

***LaurTec***

**Freedom I**

**Sistema embedded per PIC a 40 pin**

**Autore :** *Mauro Laurenti*

**email:** [info.laurtec@gmail.com](mailto:info.laurtec@gmail.com)

**ID:** PJ7001-IT

## INFORMATIVA

Come prescritto dall'art. 1, comma 1, della legge 21 maggio 2004 n.128, l'autore avvisa di aver assolto, per la seguente opera dell'ingegno, a tutti gli obblighi della legge 22 Aprile del 1941 n. 633, sulla tutela del diritto d'autore.

Tutti i diritti di questa opera sono riservati. Ogni riproduzione ed ogni altra forma di diffusione al pubblico dell'opera, o parte di essa, senza un'autorizzazione scritta dell'autore, rappresenta una violazione della legge che tutela il diritto d'autore, in particolare non ne è consentito un utilizzo per trarne profitto.

La mancata osservanza della legge 22 Aprile del 1941 n. 633 è perseguibile con la reclusione o sanzione pecuniaria, come descritto al Titolo III, Capo III, Sezione II.

A norma dell'art. 70 è comunque consentito, per scopi di critica o discussione, il riassunto e la citazione, accompagnati dalla menzione del titolo dell'opera e dal nome dell'autore.

## AVVERTENZE

I progetti presentati non hanno la certificazione CE, quindi non possono essere utilizzati per scopi commerciali nella Comunità Economica Europea.

Chiunque decida di far uso delle nozioni riportate nella seguente opera o decida di realizzare i circuiti proposti, è tenuto pertanto a prestare la massima attenzione in osservanza alle normative in vigore sulla sicurezza.

L'autore declina ogni responsabilità per eventuali danni causati a persone, animali o cose derivante dall'utilizzo diretto o indiretto del materiale, dei dispositivi o del software presentati nella seguente opera.

Si fa inoltre presente che quanto riportato viene fornito così com'è, a solo scopo didattico e formativo, senza garanzia alcuna della sua correttezza.

L'autore ringrazia anticipatamente per la segnalazione di ogni errore.

Tutti i marchi citati in quest'opera sono dei rispettivi proprietari.

## Introduzione

Freedom è un sistema embedded per PIC a 40 pin, sviluppato per adeguarsi alle più svariate applicazioni senza aggiunta di hardware esterno. Ciononostante risulta un sistema di minime dimensioni garantendo un risparmio di spazio e peso.

In 8.3 x 10.7cm ospita un microcontrollore PIC a 40 pin con la possibilità di sfruttare il seguente hardware:

1. Memoria EEPROM I2C.
2. Real Time Clock/Calendar.
3. Interfaccia per protocollo RS232.
4. Interfaccia per protocollo RS485.
5. Connettore per LCD e trimmer per il contrasto.
6. Regolatore di tensione per gli 8 connettori per servo.
7. Fotorisistenza per rilevare intensità luminosa.
8. Sensore di temperatura DS1820.
9. Connettore a 5 poli per sensori ad ultrasuoni.
10. Tasto per il reset.
11. Regolatore di tensione 5V per la scheda con led spia.
12. Connettore per programmazione onboard.
13. Ogni porta del micro è riportata in uscita assieme alle alimentazioni.

## Analisi del progetto

In Figura 18 è riportato lo schema elettrico del sistema embedded Freedom. Nonostante le dimensioni dello schema questo non risulta di difficile comprensione.

Come ogni sistema complesso è possibile individuare dei blocchi funzionali per mezzo dei quali è possibile comprendere l'intero sistema. Nel nostro caso molti blocchi funzionali vengono spesso a coincidere con un solo integrato che svolge tutte le funzioni.

Questo, se da un lato semplifica notevolmente la comprensione del sistema,

dall'altro nasconde la complessità che in realtà è intrinseca ad ogni sistema.

Questa scheda rappresenta un ottimo esempio di come sia oggi possibile realizzare sistemi molto complessi "assemblando" circuiti integrati con funzioni specifiche.

Il ruolo principale del progettista è accertarsi che le caratteristiche elettriche di ogni integrato siano idonee al sistema e compatibili con gli altri sottosistemi.

Nel sistema Freedom è possibile individuare i seguenti sottosistemi dei quali si parlerà singolarmente.

1. Alimentatore a 5V.
2. Regolatore di tensione per Servo
3. Protocolli di trasmissione
4. Periferiche I2C
5. Sensore ad ultrasuoni
6. Sensore di temperatura
7. Sensore di luminosità
8. Altre periferiche
9. Porte di espansione

## Alimentatore 5V

L'alimentazione del sistema avviene grazie all'alimentatore presente sulla scheda.

Come riportato in Figura 1 l'alimentatore è composto da quattro diodi rettificatori 1N4004 da 1A, dal regolatore di tensione 7805, da capacità di filtro e da un diodo connesso al connettore nominato BATTERY, e da una spia LED.

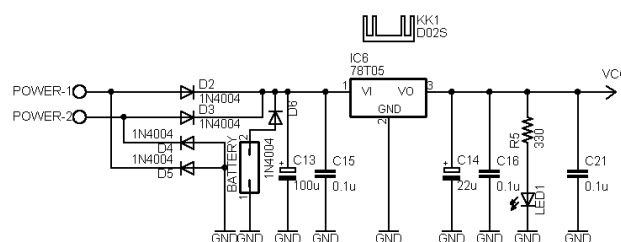


Figura 1: Schema elettrico dell'alimentatore

Da quanto detto si capisce che l'alimentatore è sprovvisto di trasformatore. Questo poiché la scheda può essere inserita in un sistema più complesso dal quale prelevare l'energia necessaria al suo funzionamento. Inoltre la dimensione del trasformatore viene a dipendere

dall'energia necessaria al sistema che può essere notevolmente superiore a quella assorbita dalla scheda stessa.

Si capisce dunque la ragione per cui non è stato incluso anche il trasformatore. La presenza dei 4 diodi rettificatori permette alla scheda sia una connessione ad una sorgente alternata che ad una sorgente in continua. In particolare se l'alimentazione è alternata si consiglia una tensione di alimentazione di 9Vac mentre se la tensione è continua, si consiglia un'alimentazione di 12V.

I trasformatori commerciali, stabilizzati o meno, che abbiano tensioni di uscita variabili e comunque quella a 9V-12V, possono andare bene. Per quanto riguarda la corrente dell'alimentatore, questa non deve essere inferiore a quella necessaria al sistema.

Nel caso in cui si faccia uso di una tensione continua per alimentare la scheda, nel connettere i cavi non ci si deve preoccupare della polarità. Infatti la presenza dei 4 diodi aggusterà la polarità della tensione riportando all'ingresso del regolatore di tensione 7805 sempre il positivo della sorgente<sup>1</sup>.

Il regolatore di tensione stabilizzato 7805 provvederà a stabilizzare la tensione alla sua uscita ad un valore di 5V. Per fare questo necessita di una tensione minima in ingresso di almeno 7.5V. Il connettore sul quale applicare tale tensione è riportato in Figura 4 ed è siglato POWER; questo risulta essere posizionato a fianco del connettore per l'alimentazione dei Servo siglato SERVO<sup>2</sup>.

Per migliorare le caratteristiche dell'alimentatore sono presenti le due coppie di capacità prima e dopo il regolatore.

In particolare in uscita è presente anche un diodo di segnalazione per la tensione di 5V<sup>3</sup>.

L'aletta di raffreddamento per il regolatore di tensione potrebbe o meno essere necessaria a seconda della corrente di sistema e della tensione che si sta utilizzando per alimentare la scheda. Come già osservato, in ingresso al

regolatore di tensione è presente un diodo e un rettangolo nominato BATTERY. Questo serve per la connessione di una batteria a 9V che funzionerà come batteria tampone per il sistema. Questa particolarità è utile soprattutto se si utilizza l'orologio presente a bordo, evitando in questo modo di perdere l'ora di sistema.

Infatti, fintanto che è presente l'alimentazione principale, il diodo D6 sarà interdetto<sup>4</sup> e la batteria non viene utilizzata. Quando l'alimentazione principale viene a mancare il diodo D6 entrerà in conduzione permettendo alla batteria di fornire energia al sistema.

Per la presenza dei diodi di rettificazione, che in assenza di alimentazione principale saranno interdetti (circuiti aperti), la batteria fornirà energia solo a Freedom e alle schede che prelevano energia direttamente dai connettori di uscita delle Porte del PIC.

La posizione del connettore BATTERY è riportato in Figura 2. È possibile vedere dalla serigrafia come posizionare la polarità della batteria.

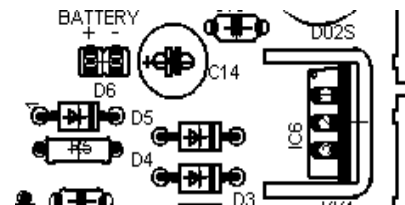


Figura 2: Vista del connettore BATTERY

### Regolatore di tensione per Servo

Freedom è un sistema embedded predisposto per applicazioni in sistemi automatici dove può essere necessario l'utilizzo di Servo.

I Servo rappresentano piccoli attuatori meccanici che contengono al loro interno un motorino con riduttori meccanici e l'elettronica necessaria per il posizionamento del rotore. Sono spesso utilizzati in robotica e riescono, nonostante le piccole dimensioni, a spostare diversi chili.

In Figura 3 è riportato il ritaglio dello schema elettrico associato ai Servo.

<sup>1</sup> Per ulteriori informazioni a riguardo, si rimanda al Progetto "Alimentatori Stabilizzati 5V 12V, 1A"

<sup>2</sup> Le due alimentazioni hanno le masse in comune. In particolare la massa (0V del regolatore) è riportata ai 5 fori metallizzati utilizzabili per il fissaggio della scheda stessa.

<sup>3</sup> Si fa presente che un'eventuale rottura del 7805 potrebbe comunque permettere l'accensione del LED.

<sup>4</sup> Il catodo si trova infatti ad un potenziale più alto dell'anodo.

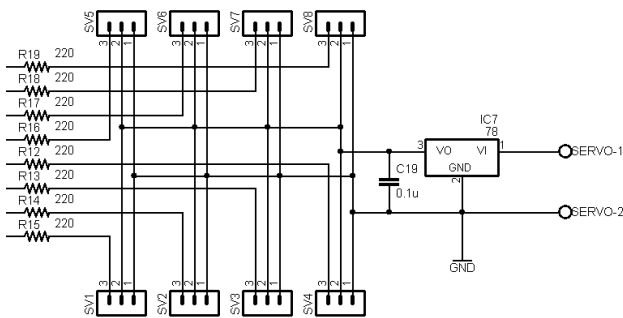


Figura 3: Schema elettrico associato ai Servo

È possibile vedere che i Servo hanno dei connettori a tre poli tipo jumper interni ai PC. La loro alimentazione può variare tipicamente tra 5V e 6V. Il regolatore di tensione IC7 indicato semplicemente con 78xx può essere o un 7805 o un 7806 a seconda delle esigenze<sup>5</sup>. Questo viene alimentato per mezzo del connettore nominato SERVO visibile in Figura 4. Da questa stessa figura è possibile anche vedere, sulla serigrafia della basetta, come applicare la polarità dell'alimentazione. Dal momento che il regolatore di tensione può variare a seconda delle esigenze, si capisce che la tensione da applicare al connettore SERVO dovrà essere tale da garantire il corretto funzionamento del regolatore stesso.

Per esempio se si dovesse utilizzare un 7805 la tensione non deve essere inferiore ai 7.5V<sup>6</sup>.

La presenza di IC7 si rende necessaria per disaccoppiare l'alimentazione dei Servo dall'alimentazione della scheda. Infatti ogni Servo può richiedere una corrente di circa 100mA-150mA ed in particolare all'inizio di ogni rotazione può causare dei cali di tensione che possono resettare il PIC.

Dal momento che il regolatore di tensione è della serie 78xx si capisce che la corrente che deve essere assorbita dai Servo *attivi* non deve essere superiore a 1A e comunque non superare la potenza massima consentita dal regolatore stesso.

Il numero dei Servo che è possibile applicare su

<sup>5</sup> Si capisce che se il Servo necessita di un'alimentazione di 12V si può comunque utilizzare un 7812.

<sup>6</sup> Per ulteriori informazioni sulle tensioni minime e massime in ingresso e potenza dissipabile, si rimanda ai data sheet del regolatore utilizzato.

Freedom è 8, in Figura 4 sono riportati i relativi connettori a jumper. Dal momento che si ha il limite di corrente e potenza imposto dal regolatore di tensione, qualora si debba far uso di più Servo in contemporanea è bene rimuovere il regolatore 78xx e sostituirlo con un ponticello tra la piazzola 1 e 3 del regolatore stesso. In questo caso l'alimentazione da applicare sul connettore SERVO deve essere già di ampiezza opportuna e in grado di erogare la corrente necessaria per il corretto funzionamento dei Servo.

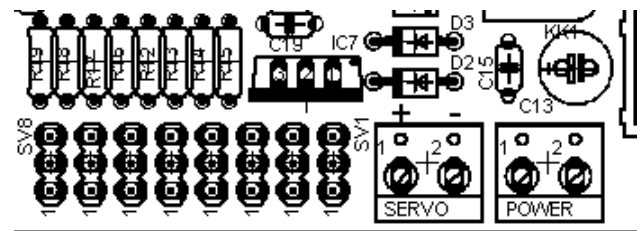


Figura 4: Vista degli 8 connettori SV1-SV8 per i Servo

Le linee di controllo dei Servo sono collegate tramite dei resistori di protezione alla Porta D del PIC.

In particolare PORTD0 è il Servo SV1 mentre PORTD7 è il il Servo SV8.

Generalmente il codice dei colori utilizzato per i servo è il nero per l'alimentazione negativa, rosso per l'alimentazione positiva e bianco o giallo per la linea di controllo del servo.

Dalla Figura 3 e Figura 4 è possibile vedere che il pin di riferimento serigrafato con 1 è la massa (cavo nero), il centrale è l'alimentazione positiva (cavo rosso), mentre il pin tre rappresenta la linea di controllo (cavo giallo o bianco)<sup>7</sup>.

### Protocolli di trasmissione

Ogni sistema embedded, al fine di poter comunicare con altri sistemi, necessita di un bus di comunicazione.

Nel sistema Freedom, come anche per molti sistemi commerciali si è scelto di avere a bordo sia una porta di trasmissione seriale RS232 che RS485. Si fa subito presente che non possono

<sup>7</sup> Il posizionamento di tali pin non è standard, dunque potrebbe non coincidere con il particolare Servo utilizzato.

essere usate in contemporanea.

Oltre a questi due possibili protocolli è presente il bus I2C e SPI<sup>8</sup>.

Il protocollo RS232 permette un facile interfacciamento con un qualsiasi computer che supporti questo protocollo, mentre RS485 è stato pensato per quelle applicazioni in cui si utilizzino più sistemi distanti tra loro. Infatti per mezzo del bus RS485 è possibile far comunicare più sistemi collegati su uno stesso bus di due sole linee<sup>9</sup>.

In Figura 5 è riportato lo schema elettrico relativo ai due bus di trasmissione.

La traslazione di livello da TTL (0V-5V) a RS232 avviene per mezzo del comune MAX232 che per mezzo della sua pompa di carica composta da 4 condensatori da 1uF permette di ottenere i  $\pm 15V$  necessari per un corretto funzionamento della trasmissione seriale<sup>10</sup>.

Per il bus RS485 si è invece utilizzato il MAX481. I due resistori R6 e R7 sono da 10K $\Omega$  ma possono essere cambiati se l'applicazione lo richiede<sup>11</sup>.

L'uscita del bus RS232 è effettuata per mezzo del connettore DB9 femmina secondo lo stessa piedinatura utilizzata dai personal computer.

In alternativa al connettore DB9 femmina è possibile utilizzare anche un connettore a dieci pin che in Figura 5 è chiamato RS232. Su questo connettore le linee Tx, RX e GND vengono riportate secondo la stessa numerazione del DB9 femmina.

L'uscita del bus RS485 è ottenuta con un semplice connettore a striscia con due pin serigrafato con RS485.

In particolare la trasmissione per mezzo del protocollo RS485 richiede un ulteriore segnale di controllo, ottenuto per mezzo della linea

RB1, che permette di selezionare il buffer di trasmissione o di ricezione<sup>12</sup>.

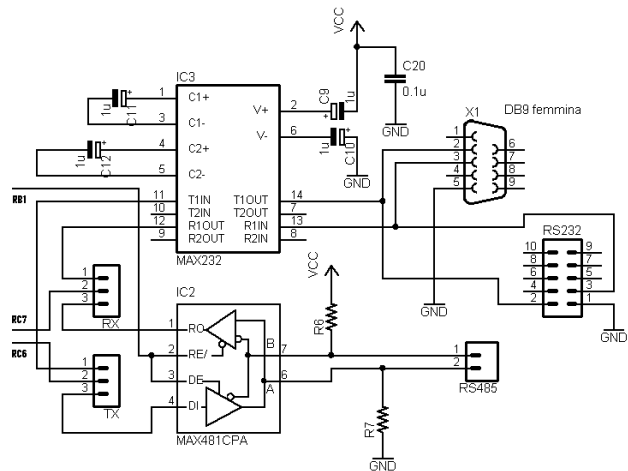


Figura 5: Schema elettrico relativo ai due bus di trasmissione seriale RS232 e RS485

Come detto i due bus non possono essere utilizzati in contemporanea, la selezione di uno dei due bus avviene per mezzo dei due connettori a tre pin RX e TX che permettono di collegare le due linee TX (RC6) e RX (RC7) del PIC all'integrato d'interesse. In Figura 6 è riportata l'impostazione dei connettori RX e TX per avere una trasmissione per mezzo del bus RS232 mentre in Figura 7 è riporta l'impostazione necessaria per una trasmissione con il bus RS485.

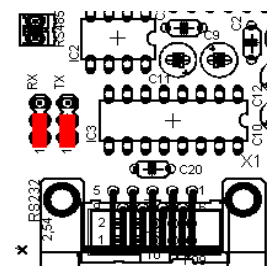


Figura 6: Impostazione dei connettori RX-TX per una trasmissione dati in RS232

<sup>8</sup> La presenza o meno di questi due protocolli di trasmissione viene a dipendere dal particolare PIC utilizzato e dalle scelte di progetto. Infatti il bus I2C e SPI non sono generalmente utilizzabili in contemporanea.

<sup>9</sup> Si ricorda che il protocollo RS485 è concepito per sistemi in cui la comunicazione avviene per mezzo di un segnale differenziale.

<sup>10</sup> Per ulteriori informazioni sul protocollo RS232 si rimanda al Tutorial "Il protocollo RS232".

<sup>11</sup> Il valore di questi resistori viene a dipendere dal numero di sistemi che vengono collegati alla linea bifilare e dalle caratteristiche della linea stessa. Per ulteriori informazioni a riguardo si rimanda al datasheet del MAX481.

<sup>12</sup> Una trasmissione in cui si può ricevere o trasmettere solo in tempi diversi, viene detta half duplex. Una trasmissione in cui ricezione e trasmissione dati possono avvenire in contemporanea si chiama full duplex. Per ulteriori informazioni in materia si rimanda al Tutorial "Il protocollo RS232".

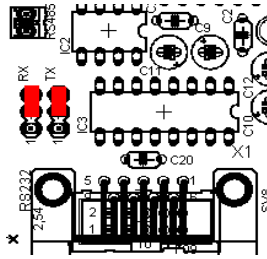


Figura 7: Impostazione dei connettori RX-TX per una trasmissione dati in RS485

**Periferiche I2C**

Sulla scheda Freedom sono presenti due periferiche collegate al bus I2C<sup>13</sup>. Queste sono la memoria EEPROM 24xx e il Real Time Clock/Calendar PCF8563P, come riportato in Figura 8.

Per mezzo di questi due integrati è possibile rispettivamente memorizzare dati in maniera permanente e sapere l'ora e la data, nonché avere la possibilità di impostare un orario per un allarme.

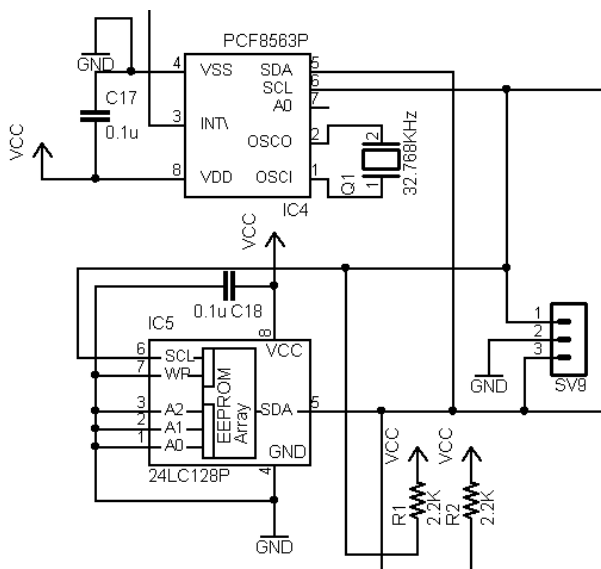


Figura 8: Periferiche EEPROM e Real Time Clock/Calendar

Il bus I2C è rappresentato dai piedini RC3 e RC4 del PIC, collegati per mezzo dei due resistori R1 e R2 a Vcc. Questo collegamento è richiesto poiché le linee SDA (Serial Data) e

<sup>13</sup> Per ulteriori informazioni sul protocollo I2C, si rimanda al Tutorial "Bus I2C".

SCL (Serial Clock), per mezzo delle quali avviene la trasmissione seriale, sono linee open-collector ( o open-drain).

Prelevando le linee RC3 e RC4 dal connettore a 10 pin PORTC è possibile collegare anche altre periferiche I2C. In particolare, come si spiegherà di seguito, il sistema Freedom è predisposto per ospitare anche sensori ad ultrasuoni gestiti per mezzo del protocollo I2C.

Bisogna però porre attenzione al fatto che le periferiche I2C che vengono aggiunte non abbiano un indirizzo che possa entrare in conflitto con quelli presenti nel sistema e che siano compatibili col bus I2C a 5V.

Una panoramica degli indirizzi<sup>14</sup> (in esadecimale) usati è riportata in Tabella 1.

Integrato	Indirizzo Read	Indirizzo Write
24LC512	A1 H	A0 H
24LC256	A1 H	A0 H
24LC128	A1 H	A0 H
24LC64	A1 H	A0 H
PCF8563P	A3 H	A2 H

Tabella 1: Indirizzi Read/Write del Bus I2C

La presenza di più modelli EEPROM è legata alla compatibilità della piedinatura di quest'ultimi. Alcuni modelli hanno disponibili le linee A0, A1, A2<sup>15</sup> in modo da poter collegare, sullo stesso bus, fino a 8 memorie dello stesso tipo assegnando ad ognuna una terna A0,A1,A2 differente. In particolare la memoria presente su Freedom ha queste linee collegate a massa, ovvero A0=0, A1=0, A2=0.

Queste linee non sono presenti per il Real Time Clock/Calendar il quale ha indirizzi di lettura e scrittura non modificabili.

Per il funzionamento dell'orologio è presente un quarzo a 32768Hz per mezzo del quale è possibile ricavare la frequenza di un Hz.

Il PCF8563 può essere impostato con un orario d'allarme. Quando si verifica un evento di allarme, viene generato un interrupt sulla linea

<sup>14</sup> Si fa presente che è possibile montare anche altri tipi di memorie, purché siano alimentabili a 5V e siano pin compatibili con le memorie riportate in Tabella 1.

<sup>15</sup> Per ulteriori informazioni sul protocollo I2C, si rimanda al Tutorial "Bus I2C".



INT (RB0) collegata per mezzo del resistore R4, a Vcc, in modo da poter implementare un collegamento Wired-or, questo permette di collegare più linee d'interrupt open collector (open drain) sulla stessa linea INT.

Da quanto, detto si capisce che per utilizzare correttamente il Real Time Clock/Calendar bisogna lasciare disponibili sia i pin per il bus I2C (RC3 e RC4) che il pin INT (RB0) mentre se si vuole utilizzare solo la memoria EEPROM non è necessario lasciare disponibile la linea INT (RB0) ma bisogna tener conto che è presente una resistenza di pull-up.

Per ulteriori informazioni sugli integrati citati si rimanda ai datasheet dei costruttori riportati in Bibliografia.

Per ragioni di praticità le linee del bus I2C sono anche riportate sul connettore SV9 in modo da potersi interfacciare con altre periferiche I2C in maniera più pratica. Questo connettore è stato in particolare pensato anche per quei casi in cui due Freedom lavorino una come Master e una come Slave.

La corrispondenza pin connettore e bus I2C è riportata in Tabella

Pin connettore	Linea I2C
1	SCL
2	GND
3	SDA

**Tabella 2:** Corrispondenza pin connettore SV9 e linee I2C

### Sensore ad ultrasuoni

In molti sistemi automatici, in particolare robotici, risulta particolarmente utile l'utilizzo di sensori ad ultrasuoni per il rilevamento degli ostacoli o delle distanze. Il principio dei sensori ad ultrasuoni è lo stesso di quello sfruttato in natura dai pipistrelli, ovvero viene emesso un suono e si attende il suo eco. Il tempo che l'eco impiega per tornare alla sorgente è legato alla distanza dell'oggetto che ha causato l'eco.

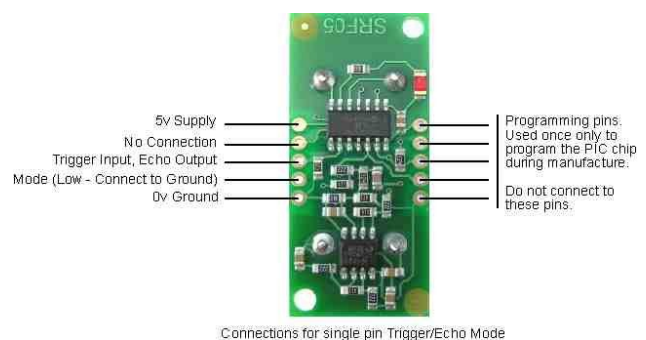
A seconda della sensibilità in termini di distanza o dimensioni degli oggetti che si vuole rilevare bisogna scegliere un sensore ad ultrasuoni idoneo.

In particolare, in base all'applicazione, può risultare utile l'utilizzo di più sensori ad ultrasuoni. In queste applicazioni, per

risparmiare il numero di I/O del microcontrollore si usano spesso i sensori ad ultrasuoni con interfaccia I2C. In questo modo su uno stesso bus si possono collegare più sensori.

In particolare Freedom possiede un connettore che risulta, dopo aggiustamento di opportuni jumper, compatibile sia con sensori ad ultrasuoni con interfaccia I2C che con interfaccia Trig/Echo<sup>16</sup>.

In Figura 9 è riportata, come esempio, la piedinatura del sensore ad ultrasuoni SFR05 con interfaccia Trig/Echo.



**Figura 9:** Sensore ad ultrasuoni SFR05 con interfaccia Trig/Echo

In Figura 10 è riportato il connettore di uscita SONAR al quale collegare il sensore/i ad ultrasuoni. Facendo riferimento al sensore SFR05 si ha che la corrispondenza del connettore è uno a uno a partire dal pin 1 di SONAR che corrisponde ai +5V di alimentazione del sensore.

<sup>16</sup> Questo tipo di interfaccia consiste in un pin dedicato alla generazione dell'impulso ad ultrasuoni e uno dedicato alla ricezione dell'impulso correlato all'Echo (eco).



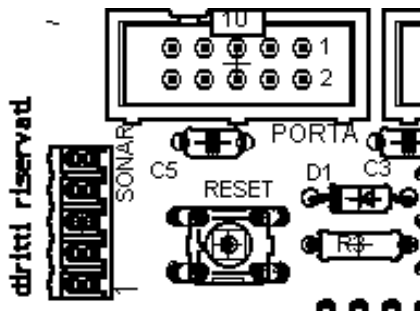


Figura 10: Connettore sensore ad ultrasuoni, l'alimentazione +5V è il pin 1

Per impostare Freedom in modalità Trig/Echo bisogna porre i jumper Echo e Trig, come riportato in Figura 11.

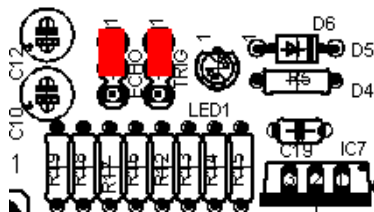


Figura 11: Chiusura dei jumper per i sensori ad ultrasuoni in modalità Trig/Echo

In particolare il segnale Trig corrisponde al pin RC0 del PIC, mentre Echo corrisponde al pin RC5 del PIC.

Per impostare il connettore di Freedom per i sensori con interfaccia I2C bisogna provvedere alla chiusura dei jumper secondo quanto riportato in Figura 12. In particolare si ha che il segnale SDA corrisponde al pin RC4 del PIC, mentre il segnale SCL corrisponde al pin RC3 del PIC.

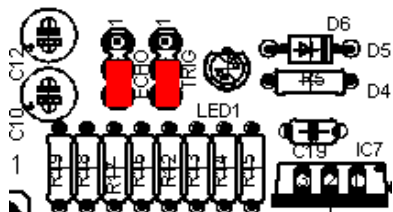


Figura 12: Chiusura dei jumper per i sensori ad ultrasuoni in modalità I2C

### Sensore di temperatura

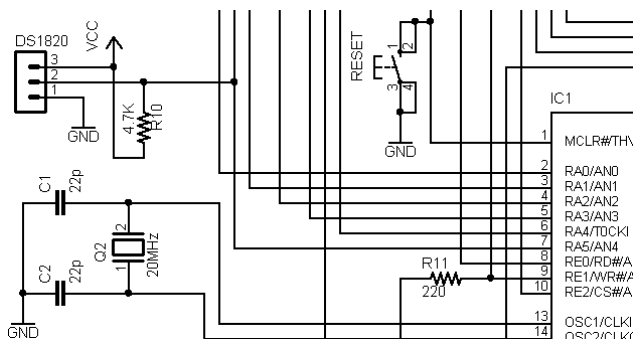
La presenza del sensore di temperatura permette al sistema di riconoscere una delle grandezze principali dell'ambiente circostante, la temperatura. In Figura 13 è riportata la sezione di schema elettrico relativa al sensore di temperatura DS1820. Come sensore si è scelto il

DS1820<sup>17</sup>, con uscita digitale 1-wire, piuttosto che LM35 o altri con uscita analogica poiché in questo modo è possibile collegarne più di uno sullo stesso bus, ovvero in parallelo<sup>18</sup>.

L'uscita del sensore DS1820, essendo open drain<sup>19</sup>, necessita di un resistore di pull-up (R10). L'uscita è poi collegata all'ingresso RA5 del PIC per mezzo del quale è possibile effettuare la comunicazione con il sensore stesso. Dal momento che ogni sensore possiede un proprio indirizzo interno è possibile<sup>20</sup>, come detto, collegare più sensori in parallelo. La comunicazione sul bus 1-wire avverrà solo tra il PIC e la periferica con l'indirizzo voluto.

Se si dovessero collegare più sensori non sarà necessario il resistore di pull-up per ognuno di essi, visto che R10 collegherà a Vcc anche le uscite degli altri sensori.

Molti linguaggi ad alto livello possiedono funzioni interne precompilate che permettono l'utilizzo del bus 1-wire in maniera molto semplice. Ciò nonostante è bene leggere il datasheet del DS1820 per sapere il codice dei comandi e avere una panoramica del dispositivo.



**Figura 13:** Schema elettrico relativo al sensore di temperatura DS1820

## Sensore di luminosità

<sup>17</sup> Questo sensore è prodotto dalla Maxim/Dallas, la quale ha prodotto anche il DS18S20 che presto sostituirà il DS1820.

<sup>18</sup> Il sensore LM35 può comunque essere utilizzato ma bisogna rimuovere il resistore di pull-up R10. In caso si utilizzi il sensore LM35, un solo sensore potrà essere utilizzato ed il pin del PIC deve essere impostato come ingresso analogico invece di digitale.

<sup>19</sup> Per ulteriori informazioni in materia si rimanda al Tutorial "1000 domande 1000 risposte"

<sup>20</sup> Il concetto d'indirizzamento della periferica è analogo a quello che si ha per il bus I2C.

Il sensore di luminosità FR consiste in un fotoreistore collegato a partitore di tensione con un normale resistore da 100KΩ.

Il collegamento è illustrato in Figura 14, il fotoreistore e il resistore costituiscono un partitore di tensione<sup>21</sup>.

Dal momento che la fotoresistenza, nel caso di buio, ha una resistenza di 100KΩ, si ha che all'uscita del partitore si avrà una tensione prossima a 2.5V<sup>22</sup>. Quando un segnale luminoso dovesse illuminare il fotoreistore, si ha che la sua resistenza inizia a diminuire causando un aumento della tensione all'uscita del partitore di tensione.

Riassumendo, si ha che all'aumentare della luce incidente corrisponde un aumento della tensione di uscita sul partitore di tensione.

Per il funzionamento del partitore si ha che analiticamente, la tensione in uscita al partitore è:

$$V_{OUT} = \frac{R_8}{R_8 + R_{FR}(i)} \cdot V_{CC}$$

dove

$$R_8 = 100K\Omega$$

$R_{FR}(i)$  = Resistenza del fotoreistore al variare dell'intensità luminosa incidente (min. 10KΩ max. 100KΩ)

$$V_{CC} = 5V$$

Dal momento che non è in generale noto l'andamento della resistenza del fotoreistore in funzione dell'intensità luminosa la relazione analitica dell'andamento della tensione in uscita al partitore di tensione non è in generale utilizzabile<sup>23</sup>.

L'uscita del partitore viene monitorata grazie al collegamento di quest'ultimo all'ingresso analogico RA0 del PIC.

<sup>21</sup> Per ulteriori informazioni in materia si rimanda al Tutorial "Teoremi ed applicazioni fondamentali dell'elettrotecnica".

<sup>22</sup> Questi valori sono validi per il fotoreistore utilizzato, il quale possiede una resistenza al buio di circa 100KΩ, mentre una resistenza minima sotto illuminazione di 10KΩ.

<sup>23</sup> Unico modo per superare tale inconveniente è per mezzo di prove sperimentali.

A seconda delle scelte di progetto, ovvero di assegnazione degli ingressi e delle uscite della PORTA, questa periferica potrebbe non risultare disponibile. Si ricorda infatti che non tutte le combinazioni analogico e digitali della PORTA sono disponibili<sup>24</sup>.

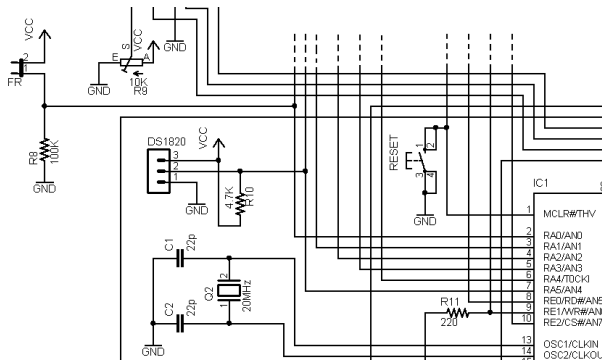


Figura 14: Dettaglio del sensore di luminosità FR

Questa periferica può essere usata per il riconoscimento del giorno e della notte. Tale funzione risulta utile, come per il sensore di temperatura, in sistemi di allarme per abitazioni, per robot o sistemi domotici in generale.

L'aggiunta di un cavetto può risultare utile per spostare il fotosensore e avere un punto di osservazione distante dalla scheda stessa.

### Altre periferiche

Oltre alle periferiche sopra citate sono presenti altre piccole periferiche e utility che fanno di Freedom un sistema embedded di pratico utilizzo.

- Il pin RE1 del PIC è collegato per mezzo di una resistenza di 220Ω ad un cicalino piezoelettrico. Questo potrebbe essere sostituito anche da un LED, rispettando la stessa polarità del cicalino. Questo risulta particolarmente utile per una qualunque segnalazione acustica o visiva. Per alcuni cicalini la resistenza da 220Ω deve essere sostituita da un ponticello in modo da ottenere una sufficiente potenza acustica. Ciò non è vero per il LED per il quale deve essere sempre presente la resistenza da 220Ω in modo da limitare la corrente fornita dal

PIC.

- Il tasto di RESET permette di resettare il sistema qualora si sia verificato uno stallo dello stesso o si voglia semplicemente riavviare il sistema per altre ragioni. Tale pulsante è individuabile per mezzo della serigrafia RESET presente sul PCB. Qualora il programmatore di cui si fa uso non possiede alcuna protezione sulla corrente massima erogabile questo può danneggiarsi se durante la fase di programmazione viene premuto il tasto di reset. Questo può avvenire a causa del collegamento diretto verso massa del pin MCLR nella fase di RESET.
- Il LED di segnalazione della alimentazione permette una facile ispezione visiva della presenza dell'alimentazione<sup>25</sup>.
- La linea di INT/RB0 possiede il resistore di pull-up necessario per il collegamento wired-or. In particolare su tale linea risulta già collegato l'orologio di sistema.
- Il connettore LCD a 10 pin permette il collegamento diretto di un display LCD in modalità a 4 bit. Dal momento che i display hanno generalmente 16 pin per l'interfacciamento con la periferica di controllo, significa che alcuni pin dell'LCD non verranno utilizzati. In particolare, sulla scheda, è presente anche il trimmer per la regolazione del contrasto del display stesso. La corrispondenza tra i pin del connettore, il PIC e il display, è riportata in Tabella 3. Durante la programmazione on-board del PIC, qualora Freedom sia alimentata direttamente dal programmatore, è bene scollegare il display LCD. Questo può infatti causare errori di programmazione e costringere ad una seconda programmazione a causa del limite di corrente di alcuni programmatori.

<sup>25</sup> Si ricorda che se il LED è acceso non significa che il regolatore di tensione a 5V sta funzionando correttamente, ma solo che la tensione dell'alimentatore è sufficiente ad accendere il LED stesso.

<sup>24</sup> Si ricorda inoltre che la PORTA è di default impostata con ingressi analogici.

Pin Connettore	Uso e connessioni PIC	Pin LCD
1	GND	GND
2	Vcc	Vcc
3	Contrasto	Contrasto
4	RD2	RS
5	GND	R/W
6	RD3	E
7	RD4	DB 4
8	RD5	DB 5
9	RD6	DB 6
10	RD7	DB 7

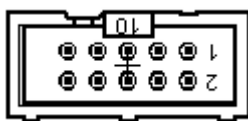
Tabella 3: Corrispondenza pin tra Connettore-PIC-LCD

### Porte di espansione

Tutte le Porte del PIC sono riportate in uscita per mezzo di connettori a dieci pin, nei quali è riportata anche la massa e i +5V.

Questo risulta particolarmente utile nell'utilizzo di schede esterne che si debbano interfacciare con Freedom. Un tipico esempio può essere una scheda che utilizza il bus I2C per il trasferimento di dati con il PIC questo richiede una connessione con la massa di Freedom e con le linee SCL e SDA rispettivamente prelevabili dal pin RC3 e RC4 della PORTC del PIC.

La disposizione dei pin sul connettore PORTC è riportata in Figura 15; questa configurazione viene rispettata per ogni porta. Nonostante questa configurazione venga rispettata per ogni porta si ricorda che per la PORTA e PORTE non sono presenti tutti i pin; per esempio il PIC16F877A possiede per la PORTA 6 pin, ovvero RA0-RA5<sup>26</sup>, mentre per la PORTE possiede 3 pin, ovvero RE0-RE2.



<sup>26</sup> La presenza di un pin di reset MCLR è regolata dalla presenza o meno di un oscillatore interno al PIC e dal suo utilizzo o meno. I pin del quarzo diventano rispettivamente OSC1-> RA7 mentre OSC2-> RA6.

piedinatura

- 1 : PORTC0
- 2 : PORTC1
- 3 : PORTC2
- 4 : PORTC3
- 5 : PORTC4
- 6 : PORTC5
- 7 : PORTC6
- 8 : PORTC7
- 9 : Vcc
- 10 : GND

Figura 15: Connettore relativo alla PORTC

In particolare è possibile vedere da Figura 19 che sulla serigrafia del circuito stampato, alla base di ogni connettore, è riportato il nome della porta del PIC corrispondente.

In particolare sono presenti altri due connettori a 10 pin; il primo è per la connessione diretta in modalità 4 bit di display

LCD, di cui si è già parlato, mentre il secondo è per la programmazione on board. Per mezzo della programmazione on board è possibile programmare il PIC direttamente sul PCB, senza dover ogni volta staccare il PIC stesso.

In questo modo si risparmia molto tempo nella fase di Testing e si evita di danneggiare i pin del PIC per eccessivo stress meccanico.

In Figura 16 è possibile vedere che il segnale di reset MCLR è collegato a Vcc per mezzo del resistore R3 e del diodo D1 e a GND per mezzo del pulsante di RESET.

La presenza del diodo permette di isolare l'alimentazione a +5V durante la fase di programmazione<sup>27</sup>.

Infatti in fase di programmazione la tensione sul pin MCLR viene portata a circa 14V<sup>28</sup> secondo le specifiche di programmazione richieste per il PIC. La protezione dell'alimentazione di +5V avviene poiché nella

<sup>27</sup> La presenza di R3 garantisce comunque un buon isolamento tra la tensione +5V e la tensione di programmazione.

<sup>28</sup> La tensione viene a dipendere dal particolare programmatore utilizzato.

fase di programmazione il catodo del diodo è a potenziale più alto dell'anodo e ciò causa la sua interdizione, ovvero si comporta come un interruttore aperto.

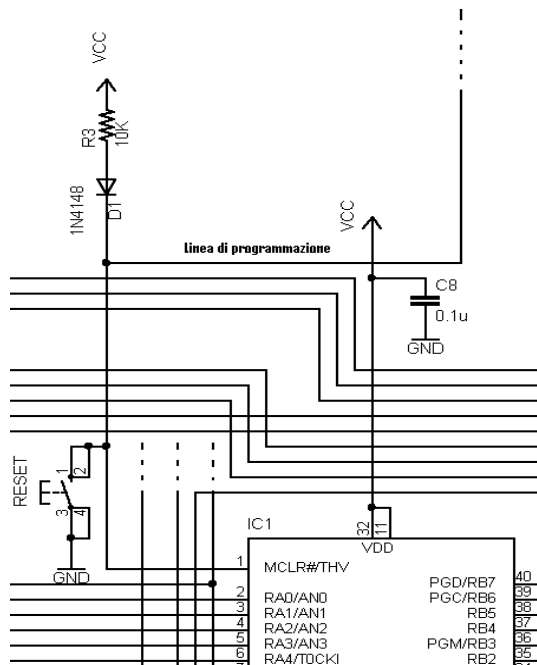


Figura 16: Sezione della schema elettrico relativa al diodo per la programmazione e al tasto RESET

La piedinatura del connettore di programmazione, sul PCB individuato dalla serigrafia PROG, è riportata in Figura 17 .

Durante la programmazione, al fine di evitare errori, è bene scollegare le eventuali periferiche collegate sulla PORTB.

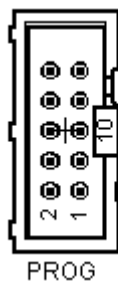
In Tabella 4 è riportata la piedinatura del PIC e il tipo di periferiche connesse. Si ricorda che a seconda delle scelte progettuali non tutto l'hardware presente in Freedom può essere sfruttato in contemporanea.

Dopo l'analisi per periferiche, in Figura 18 viene riportato lo schema intero di Freedom. Ora si può comprendere che tale sistema non è molto complesso se astratto al livello di singole periferiche.

piedinatura

- 1-2 : Vcc
- 3-4 : RB6
- 5-6 : RB7
- 7-8 : MCLR
- 9-10 : GND

Figura 17: Piedinatura del connettore per la connessione del programmatore



Pin	Periferica	Altre Funzioni
RA0	Ingresso fotoresistenza FR	I/O o in. analogico se R8 e FR sono rimossi
RA1	Disponibile	I/O o in. analogico
RA2	Disponibile	I/O o in. analogico
RA3	Disponibile	I/O o in. analogico
RA4	Disponibile	I/O o in. TOKI
RA5	Bus 1-wire per sensore di temperatura DS1820	I/O o in. analogico se viene rimosso R10 e il sensore DS1820
RA6	Disponibile nei PIC in cui si faccia uso dell'oscillatore interno (se disponibile)	I/O nel caso in cui si utilizzi l'oscillatore interno
RB0	Linea d'interrupt per il Real Time Clock/Calendar	INT
RB1	R*/W enable per trasmissione dati RS485	I/O
RB2	Disponibile	I/O
RB3	Disponibile	I/O
RB4	Disponibile	I/O, INT su PORTB
RB5	Disponibile	I/O, INT su PORTB
RB6	Disponibile	I/O, INT su PORTB
RB7	Disponibile	I/O, INT su PORTB
RC0	Segnale di TRIG per il sensore ad ultrasuoni	I/O se non si usa il sensore ad ultrasuoni in modalità TRIG/ECO
RC1	Disponibile	I/O (PWM in alcuni PIC)
RC2	PWM	I/O se il PWM non è usato
RC3	SCL per bus I2C; utilizzato dalla EEPROM e dal Real Time Clock/Calendar	I/O se non si usa il bus I2C con relative periferiche
RC4	SDA per bus I2C; utilizzato dalla EEPROM e dal Real Time Clock/Calendar	I/O se non si usa il bus I2C con relative periferiche
RC5	Segnale di ECO per il sensore ad ultrasuoni	I/O se non si usa il sensore ad ultrasuoni in modalità TRIG/ECO
RC6	Linea TX per trasmissioni RS232 o RS485	I/O se non si usa né la trasmissione RS232 né RS485
RC7	Linea RX per trasmissioni RS232 o RS485	I/O se non si usa né la trasmissione RS232 né RS485
RD0	Segnale per il controllo del Servo SV1	I/O se non si usa la relativa linea di controllo Servo
RD1	Segnale per il controllo del Servo SV2	I/O se non si usa la relativa linea di controllo Servo

Pin	Periferica	Altre Funzioni
RD2	Segnale per il controllo del Servo SV3/ Segnale RS LCD	I/O se non si usa la relativa linea di controllo Servo
RD3	Segnale per il controllo del Servo SV4/ Segnale E LCD	I/O se non si usa la relativa linea di controllo Servo
RD4	Segnale per il controllo del Servo SV5/ Segnale DB4 LCD	I/O se non si usa la relativa linea di controllo Servo
RD5	Segnale per il controllo del Servo SV6/ Segnale DB5 LCD	I/O se non si usa la relativa linea di controllo Servo
RD6	Segnale per il controllo del Servo SV7/ Segnale DB6 LCD	I/O se non si usa la relativa linea di controllo Servo
RD7	Segnale per il controllo del Servo SV8/ Segnale DB6 LCD	I/O se non si usa la relativa linea di controllo Servo
RE0	Disponibile	I/O o in. analogico
RE1	Uscita cicalino	I/O o in. analogico se il cicalino viene rimosso
RE2	Disponibile	I/O o in. analogico

**Tabella 4:** Tabella riassuntiva delle connessioni tra il PIC e le periferiche di sistema. Per una visione completa delle funzionalità di ogni pin si rimanda al datasheet del PIC utilizzato. In Tabella sono riportate solo le funzioni principali dei pin.



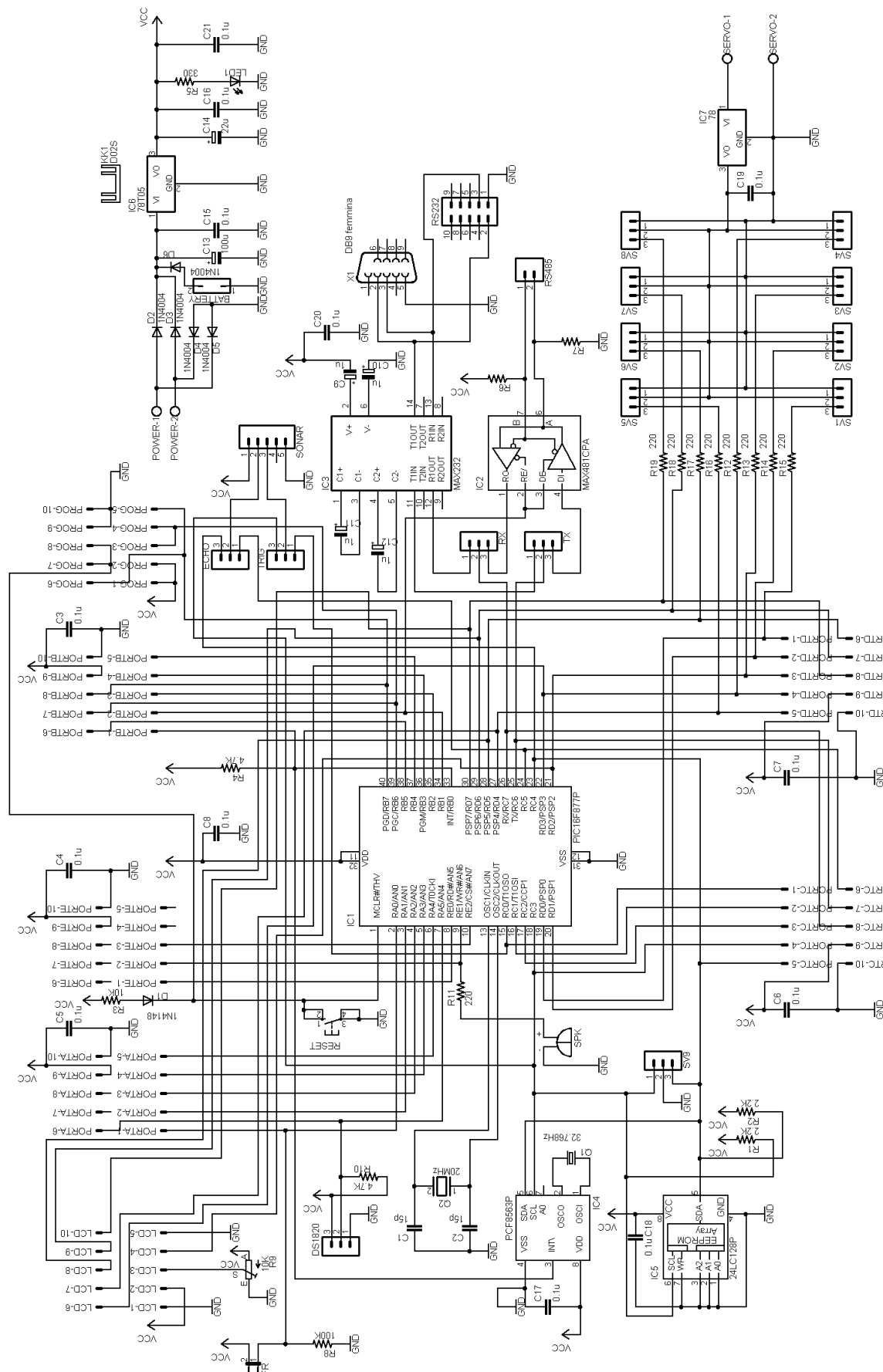


Figura 18: Schema elettrico di Freedom

**Componenti**

**R1** = 2.2K $\Omega$  1/4W 5%  
**R2** = 2.2K $\Omega$  1/4W 5%  
**R3** = 10K $\Omega$  1/4W 5%  
**R4** = 4.7K $\Omega$  1/4W 5%  
**R5** = 330 $\Omega$  1/4W 5%  
**R6** = vedi il paragrafo “Protocolli di trasmissione”  
**R7** = vedi il paragrafo “Protocolli di trasmissione”  
**R8** = 100K $\Omega$  1/4W 5%  
**R9** = 10K $\Omega$  1/4W 5%  
**R10** = 4.7K $\Omega$  1/4W 5%  
**R11** = 220 $\Omega$  1/4W 5%  
**R12** = 220 $\Omega$  1/4W 5%  
**R13** = 220 $\Omega$  1/4W 5%  
**R14** = 220 $\Omega$  1/4W 5%  
**R15** = 220 $\Omega$  1/4W 5%  
**R16** = 220 $\Omega$  1/4W 5%  
**R17** = 220 $\Omega$  1/4W 5%  
**R18** = 220 $\Omega$  1/4W 5%  
**R19** = 220 $\Omega$  1/4W 5%

**C1** = 15pF ceramico  
**C2** = 15pF ceramico  
**C3** = 0.1 $\mu$ F 50V poliestere  
**C4** = 0.1 $\mu$ F 50V poliestere  
**C5** = 0.1 $\mu$ F 50V poliestere  
**C6** = 0.1 $\mu$ F 50V poliestere  
**C7** = 0.1 $\mu$ F 50V poliestere  
**C8** = 0.1 $\mu$ F 50V poliestere  
**C9** = 1 $\mu$ F 50V elettrolitico  
**C10** = 1 $\mu$ F 50V elettrolitico  
**C11** = 1 $\mu$ F 50V elettrolitico  
**C12** = 1 $\mu$ F 50V elettrolitico  
**C13** = 100 $\mu$ F 25V elettrolitico  
**C14** = 22 $\mu$ F 10V elettrolitico  
**C15** = 0.1 $\mu$ F 50V poliestere  
**C16** = 0.1 $\mu$ F 50V poliestere  
**C17** = 0.1 $\mu$ F 50V poliestere  
**C18** = 0.1 $\mu$ F 50V poliestere  
**C19** = 0.1 $\mu$ F 50V poliestere  
**C20** = 0.1 $\mu$ F 50V poliestere  
**C21** = 0.1 $\mu$ F 50V poliestere

**D1** = 1N4148  
**D2** = 1N4004  
**D3** = 1N4004  
**D4** = 1N4004

**D5** = 1N4004  
**D6** = 1N4004  
**LED1** = LED rosso 3mm

**IC1** = PIC  
**IC2** = MAX481CPA  
**IC3** = MAX232  
**IC4** = PCF8563P  
**IC5** = 24LC128P  
**IC6** = 7805  
**IC7** = 78xx

**DS1820** = Sensore temperatura DS1820  
**Q1** = Quarzo 32.768Hz  
**Q2** = Quarzo 20MHz  
**FR** = fotoresistore 100K $\Omega$   
**PORTA** = ML10E  
**PORTB** = ML10E  
**PORTC** = ML10E  
**PORTD** = ML10E  
**PORTE** = ML10E  
**PROG** = ML10E  
**LCD** = display LCD  
**POWER** = Connettore alimentazione scheda  
**RESET** = microswitch (pulsante)  
**SPK** = Cicalino piezoelettrica 5V  
**SV1** = Connettore Servo  
**SV2** = Connettore Servo  
**SV3** = Connettore Servo  
**SV4** = Connettore Servo  
**SV5** = Connettore Servo  
**SV6** = Connettore Servo  
**SV7** = Connettore Servo  
**SV8** = Connettore Servo  
**SV9** = Connettore espansione I2C  
**X1** = DB9 femmina  
**BATTERY** = Connettore Batteria  
**RS232** = vedi il paragrafo “Protocolli di trasmissione”  
**RS485** = vedi il paragrafo “Protocolli di trasmissione”  
**RX** = vedi il paragrafo “Protocolli di trasmissione”  
**TX** = vedi il paragrafo “Protocolli di trasmissione”  
**SERVO** = Connettore di alimentazione servo  
**SONAR** = Connettore Sonar ad ultrasuoni  
**ECHO** = vedi il paragrafo “Sensore ad ultrasuoni”  
**TRIG** = vedi il paragrafo “Sensore ad ultrasuoni”

## Istruzioni per il montaggio

Freedom è un sistema realizzato su PCB a

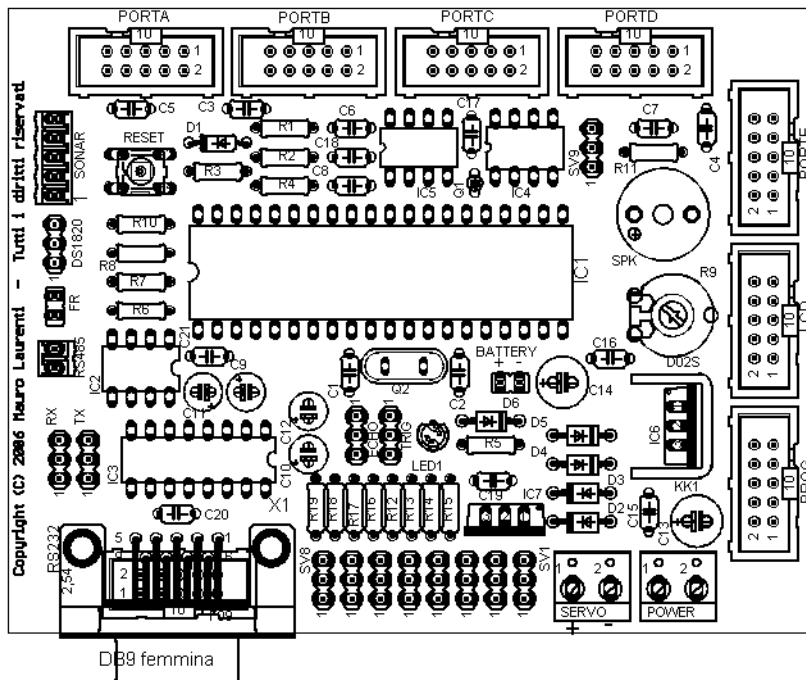


Figura 19: Schema di montaggio di Freedom

doppia faccia. Il PCB può essere richiesto alla sezione servizi del sito [www.LaurTec.com](http://www.LaurTec.com) per mezzo di semplice donazione di supporto. Il suo assemblaggio non risulta particolarmente complicato ma necessita certamente di attenzione. Per semplificare il montaggio il PCB è realizzato con serigrafia dei componenti e relativo nome.

Lo schema di montaggio è riportato in Figura 19. Per il montaggio dei componenti è consigliabile seguire la regola legata all'altezza dei componenti stessi; dunque è bene iniziare dai resistori per poi passare ai diodi. Per i primi componenti è bene accertarsi che il codice dei colori sia corretto mentre per i secondi è necessario che il verso d'inserzione sia rispettato secondo la serigrafia riportata in Figura 19.

In particolare i diodi hanno un anello colorato che segnala la posizione del catodo,

questo anello è riportato anche sulla serigrafia<sup>29</sup>.

Successivamente si può procedere al montaggio delle capacità di filtro da 0.1uF e delle capacità ceramiche.

L'ordine fin qui proposto non è obbligatorio ma può risultare pratico per il montaggio.

I circuiti integrati è bene montarli su appositi zocchetti in modo da poterli cambiare in possibili aggiornamenti della scheda ed evitarne comunque il danneggiamento in fase di saldatura.

Ulteriore accorgimento va riservato alle capacità polarizzate, per le quali bisogna rispettare il verso legato alla polarizzazione.



Figura 20: Freedom a montaggio ultimato

<sup>29</sup> I diodi LED hanno il catodo segnalato da una smussatura sulla capsula del diodo stesso. Un altro modo per individuare l'anodo e il catodo è controllare la lunghezza dei terminali. L'anodo risulta il terminale più lungo.

Sulla serigrafia del PCB di Figura 19 è facilmente individuabile il terminale positivo delle capacità indicato con un +.

A montaggio completato Freedom apparirà simile a Figura 20; infatti si possono avere differenze da montaggio a montaggio a seconda dei componenti che si vuole montare o dalla versione del circuito stampato stesso<sup>30</sup>.

Una piccola nota va riservata ai connettori che vanno realizzati per collegare Freedom alle schede di espansione. Al fine di mantenere la corretta corrispondenza tra i pin dei vari connettori il cavo<sup>31</sup> deve essere collegato come riportato in Figura 21.



**Figura 21:** Cavo per la connessione di periferiche esterne a montaggio ultimato

Come riferimento per il montaggio è bene usare le linguette d'inserzione presenti sui connettori.

Se non si dispone del Tool specifico per questi connettori si può usare un paio di tenaglie larghe almeno come il connettore o una morsa. La pressione del cavo deve fatta in maniera uniforme, in modo da non inclinare e danneggiare il connettore stesso.

Per garantire la connessione dei cavi al connettore è bene applicare la pressione sulla prima striscia di fissaggio e non sulla seconda, da applicarsi solo dopo il fissaggio della prima.

<sup>30</sup> Il circuito stampato può subire variazioni senza che il seguente articolo venga aggiornato.

<sup>31</sup> Il cavo è di tipo piatto come quello usato all'interno dei PC per connettere il lettore CD o il Floppy disk alla scheda madre. In particolare per Freedom bisogna ritagliare solo strisce con dieci cavi che rappresentano appunto il numero dei pin dei connettori.

## Bibliografia

[www.LaurTec.com](http://www.LaurTec.com) : sito ufficiale di Freedom dove poter scaricare ogni aggiornamento e applicazione. Il PCB di Freedom è reso disponibile alla sezione servizi sotto donazione di supporto al sito stesso.

[www.microchip.com](http://www.microchip.com) : sito dove scaricare i datasheet delle memorie EEPROM citate e dei PIC a 40 pin.

[www.philips.com](http://www.philips.com) : sito dove scaricare il datasheet del Real Time Clock/Calendar utilizzato.