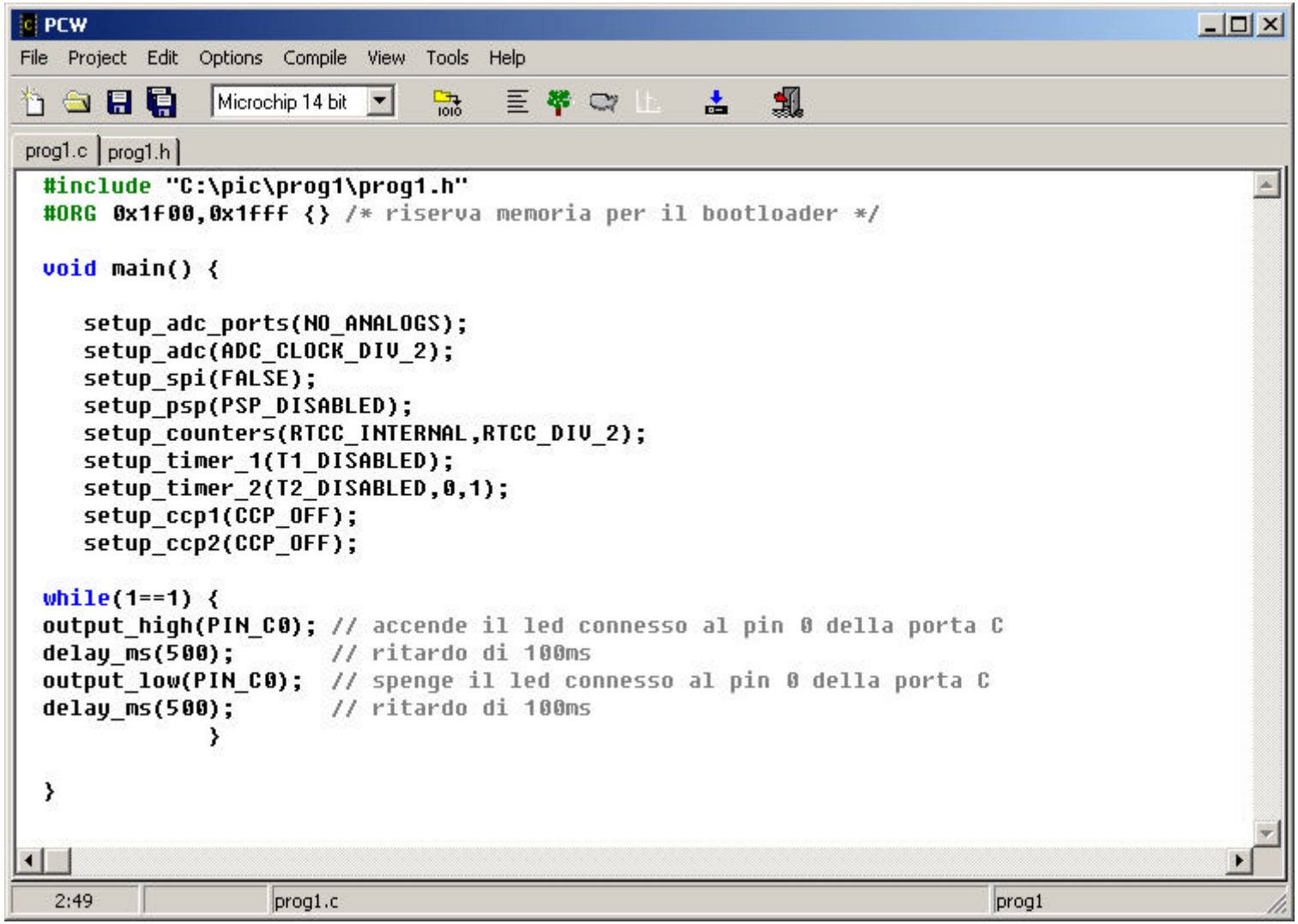
F1 : accende i 6 LEDS in cascata
F2 : test di due canali dell'ADC -> canale 0 temperatura in Celsius
-> canale 1 tensione in millivolt sul piedino centrale del trimmer
provate a scaldare il sensore di temperatura con le dita o a ruotare il potenziometro
F3 : test del DAC esterno -> si genera una rampa di circa 300 Hz di frequenza (guardarla con l'oscill.)
L'uscita del DAC e' indicata con DAC out sulla scheda di test
F4: test dei pulsanti -> premendo i pulsanti si accendono LEDS e si scrive sull'LCD

avete individuato qualche comportamento errato del programma ?

Esempio di flusso completo da un programma C fino alla programmazione del PIC

1) Fate partire il compilatore CCS (icona PIC C compiler) sempre nel folder pic sul desktop;
1) Caricate il progetto:
   project => open => c:\pic\prog1\prog1.pjt
2) Il file di progetto contiene i nomi di tutti i files che dovranno essere compilati (nel nostro caso un file .C e uno .H)
1) Compilate il progetto:
   compile
   Il risultato della compilazione e' un file binario che deve essere caricato sul PIC 16F877 (prog1.hex)

Finestra del compilatore



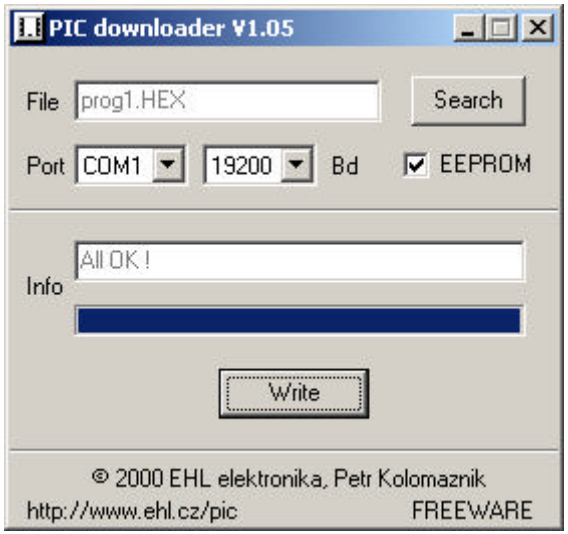
Flusso per la programmazione

Per programmare il PIC:

- Far partire il programma per programmare (bootloader)
  => Dalla cartella pic sul desktop doppio click su PIC downloader
  Controllare che Port sia su Com1 e che la velocita' di comunicazione sia 19200 Bd
- Selezionare il file .hex da caricare sul PIC
  Tasto search e poi c:\pic\prog1\prog1.hex
- Per cominciare la programmazione:
  a) Premere il tasto Mreset sulla Picdemo board
  b) Entro 1/2 secondo premere il tasto write sulla finestra del downloader

Alla fine della programmazione, dopo ½ secondo, il PIC comincia ad eseguire il programma (LED lampeggiante)

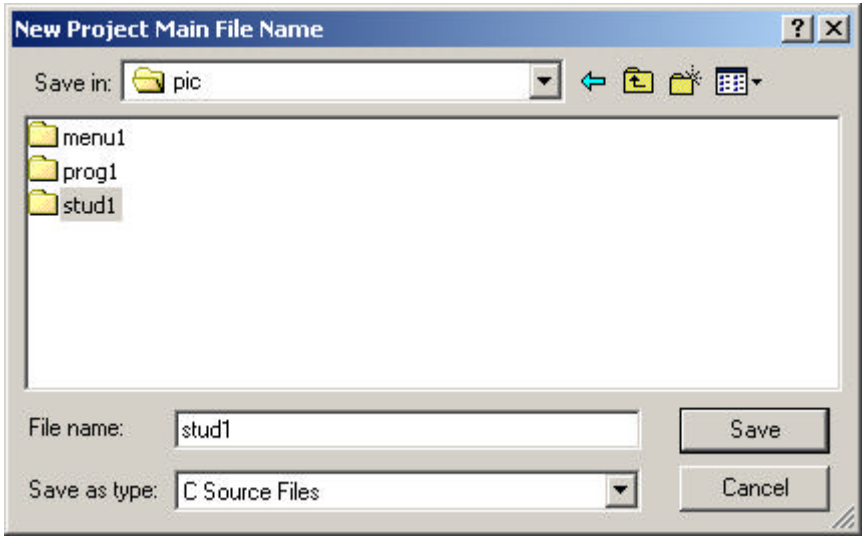
Finestra del PIC downloader



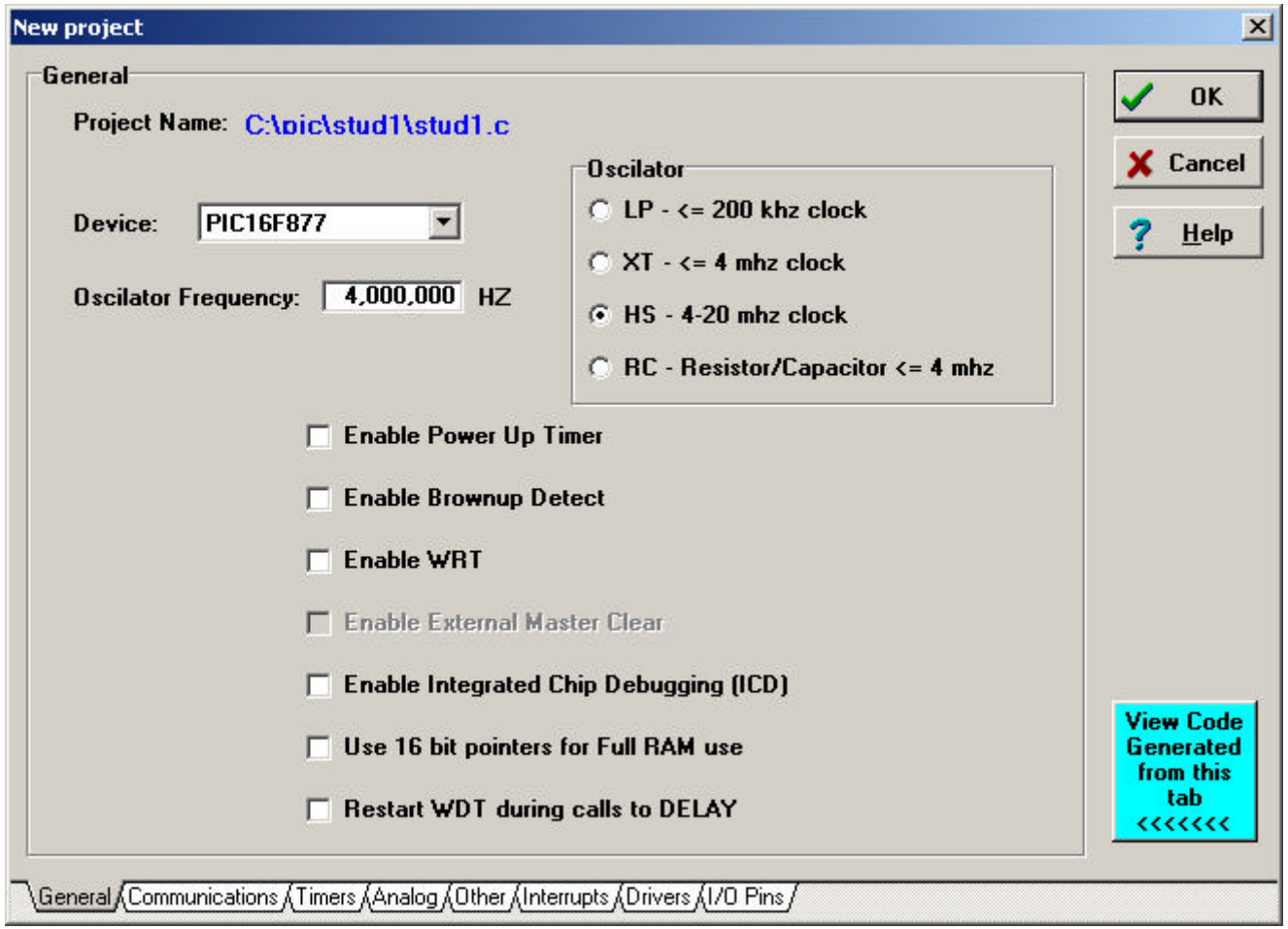
Attenzione : dovete scollegare dalla porta seriale l'emulatore di terminale per poter caricare il programma che utilizza la stessa porta seriale.

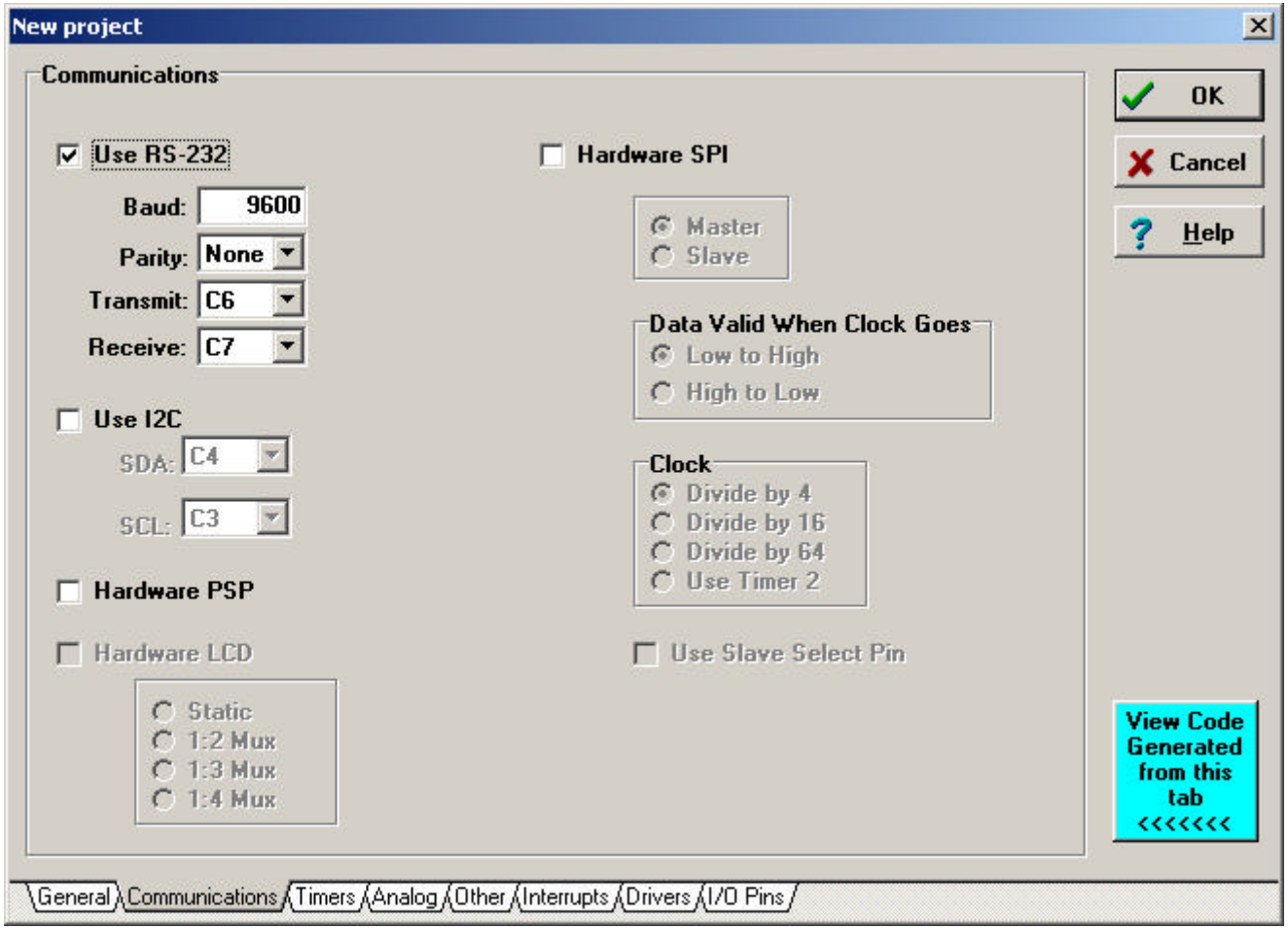
Esempio di definizione di un progetto

1) aprire il compilatore C
2) project => new => pic wizard
3) definite una opportuna directory che conterra` i files del progetto (createla eventualmente col tasto destro del mouse) es stud1
4) file name stud1



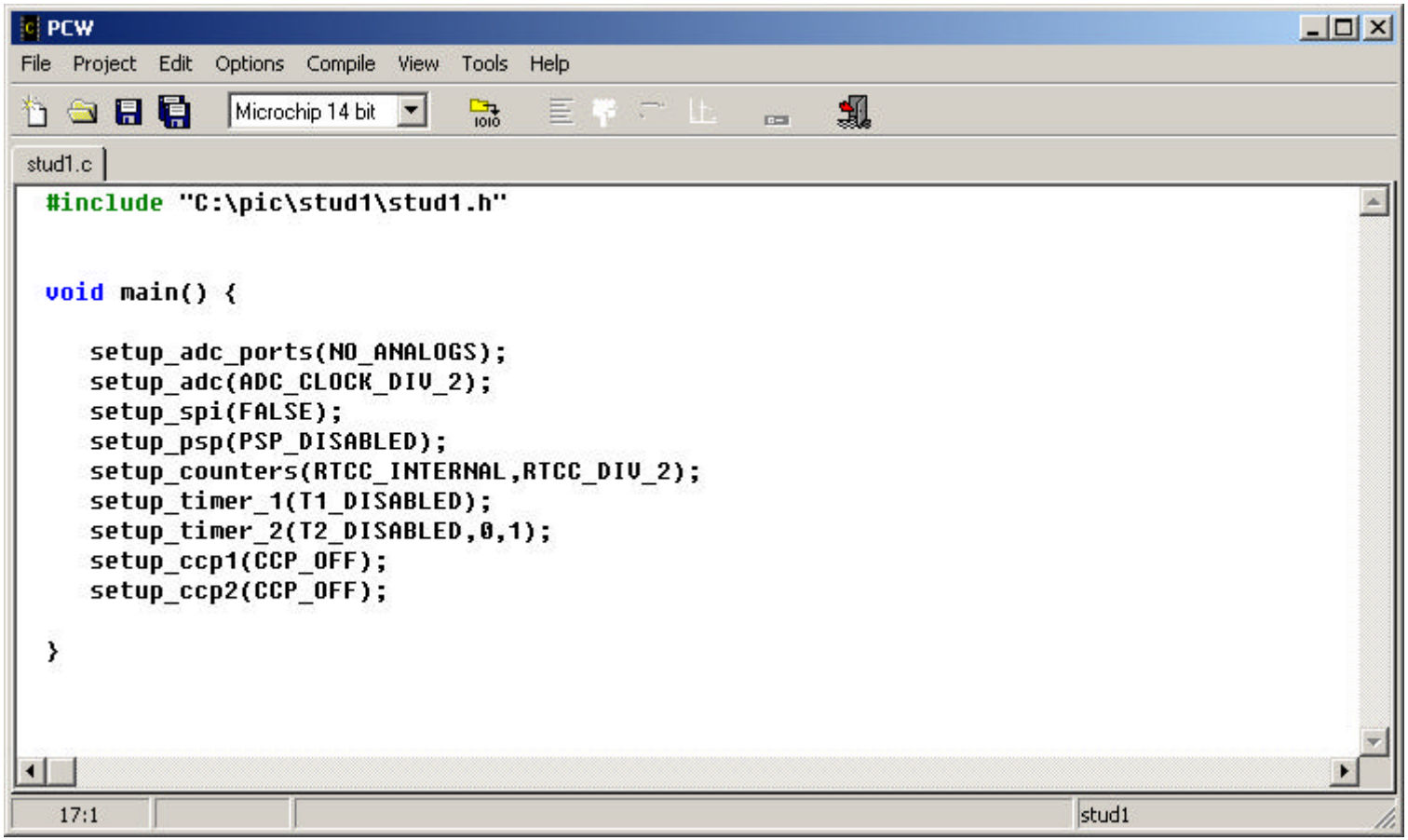
5) definite i parametri del progetto:





in questo progetto non e` necessario cambiare altri parametri ...
=> premere OK

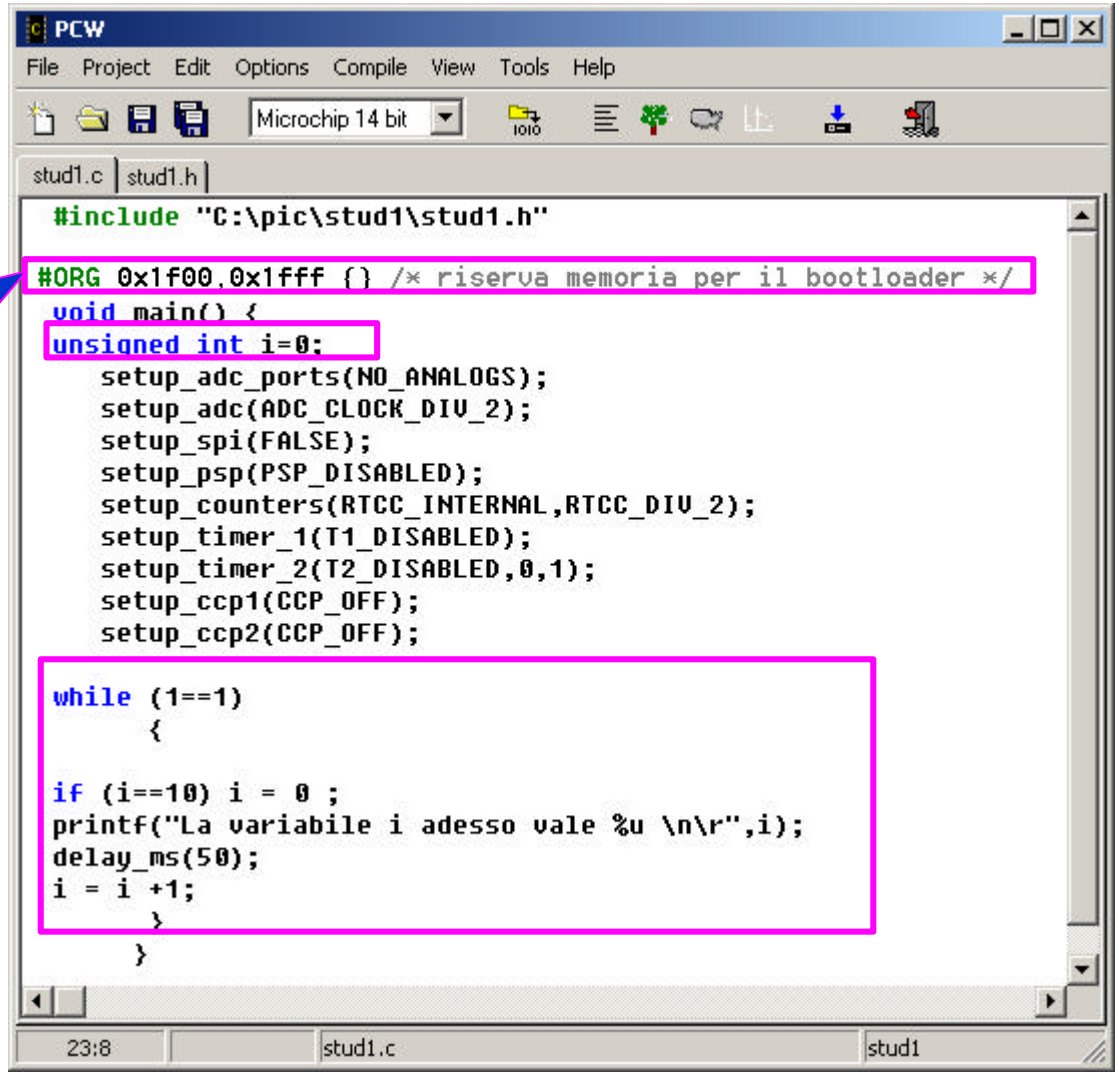
il compilatore si presenta cosi` :



queste righe sono generate automaticamente (setup periferiche).

aggiungiamo adesso il codice del nostro programma :
vogliamo scrivere su un emulatore di terminale una stringa.

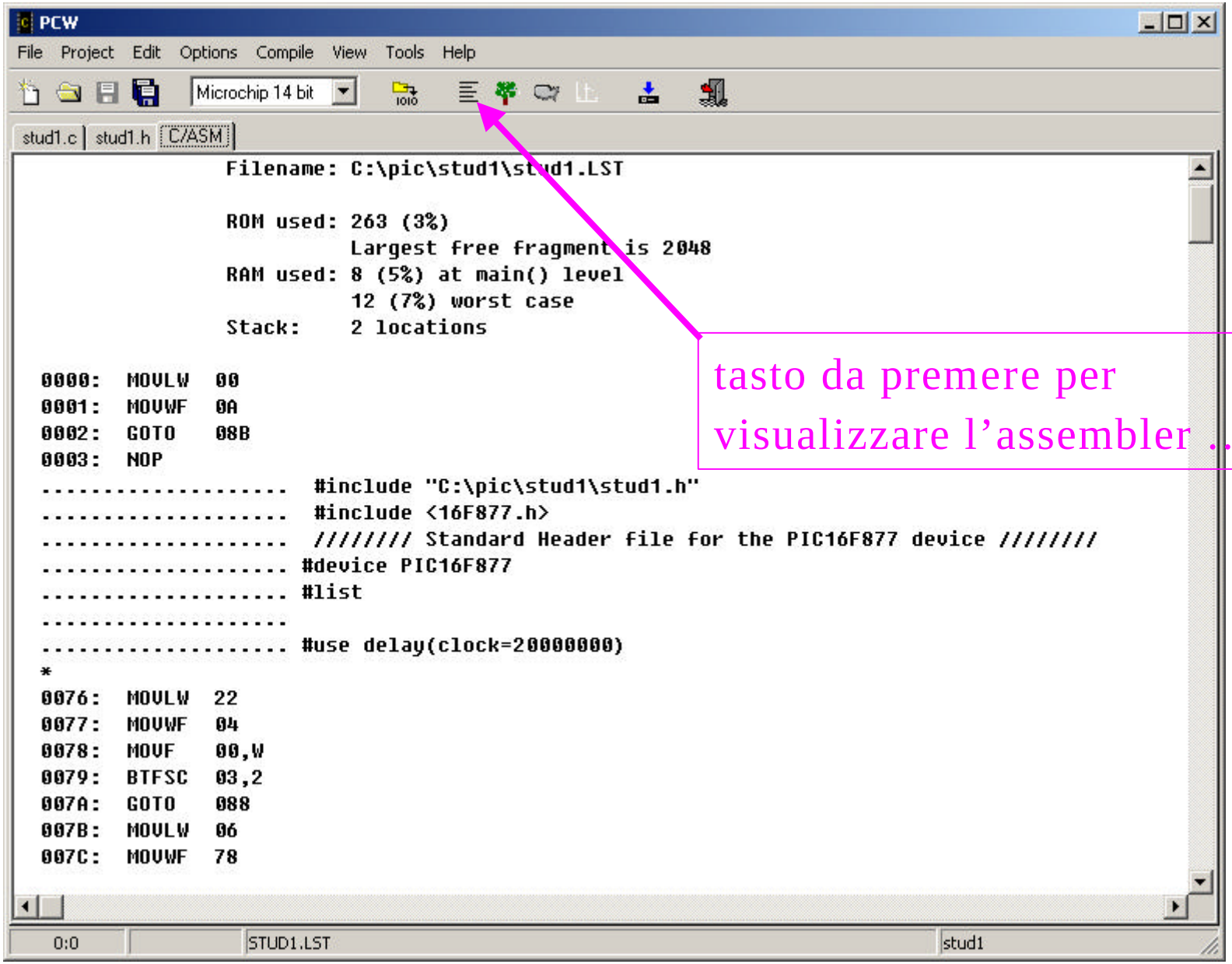
Attenzione:
Questa riga
riserva memoria
Per il bootloader:
metterla sempre



Compilate e caricate sul PIC il programa stud1.hex ottenuto.
Il programma scrive dalla porta seriale del PIC alla porta seriale del PC. Per osservare il flusso di dati sulla porta seriale, utilizziamo un programma che si chiama emulatore di terminale, e che potete far partire con l'icona a forma di lampadina sul desktop.
Se le scritte non si vedono, puo' darsi che il PIC debba essere resettato.
L'emulatore di terminale e` connesso alla porta seriale com1, e le proprieta' di comunicazione sono definite come 9600/8/1 xon-xoff

Provate a vedere la conversione in assembler di questo semplice listato C ….

sono 10 pagine circa ….


PCW
File Project Edit Options Compile View Tools Help
Microchip 14 bit
stud1.c stud1.h C/ASM
Filename: C:\pic\stud1\stud1.LST
ROM used: 263 (3%)
Largest free fragment is 2048
RAM used: 8 (5%) at main() level
12 (7%) worst case
Stack: 2 locations
0000: MOVLW 00
0001: MOVWF 0A
0002: GOTO 08B
0003: NOP
..... #include "C:\pic\stud1\stud1.h"
..... #include <16F877.h>
..... //////// Standard Header file for the PIC16F877 device ////////
..... #device PIC16F877
..... #list
.....
..... #use delay(clock=20000000)
*
0076: MOVLW 22
0077: MOVWF 04
0078: MOVF 00,W
0079: BTFSC 03,2
007A: GOTO 088
007B: MOVLW 06
007C: MOVWF 78
0:0
STUD1.LST
stud1
tasto da premere per visualizzare l'assembler ...

Analisi del codice

```
#include "C:\pic\stud1\stud1.h"


void main() {
unsigned int i=0;
   setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
   setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2);
   setup_spi(FALSE);
   setup_psp(PSP_DISABLED);
   setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_2);
   setup_timer_1(T1_DISABLED);
   setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
   setup_ccp1(CCP_OFF);
   setup_ccp2(CCP_OFF);

while (1==1)
      {

if (i==10) i = 0 ;
printf("La variabile i adesso vale %u \n\r",i);
delay_ms(50);
i = i +1;
      }
     }
```

Esercizio:

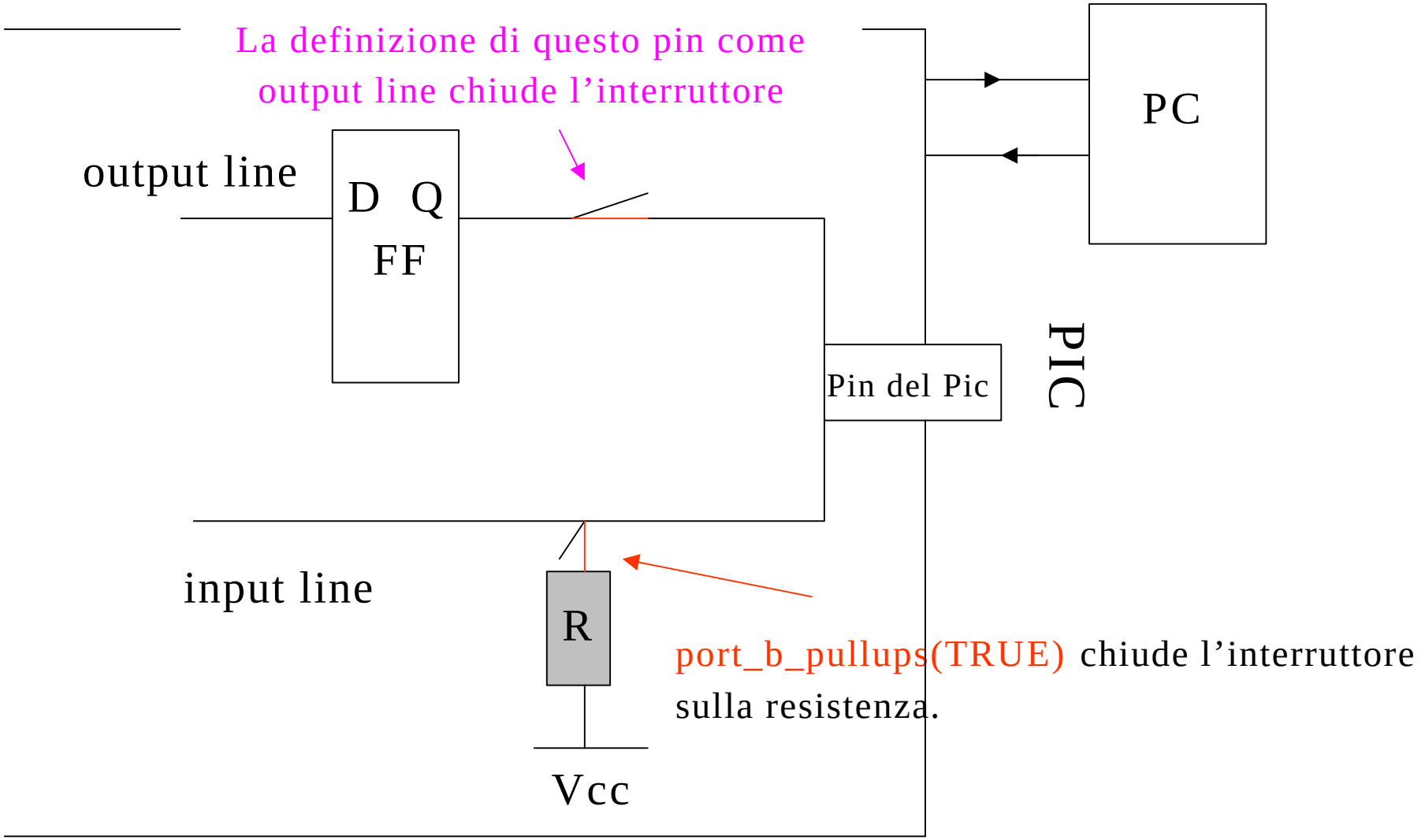
scrivere un programma che

1) accende tutti e 6 i LEDS per 200 ms
2) scrive su seriale “tutti accesi”
3) Ne spenge uno per volta ogni 100 ms
4) scrive su seriale “tutti spenti”
5) aspetta 200 ms
6) riesegue il ciclo in loop

Metodi di utilizzo delle porte di I/O

1) funzioni interne al compilatore CCS :
   output_high(<pin name>); output _low(<pin name>);
   input(<pin name>) (vedere help online del C compiler)
2) Scrittura diretta negli opportuni registri:
   set_tris_c(0xff) => tutti i pin della porta C configurati come input
   0x0 tutti output, 0x11 bit 0 e 4 come input
   bit_test(registro,bit);
   bit_clear(registro,bit);
   bit_set(registro,bit);
3) mappatura del registro: richiede set_tris_x(value)
   definisce se i bit sono in input o in output :
   #byte port_b = 0x06 (0x07 per la C, 0x08 per la D 0x09 per la E)
   invalue = port_b ;
   port_b = outvalue;

Schema di un pin di una porta del PIC in configurazione input o output



Esempio 1

```
#include "C:\pic\stud2\stud2.h"


void main() {

   setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
   setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2);
   setup_spi(FALSE);
   setup_psp(PSP_DISABLED);
   setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_2);
   setup_timer_1(T1_DISABLED);
   setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
   setup_ccp1(CCP_OFF);
   setup_ccp2(CCP_OFF);

// abilito i pullup sulla porta B
port_b_pullups(TRUE);


while(1==1) {
if (!input(PIN_B0)) output_high(PIN_C0); else output_low(PIN_C0);
if (!input(PIN_B1)) output_high(PIN_C1); else output_low(PIN_C1);
if (!input(PIN_B2)) output_high(PIN_C2); else output_low(PIN_C2);
            }
}
```

Esempio 2

```
#include "C:\pic\stud3\stud3.h"

#byte port_b = 0x6
#byte port_c = 0x7

void main() {


   setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
   setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2);
   setup_spi(FALSE);
   setup_psp(PSP_DISABLED);
   setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_2);
   setup_timer_1(T1_DISABLED);
   setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
   setup_ccp1(CCP_OFF);
   setup_ccp2(CCP_OFF);

// abilito i pullup sulla porta B
port_b_pullups(TRUE);
//definisco i bits della porta B tutti in input
// pulsanti: su RB0,EB1,RB2

set_tris_b(0xff);

// definisco i bits della porta C 0-6 in output  il 7 in input
set_tris_c(0x0);

while(1==1) {

if (bit_test(port_b,0)) bit_clear(port_c,0) ; else bit_set(port_c,0);
if (bit_test(port_b,1)) bit_clear(port_c,1) ; else bit_set(port_c,1);
if (bit_test(port_b,2)) bit_clear(port_c,2) ; else bit_set(port_c,2);
            }
}
```

Esempio 3

```
#include "C:\pic\stud4\stud4.h"
#byte port_b = 0x6
#byte port_c = 0x7

void main() {

   setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
   setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2);
   setup_spi(FALSE);
   setup_psp(PSP_DISABLED);
   setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_2);
   setup_timer_1(T1_DISABLED);
   setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
   setup_ccp1(CCP_OFF);
   setup_ccp2(CCP_OFF);

// abilito i pullup sulla porta B
port_b_pullups(TRUE);
//definisco i bits della porta B tutti in input
// pulsanti: su RB0,EB1,RB2

set_tris_b(0xff);

// definisco i bits della porta C 0-6 in output  il 7 in input
set_tris_c(0x80);

while(1==1)        {
// la pressione del tasto RB1 fa accendere tutti e 6 i leds

 if (bit_test(port_b,1)) port_c = 0 ; else port_c = 0x3f;

                    }
            }
```

Esercizio:

scrivere un programma che :

accende un numero di leds una volta ogni 100 ms proporzionale alla funzione

a(1+sin(wt)), scegliendo un w utile

per l'osservazione, e a in modo tale che il numero ottenuto dalla funzione sia facilmente utilizzabile per indirizzare i LEDs.

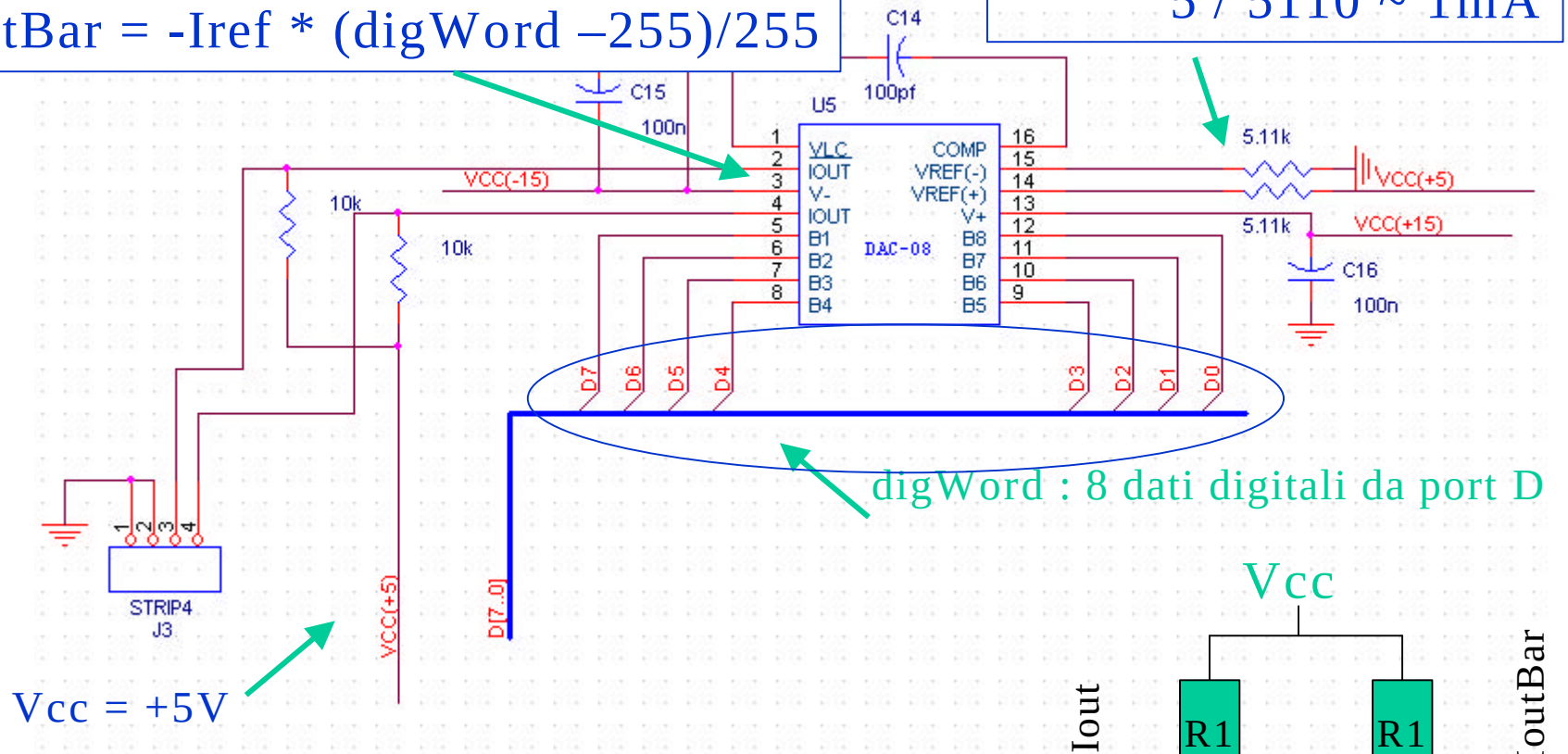
Utilizzo del DAC esterno (DAC 08)

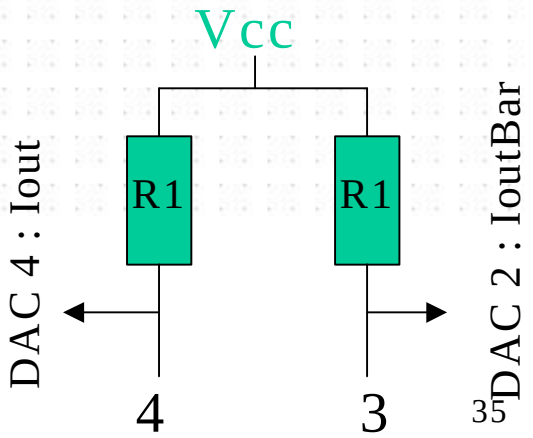
Iout = -Iref * digWord/255

IoutBar = -Iref * (digWord –255)/255

Iref = Vcc/R =

5 / 5110 ~ 1mA





Vout(4) = Iout R1 + Vcc =

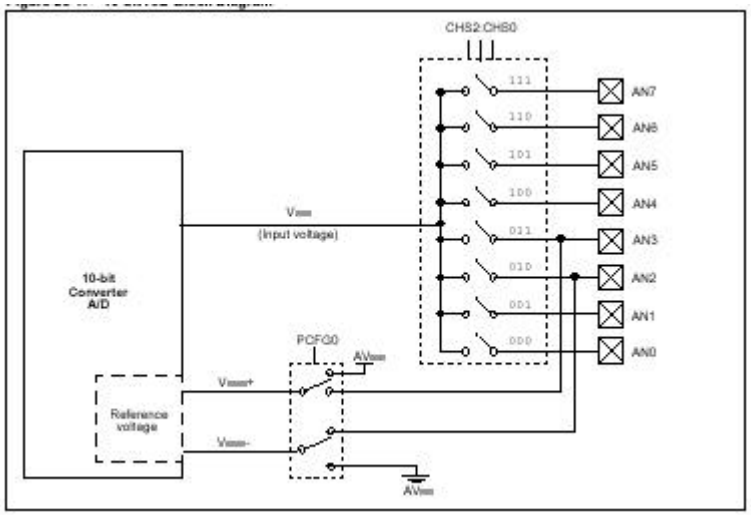
(- (10000 * 0.001)/255 * digWord) + 5 Volts

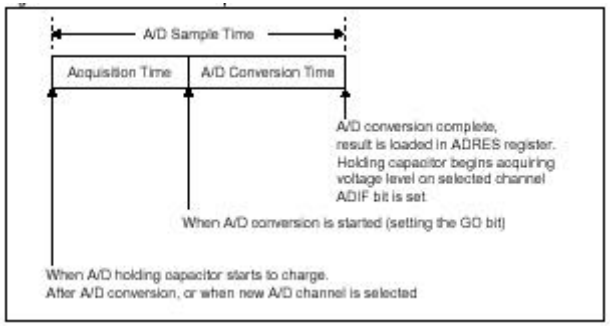
Esempio generatore di rampa o sinusoide:

```
#include <math.h>
#include "C:\pic\dac\dac-test.h"
#ORG 0x1f00,0x1fff {} /* riserva memoria per il bootloader */
#byte port_D=8

void main() {

   unisgned int i;
   float x;
   int dac_value;


   set_tris_d(0x0);

   port_D = 0;
   while(1==1) {
   for (i=0;i<256;i++) {
   port_D = i;

   // x = sin(0.024639 * i);
   //dac_value =  floor (( x+1) * 127.5);
   //port_D = dac_value;


                  }
               }


}
```

1. Perche' la sinusoide ha f bassissima ?
2. Provate a generare un onda triangolare tra +5,-5 Volts.

Uso del ADC integrato

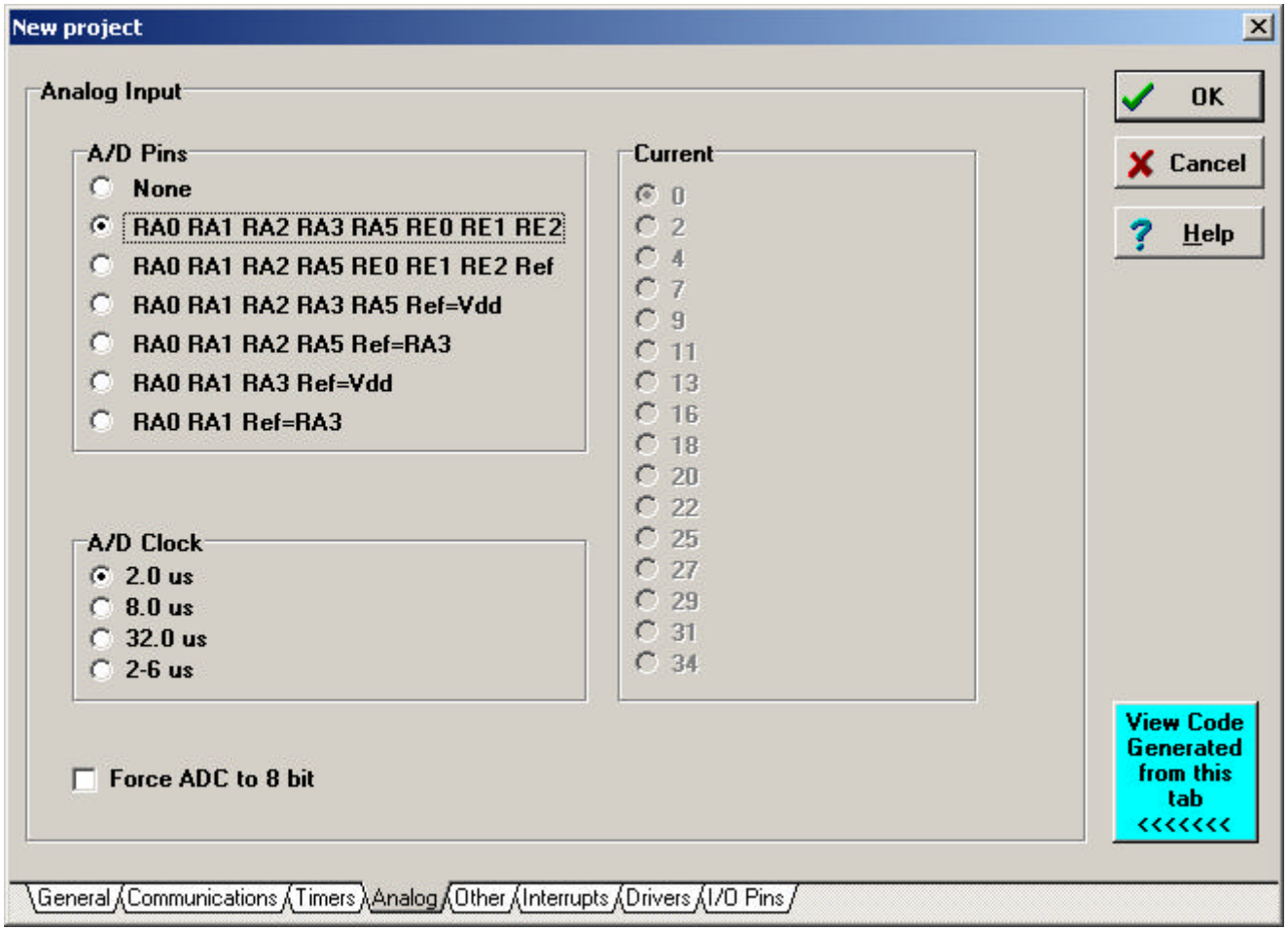




-L'acquisizione avviene in due passaggi: prima si carica un condensatore (acquisition time) SAMPLE e poi dopo viene letto il valore di tensioneai capi di questo condensatore (conversion time) HOLD

- L'ADC e' collegato ad un multiplexer analogico a 9 ingressi: e' necessario quindi scegliere prima il canale che si vuole acquisire **set_adc_channel(x);**
-La fase di conversione utilizza una tecnica ad opprossimazioni successive, con un suo ciclo di clock, piu' lento di quello del quarzo e ottenuto da questo per divisione. **setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_8);-**
- Tra una acquisizione e un'altra deve passare il tempo necessario per la carica del condensatore (~50 usec)

Nel setup selezionare le porte analogiche volute, i Vref, il clock dell'ADC per la conversione



Esempio: lettura ADC canale1, potenziometro

```
#include "C:\pic\adc\adctest.h"

unsigned long value;
float voltvalue;
void main() {

   setup_adc_ports(ALL_ANALOG);
   setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_8);
   setup_spi(FALSE);
   setup_psp(PSP_DISABLED);
   setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_2);
   setup_timer_1(T1_DISABLED);
   setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
   setup_ccp1(CCP_OFF);
   setup_ccp2(CCP_OFF);

 port_b_pullups(TRUE);
// voglio leggere il canale 0 dell'ADC
set_adc_channel(1);
while(1==1){
while ( !input(PIN_B1) ) {

delay_ms( 50);
   value = read_adc();
   voltvalue = value * 0.00489;
   printf("A/D value = %lu || Volt value = %1.2f \n\r", value,voltvalue);}


} }
```

value = read_adc();

5/1023 = 0.00489

Visualizzare sul terminal emulator … (usare disconnect prima di riutilizzare il bootloader

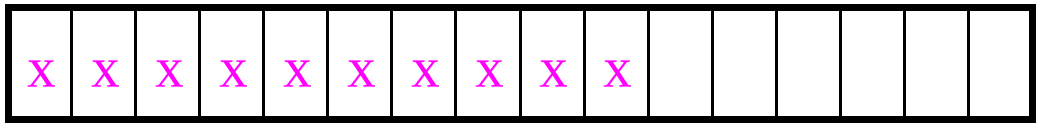
Attenzione tutte le funzioni che leggono canali di ADC devono essere modificate :

Il nuovo sistema operativo in combutta con un baco del compilatore ha prodotto un errore nelle funzioni di esempio che vi sono state proposte dove si utilizzava l'ADC.

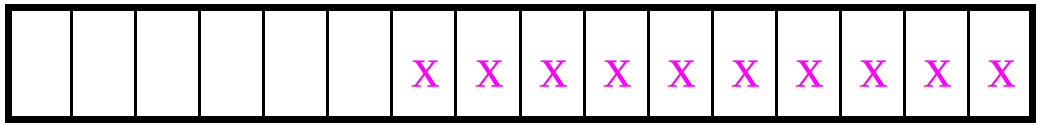
Come si produceva l'errore ?

Problema di allineamento dei 10 bits letti su una variabile composta da 16 bits

Come era :



Come deve essere :



Esempio: lettura ADC canale1, potenziometro

```
#include "C:\pic\adc\adctest.h"

unsigned long value;
float voltvalue;
void main() {

   setup_adc_ports(ALL_ANALOG);
   setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_8);
   setup_spi(FALSE);
   setup_psp(PSP_DISABLED);
   setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_2);
   setup_timer_1(T1_DISABLED);
   setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
   setup_ccp1(CCP_OFF);
   setup_ccp2(CCP_OFF);

 port_b_pullups(TRUE);
// voglio leggere il canale 0 dell'ADC
set_adc_channel(1);
while(1==1){
while ( !input(PIN_B1) ) {

delay_ms( 50);
   value = read_adc();
   voltvalue = value * 0.00489;
   printf("A/D value = %lu || Volt value = %1.2f \n\r", value,voltvalue);}


}  }
```

#byte adcon1=0x9f

bit_set(adcon1,7);

value = read_adc();

5/1023 = 0.00489

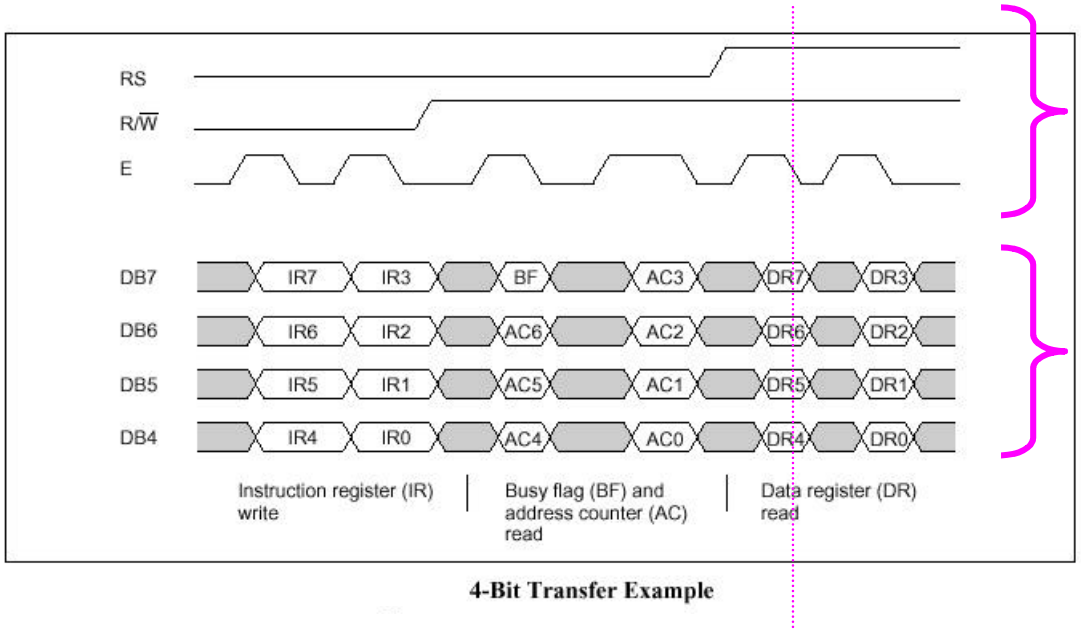
Esercizio:

Sulla board e' saldato un sensore di temperatura, che da' in uscita una tensione pari a 10mV/C
(es 250 mv per 25 gradi)

1) scrivere un programma che stampa sul terminale la temperatura ogni 200 ms (e anche la lettura diretta dell'ADC)
2) Come prima ma che stampa ogni secondo la media di 10 letture eseguite ogni 100 ms
3) Come prima ma che stampa anche la media di letture del valore del potenziometro

Uso del display LCD 16x2

Il display a cristalli liquidi montato sulla scheda e' di tipo intelligente: LCD vero e proprio viene controllato da un complesso chip che si occupa di gestire il protocollo di comunicazione. Questo chip e' l'Hitachi HD44780 (vedi documentazione sul web)



portE
bit 2,1,0

portB
bit 7,6,5,4

Per scrivere un carattere sull'LCD si inviano all'LCD due gruppi di 4 bits ciascuno, cioe' 8 bits, che rappresentano il codice ascii del carattere da visualizzare.

Per semplicita', utilizzeremo l'LCD facendo ricorso ad una libreria di funzioni, che si trovano nel file **disp16x2.C**

⇒quando volete utilizzare l'LCD dovete sempre includere questo file

Funzioni di uso comune:

1) init_lcd(); => da eseguire prima di tutto, resetta l'LCD
2) printf(disp_lcd, "FRANCO") => si puo' utilizzare printf anche per scrivere sull'LCD. printf passa la stringa "FRANCO" alla funzione disp_lcd che la scrive sull'LCD
3) lcd_row_col(1,0); => sposta il cursore nella posizione 1,0 (inizio seconda riga
4) clr_home(); => cancella l'LCD e porta il cursore a 0,0

Esempio uso LCD

```
#include "test-lcd.h"
#include "Disp16x2.c"

#ORG 0x1f00,0x1fff {} /* reserves memc

void main() {

   setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
   setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2);
   setup_spi(FALSE);
   setup_psp(PSP_DISABLED);
   setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_2);
   setup_timer_1(T1_DISABLED);
   setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
   setup_ccp1(CCP_OFF);
   setup_ccp2(CCP_OFF);

   disable_interrupts(GLOBAL);
   port_b_pullups(TRUE);

   init_lcd();
   while(1==1) {
   printf(disp_lcd, "FRANCO");
   lcd_row_col(1,0);
   printf(disp_lcd,"SPINELLA");
   delay_ms(500);
   clr_home();
             }
}
```

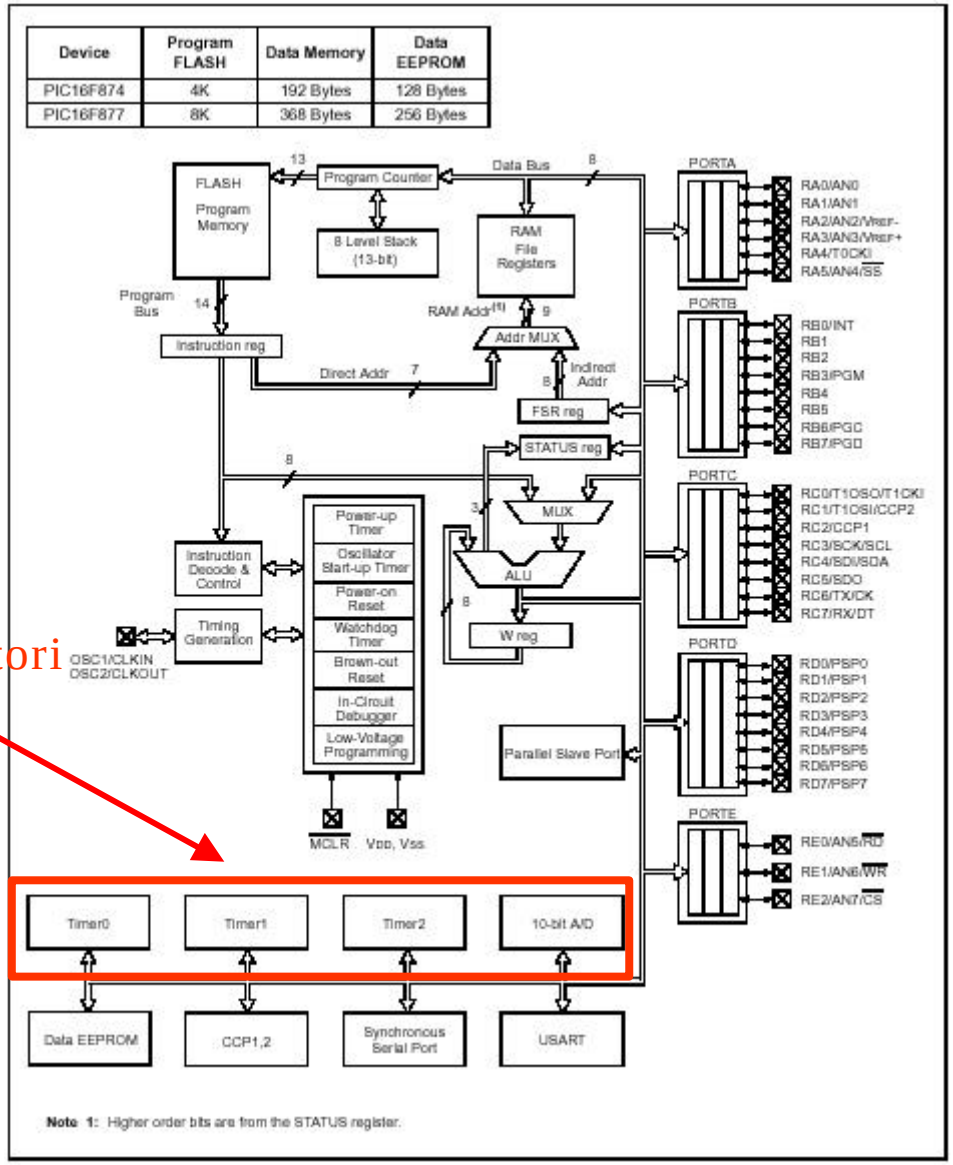
attenzione: l'LCD usa la portaE => non si puo' usare ALL_ANALOG

Esercizio

Scrivere un programma che stampa sull'LCD:
la temperatura ambiente a cadenza di 1,2,4,8,16,32 secondi,
la media di queste letture e poi ricomincia

Architettura PIC 16F877

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F874	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F877	8K	368 Bytes	256 Bytes



3 Timer = 3 contatori

Timer 0

I timer sono precisi contatori, che possono essere configurati per incrementarsi su fronti di segnali esterni o su fronti di un segnale interno ottenuto dal clock, opportunamente prescalato.
Il clock interno e` gia diviso per 4.
Il valore del prescaler viene definito con la funzione:
setup_counters(RTCC_INTERNAL, ...);
Ad esempio: setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_8);
divide il clock per 8 =>
clock = 4.000.000 /4 = 1.000.000 /8 = 125.000 => il timer si incrementa ogni 8 usec.
Il contatore conta fino a 8 bit e dopo ricomincia => 8 usec x 256 = 2048 usec ~ 2 msec. Puo' quindi essere utilizzato per misure di tempo abbastanza accurate.

Timer0, Timer2 sono a 8 bits e Timer1 a 16 bits.

Esempio di uso di Timer0

```
byte time;
void main() {



   setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
   setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2);
   setup_spi(FALSE);
   setup_psp(PSP_DISABLED);
   setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_8); // questo fissa il prescaler a
   setup_timer_1(T1_DISABLED);               // (fclock/4) /8
   setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);           // = 8 usec
   setup_ccp1(CCP_OFF);                      // quindi il  timer0 conta un tempo
   setup_ccp2(CCP_OFF);                      // pari a 8 x 256 = 2 msec

while(1==1) {
    printf("Aspetto un fronte...\n\r");
    while(input(PIN_B3)) ;       /* se il segnale e'  alto aspetta che diventi basso */
    delay_us(3);                 /* aspetta che si stabilizzi */
    while(!input(PIN_B3));       /* aspetta un fronte di salita */
    set_rtcc(0);                 /* setta il timer a 0 */
    delay_us(3);                 /* aspetta che si stabilizzi */
    while(input(PIN_B3));        /* aspetta un fronte di discesa */
    time = get_rtcc();           /* legge il valore del timer0 */
    printf("Valore del contatore: %2X   \n\n\r",time);

            }
}
```

Il programma misura la durata di un impulso, dal fronte di salita fino a quello di discesa, e lo stampa sul terminale. Provate ad eseguirlo inviando un segnale TTL di frequenza 1 Khz, con duty cycle di circa il 50 % e fate varie misure variando la frequanza e il duty cycle. Ricompilando il programma con prescaler diversi si puo' variare il fondo scala. Il programma si aspetta segnali TTL in ingresso nel PIN RB_3 (pin 36). Utilizzate il generatore e la breadboard bianca, portando il segnale sulla strippiera con uno degli aghi

ATTENZIONE !!!!!!!

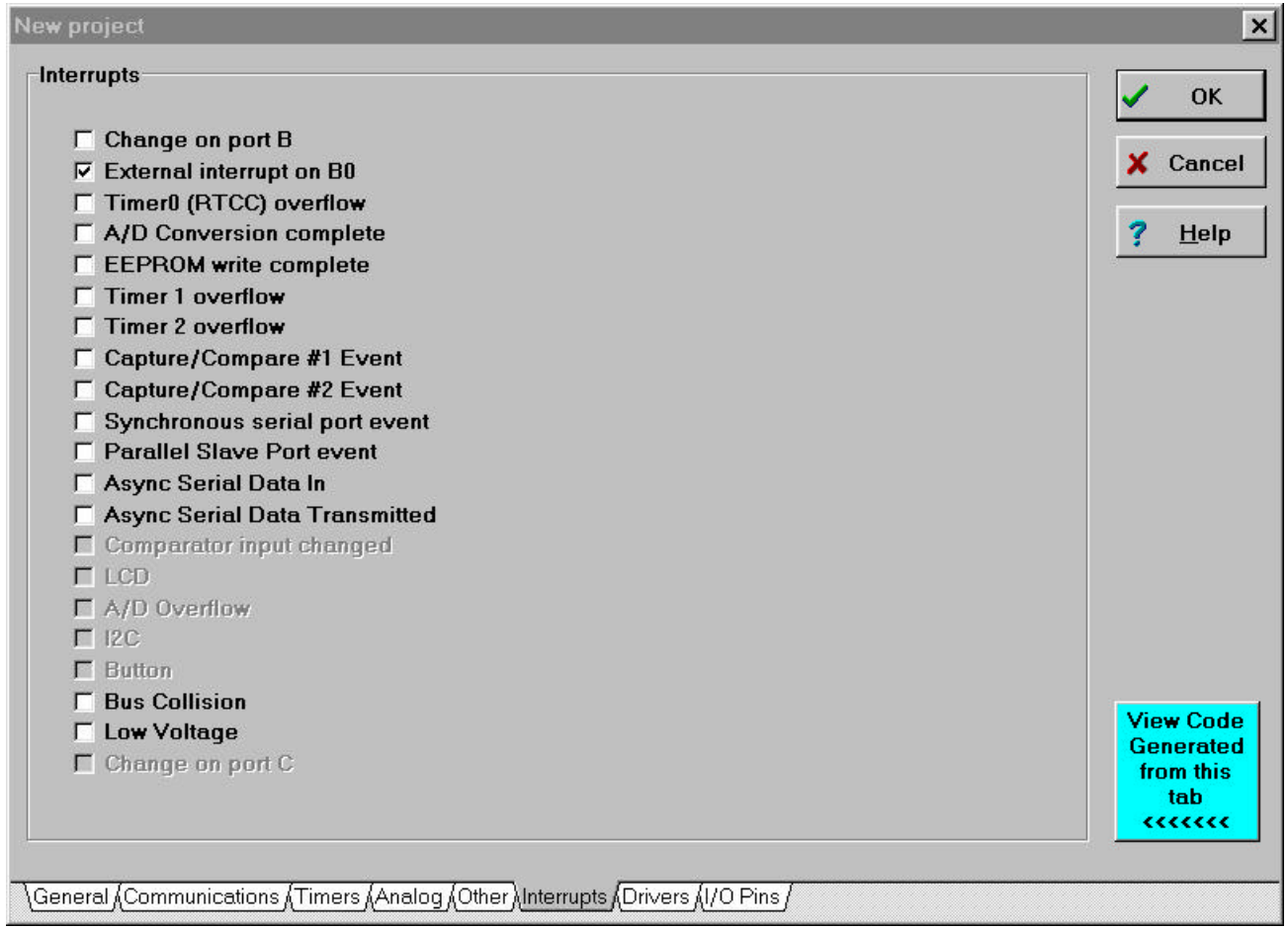
Inviate solo segnali TTL (0v –5v), **MAI** segnali che possano diventare negativi o superare i 5 Volts, perche' il PIC si rompe di sicuro !!!!!

Esercizio

1) Modificare il programma precedente per misurare il periodo del segnale e non soltanto la parte di impulso positivo;
2) fare quindi la media di 100 periodi e stamparla a terminale.

Gli INTERRUPTS

Gli interrupts sono dei componenti software-hardware, contenuti all'interno del PIC, in base ai quali il PIC, quando gli arriva un segnale di interrupt, interrompe immediatamente quello che stava facendo ed esegue una determinata funzione, detta funzione di interrupt.
Per esempio possiamo configurare il PIC perche' generi un segnale di interrupt non appena viene premuto uno dei nostri tasti, o quando l'adc ha terminato la conversione analogico-digitale, o quando noi inviamo dalla tastiera del PC un carattere alla porta seriale del PIC.
Il PIC wizard del compilatore CCS e' molto comodo per configurare gli interrupts desiderati



Richiedo un interrupt ogni qual volta si presenta un fronte di salita del pin 0 della porta B (RB0)

=> questo wizard produce:

```
#include "C:\lab3\lab3\programmi\inter_rb0\interrb0.h"
#int_ext
ext_isr() {
   . . . .
}


void main() {

   setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
   setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2);
   setup_spi(FALSE);
   setup_psp(PSP_DISABLED);
   setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_2);
   setup_timer_1(T1_DISABLED);
   setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
   setup_ccp1(CCP_OFF);
   setup_ccp2(CCP_OFF);
   enable_interrupts(INT_EXT);
   enable_interrupts(global);



}
```

questa e' la routine di interrupt: il compilatore la prepara perche' noi la possiamo riempire. Viene eseguita ogni volta che il pin 0 della porta B rivela un fronte di salita

Abilitazione globale degli interrupts e di quello per il pin 0 della porta B

Le variabili globali, definite fuori a tutte le funzioni, possono essere utilizzate anche dentro le routines di interrupt

Esempio

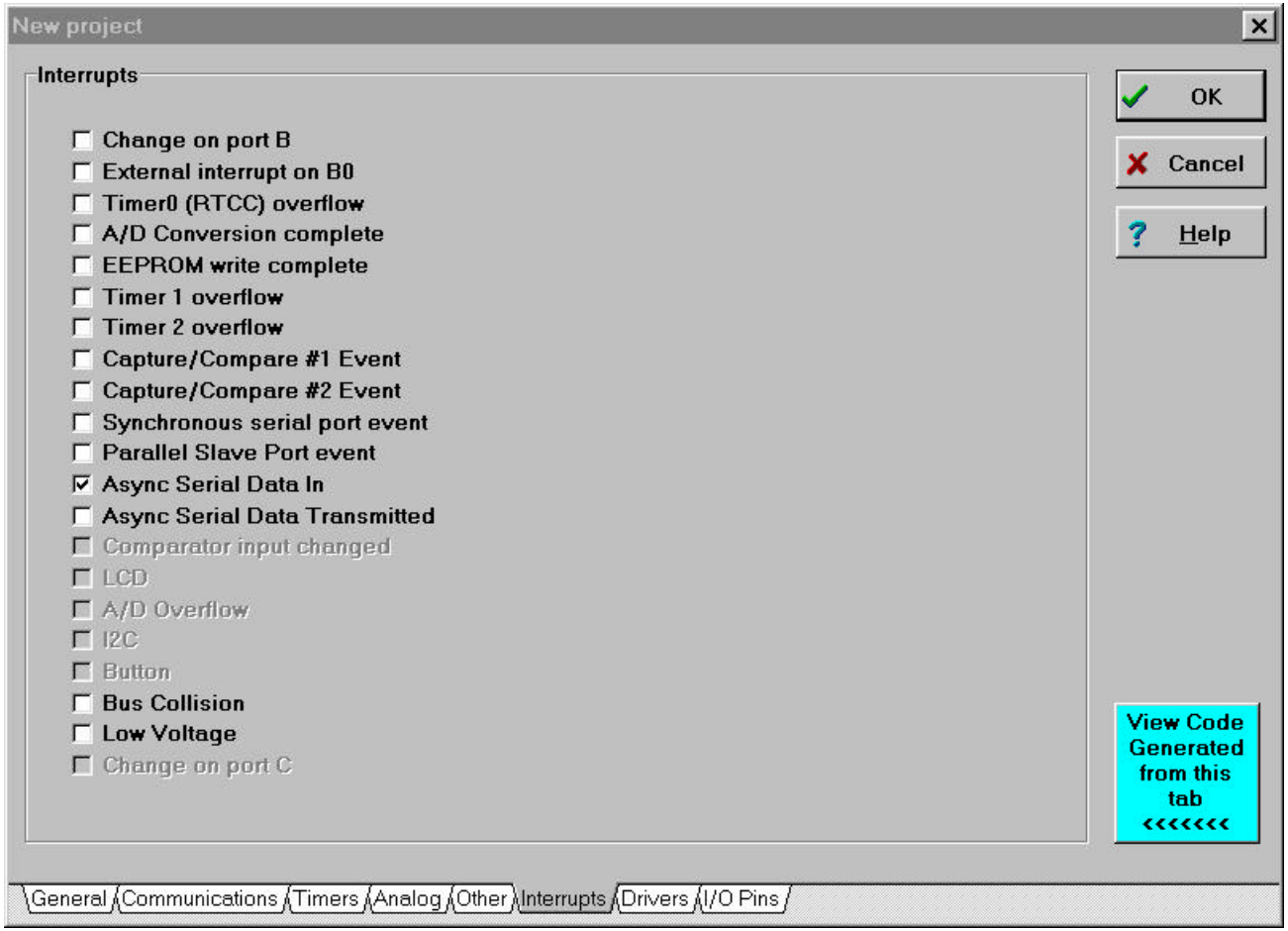
```
#include "C:\elettronica\pic\lab3\programmi\int_rb0\intrb0.h"

int tmp; // variabile globale, fuori da main e dalla funzione di interrupt

#int_ext
ext_isr() {

if (tmp ==1) { // verifica se tmp vale 1, nel caso prosegue ...
// accende il led al fronte di salita di RB0
output_high(PIN_C0);
delay_ms(500);
output_low(PIN_C0);
delay_ms(500);
tmp =0;
}

else tmp = 1;
}


void main() {

   setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
   setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2);
   setup_spi(FALSE);
   setup_psp(PSP_DISABLED);
   setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_2);
   setup_ccp1(CCP_OFF);
   setup_ccp2(CCP_OFF);
   enable_interrupts(INT_EXT);
   enable_interrupts(global);
   port_b_pullups(TRUE);
   tmp =1;
while(1) {}

}
```

Il LED C0 viene acceso o spento una volta ogni due pressioni del tasto B0. Si noti che nella routine main() non viene eseguito niente. Tutto viene eseguito dentro la routine di interrupt.

Esercizio

1) Modificare il programma precedente in modo tale che il LED si accenda alla prima pressione del tasto e si spenga alla seconda pressione, come in un interruttore.
2) Modificare il programma in modo tale che il LED lampeggi alla prima pressione di RB0, e si spenga alla seconda pressione di RB0.

Interrupt da porta seriale (in input)



```
#include "C:\elettronica\pic\lab3\programmi\inter_rs232\inter232.h"
#int_rda
rda_isr() {
- . - .
}
```

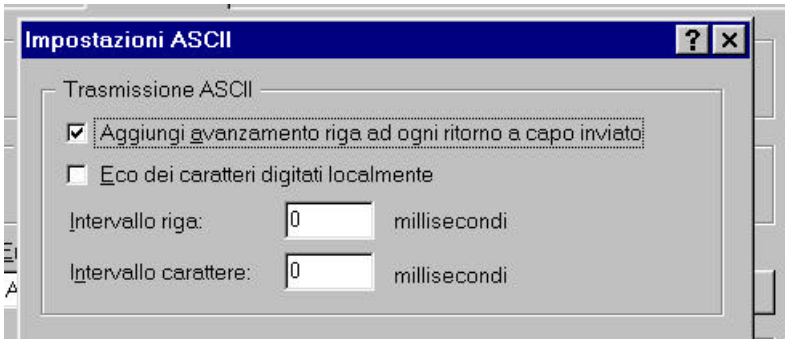
routine di interrupt
generata dal wizard …

```
void main() {

   setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
   setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2);
   setup_spi(FALSE);
   setup_psp(PSP_DISABLED);
   setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_2);
   setup_timer_1(T1_DISABLED);
   setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
   setup_ccp1(CCP_OFF);
   setup_ccp2(CCP_OFF);
   enable_interrupts(INT_RDA);
   enable_interrupts(global);
```

Esempio

```
#int_rda
rda_isr() {
buffer[next_in] = getc();

if (buffer[next_in] == '\n') {printf("ECCO LA STRINGA:  ",next_in);
                              i = 0;
                              while(i <= next_in) {printf("%c",buffer[i]);
                                                   i++;}
                                                   next_in =0;}
else if (next_in < (BUFFER_SIZE-1)) next_in ++;
else {printf("Comando troppo lungo ! \n\r"); next_in=0;}

}
```

una stringa viene scritta da tastiera. Quando si riceve il carattere di invio \n , la
stringa viene visualizzata.
ATTENZIONE: per funzionare le proprieta' di hyperterminal (proprieta' -> impostazioni -> ... devono essere come in figura



Esercizio

Generate un treno di impulsi, duty cycle 50 %, T = 1ms ,
di numero variabile impostato da seriale
Puo' essere utile la funzione:

```
unsigned long myatoi(char *s)
{
   unsigned long result = 0;
 int ptr;
 char c;

   ptr=0;
 result = 0;

 do
      c=s[ptr++];
   while (c<'0'||c>'9');

 while (c>='0' && c<='9') {
            result = 10*result + c - '0';
            c = s[ptr++];
                        }


   return(result);
}
```

Interrupt da timer0

Si puo' configurare il PIC per generare un interrupt ogni volta che il timer0 scatta da 255 a 0.
Tipicamente questa tecnica viene utilizzata per contare il tempo.
Al solito il PIC wizard puo' definire una funzione di interrupt che potete poi riempire

Esempio: contatore di secondi

```
#include "C:\elettronica\pic\lab3\programmi\inter_tmr0\intertm0.h"
#define INTS_PER_SECOND 15     // (4000000/(4*256*256))
byte seconds;      // A running seconds counter
byte int_count;    // Number of interrupts left before a second has elapsed

#int_rtcc                      // This function is called every time
rtcc_isr() {                   // the RTCC (timer0) overflows (255->0).
                               // For this program this is apx 76 times
    if(--int_count==0) {       // per second.
      ++seconds;
      int_count=INTS_PER_SECOND;
    }
  }

void main() {

   byte start;

   setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_256);
   enable_interrupts(INT_RTCC);
   enable_interrupts(global);

   set_rtcc(0);
   int_count=INTS_PER_SECOND;

do {
      printf("Press any key to begin.\n\r");
      getc();
      start=seconds;
      printf("Press any key to stop.\n\r");
      getc();
      printf("%u seconds.\n\r",seconds-start);
   } while (TRUE);

}
```

Esercizio

Provate a scrivere un programma che conta anche i centesimi di secondo