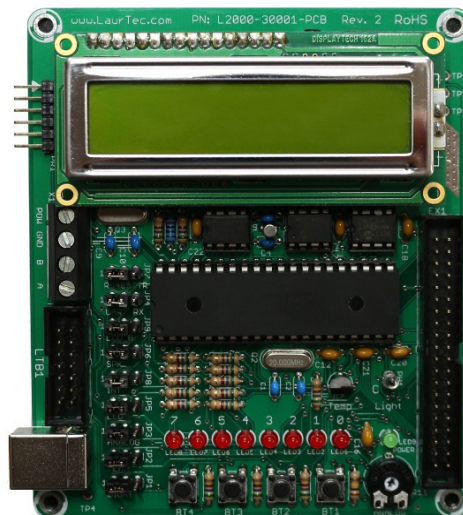


# ***LaurTec***

## **Freedom III**

### **Manuale Utente**



**Autore :** *Mauro Laurenti*

**ID:** PJ7014-IT

## Informativa sul diritto d'autore

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.

L'autore si riserva il diritto di aggiornare la documentazione tecnica e le specifiche del sistema, senza preavviso. Si raccomanda pertanto di controllare periodicamente sul sito [www.LaurTec.it](http://www.LaurTec.it) la presenza di nuove versioni e aggiornamenti del prodotto.

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

## Avvertenze

Il KIT descritto nell'articolo può essere utilizzato in molteplici applicazioni. La responsabilità sul prodotto è limitata al KIT in se e non all'applicazione finale realizzata. Chiunque decida di far uso delle nozioni riportate nel seguente articolo o decida di realizzare i circuiti proposti, è tenuto 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 e del software presentati o ai quali si rimanda nella seguente documentazione.

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

## Marcatura CE



Il progetto PJ7014 (Freedom III) è conforme alla direttiva europea:

**2011/65/UE**

Relativa alla restrizione di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche.

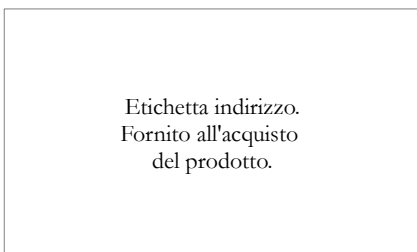
## Smaltimento



Secondo la Direttiva Europea 2012/19/EU tutti i dispositivi elettrici/elettronici devono essere considerati rifiuti speciali e non devono essere gettati tra i rifiuti domestici. La gestione e lo smaltimento dei rifiuti elettrici/elettronici viene a dipendere dalle autorità locali e governative. Un corretto smaltimento dei rifiuti permette di prevenire conseguenze negative per l'ambiente e ai suoi abitanti. È obbligo morale, nonché legale, di ogni singolo cittadino, di attenersi alla seguente Direttiva.

## Contatti

Per maggiori informazioni è possibile contattare Mauro Laurenti al sito [www.LaurTec.it](http://www.LaurTec.it) sezione contatti o inviare richieste scritte all'indirizzo :



## Indice

<b>Introduzione</b> .....	4
<b>Specifiche Tecniche</b> .....	4
<b>Analisi del Progetto</b> .....	5
Il microcontrollore.....	5
L'alimentatore.....	9
Il modulo USB.....	11
Il modulo RS485.....	11
Il bus I2C.....	13
Interfaccia grafica LED.....	15
Interfaccia grafica LCD.....	16
Pulsanti.....	17
Sensori analogici.....	18
Altre periferiche.....	23
Connettore di espansione.....	24
Schede di espansione.....	25
Connettore di Programmazione e Debug.....	27
Layout Periferiche.....	28
Layout Jumper.....	29
<b>Istruzioni per il montaggio</b> .....	29
<b>Bibliografia</b> .....	31
<b>History</b> .....	32

## Introduzione

La scheda di sviluppo Freedom III, è un sistema completo che permette di sviluppare molte applicazioni con PIC a 40 pin, senza richiedere l'aggiunta di hardware esterno. In particolare possono essere sviluppate applicazioni con protocollo USB, RS485, grafiche, analogiche e digitali. La compatibilità della scheda con i programmatori e i debugger della Microchip la rendono inoltre integrabile nel sistema di sviluppo MPLAB X.

## Specifiche Tecniche

**Alimentazione** : 9V DC  $\pm 5\%$

**Assorbimento** : 250mA max a 25°C

**Temperatura Ambiente**: 0-40°C

**Dimensioni** : 94 x 110 mm

**Part Number** : PJ7014-KIT-A (KIT Assemblato)

**Part Number** : PJ7014-KIT-U (KIT da Assemblare)

**Versione** : 2

**Peso Montata** : 125g

Il sistema Freedom III supporta il seguente hardware, senza richiedere l'aggiunta di componenti esterni:

- Supporto USB
- Supporto RS485
- Supporto I2C
- Supporto SPI
- EEPROM
- Real Time Clock Calendar
- Cicalino
- 8 LED
- 4 pulsanti
- Sensore di temperatura
- Sensore di luminosità
- Trimmer per ingresso analogico
- LCD 16x2 con retroilluminazione e trimmer di contrasto
- Connettore di espansione EX1
- Connettore di espansione LTB1
- Programmazione on board e Debug compatibile con gli strumenti Microchip

## Analisi del Progetto

In Figura 1 è riportato lo schema elettrico della scheda di sviluppo Freedom III. La scheda è progettata al fine di permettere lo sviluppo di un gran numero di applicazioni, senza dover aggiungere componenti esterni.

Per una corretta descrizione e facile comprensione dello schema, l'hardware è spiegato per blocchi funzionali, mostrando così che la complessità dello schema è solo legata all'impatto iniziale. Si fa subito notare che la scheda possiede numerosi Jumper al fine di disattivare varie parti dell'hardware. Questa opzione permette di far uso di hardware esterno connesso al connettore EX1, senza interferire con l'hardware già installato<sup>1</sup>.

### Il microcontrollore

Come prima cosa cerchiamo di capire con quali microcontrollori sia possibile utilizzare la scheda di sviluppo. La scheda Freedom III è progettata per lo sviluppo di applicazioni con il microcontrollore PIC18F46K22, ma altri microcontrollori PIC16 e PIC18 potrebbero essere utilizzati sacrificando qualche periferica. Infatti una delle strategie della Microchip nello sviluppo dei propri microcontrollori è quello di avere una piedinatura compatibile. Questa caratteristica permette infatti al progettista di migrare da un microcontrollore ad un altro con il minimo sforzo. Nonostante la politica di essere pin compatibili sia ben portata avanti, ci sono alcune periferiche che non utilizzano gli stessi pin. Un esempio è il modulo I2C, che in dispositivi aventi il modulo USB, risulta spostato rispetto alla posizione standard. La scelta del PIC18F46K22 è legata al fatto che possiede due moduli di comunicazione UART e I2C/SPI, 64KB di memoria flash, 4KB di memoria RAM, frequenza di clock fino a 64MHz, oltre a una vasta disponibilità di periferiche interne.

Ogni microcontrollore necessita di un clock per poter funzionare. Il clock rappresenta la base del tempo che il microcontrollore utilizza per l'esecuzione delle istruzioni per cui è stato programmato. Alcuni microcontrollori della Microchip, per esempio il PIC18F46K22, hanno la possibilità di generare un clock interno. Questo significa che lo schema base per utilizzare il microcontrollore consiste semplicemente nella connessione dell'alimentazione e della circuiteria di Reset<sup>2</sup>. Per supportare i PIC che come il PIC16F877 non possiedono l'opzione del clock interno, Freedom III possiede la circuiteria esterna per generare il clock. Questa consiste nel quarzo Q2 e dai condensatori ceramici C1 e C2, come riportato in Figura 1. Sebbene sia presente un oscillatore interno, la presenza del quarzo può in ogni modo essere necessaria per quelle applicazioni in cui la stabilità del clock risulta particolarmente importante. Infatti per mezzo del quarzo esterno è possibile ottenere una stabilità del clock superiore a quella ottenibile utilizzando l'oscillatore interno.

<sup>1</sup> Come regola generale ogni periferica è attivata se il Jumper è chiuso a sinistra (pin 1 e 2 cortocircuitati). Si faccia riferimento ai paragrafi successivi per maggiori dettagli.

<sup>2</sup> Dal momento che i PIC possiedono una circuiteria di Reset interna, quella esterna non è obbligatoria, ma dal momento che non è escluso che il nostro programma si blocchi, è bene prevedere un Reset esterno.

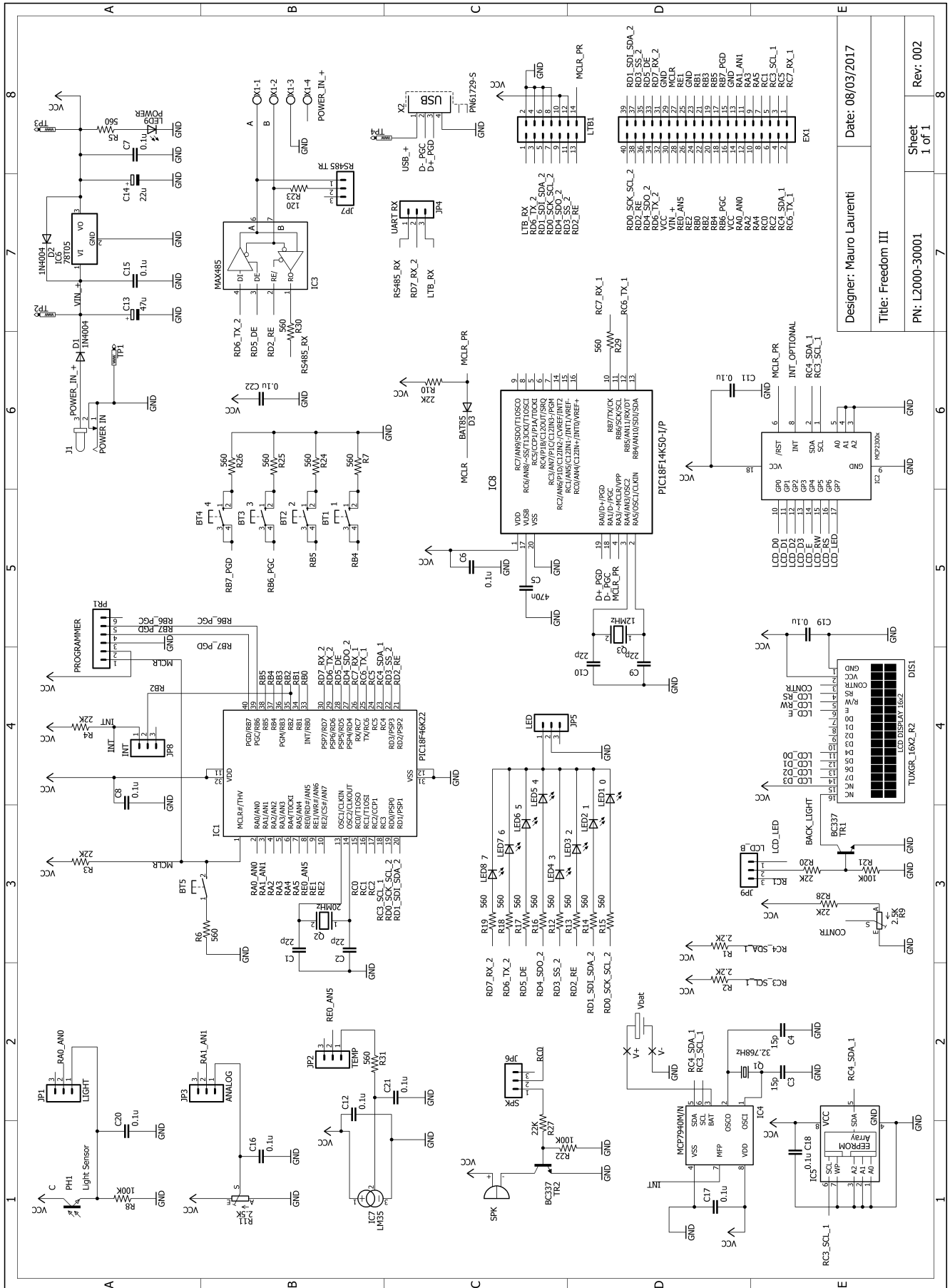


Figura 1: Schema elettrico della scheda Freedom III.

## Lista Componenti

### Resistori

**R1** = 2.2K $\Omega$  5% 1/4W  
**R2** = 2.2K $\Omega$  5% 1/4W  
**R3** = 22K $\Omega$  5% 1/4W  
**R4** = 22K $\Omega$  5% 1/4W  
**R5** = 560 $\Omega$  5% 1/4W  
**R6** = 560 $\Omega$  5% 1/4W  
**R7** = 560 $\Omega$  5% 1/4W  
**R8** = 100K $\Omega$  5% 1/4W  
**R9** = 2.5K $\Omega$  5% 1/4W Trimmer  
**R10** = 22K $\Omega$  5% 1/4W  
**R11** = 2.5K $\Omega$  5% 1/4W Trimmer  
**R12** = 560 $\Omega$  5% 1/4W  
**R13** = 560 $\Omega$  5% 1/4W  
**R14** = 560 $\Omega$  5% 1/4W  
**R15** = 560 $\Omega$  5% 1/4W  
**R16** = 560 $\Omega$  5% 1/4W  
**R17** = 560 $\Omega$  5% 1/4W  
**R18** = 560 $\Omega$  5% 1/4W  
**R19** = 560 $\Omega$  5% 1/4W  
**R20** = 22K $\Omega$  5% 1/4W  
**R21** = 100K $\Omega$  5% 1/4W  
**R22** = 100K $\Omega$  5% 1/4W  
**R23** = 120 $\Omega$  1% 0.6W (ossidi di metallo)  
**R24** = 560 $\Omega$  5% 1/4W  
**R25** = 560 $\Omega$  5% 1/4W  
**R26** = 560 $\Omega$  5% 1/4W  
**R27** = 22K $\Omega$  5% 1/4W  
**R28** = 22K $\Omega$  5% 1/4W  
**R29** = 560 $\Omega$  5% 1/4W  
**R30** = 560 $\Omega$  5% 1/4W  
**R31** = 560 $\Omega$  5% 1/4W

### Quarzi

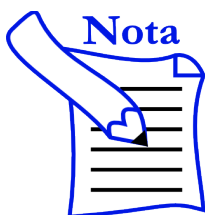
**Q1** = 32.768Hz  
**Q2** = 20MHz  
**Q3** = 12MHz

### Condensatori

**C1** = 22pF ceramico  
**C2** = 22pF ceramico  
**C3** = 15pF ceramico  
**C4** = 15pF ceramico  
**C5** = 470nF ceramico 50V  
**C6** = 0.1 $\mu$ F ceramico 50V  
**C7** = 0.1 $\mu$ F ceramico 50V  
**C8** = 0.1 $\mu$ F ceramico 50V  
**C9** = 22pF ceramico  
**C10** = 22pF ceramico  
**C11** = 0.1 $\mu$ F ceramico 50V  
**C12** = 0.1 $\mu$ F ceramico 50V  
**C13** = 47 $\mu$ F elettrolitico 25V  
**C14** = 22 $\mu$ F elettrolitico 25V  
**C15** = 0.1 $\mu$ F ceramico 50V  
**C16** = 0.1 $\mu$ F ceramico 50V  
**C17** = 0.1 $\mu$ F ceramico 50V  
**C18** = 0.1 $\mu$ F ceramico 50V  
**C19** = 0.1 $\mu$ F ceramico 50V  
**C20** = 0.1 $\mu$ F ceramico 50V  
**C21** = 0.1 $\mu$ F ceramico 50V  
**C22** = 0.1 $\mu$ F ceramico 50V

### Diodi

**LED1** = LED 3mm rosso  
**LED2** = LED 3mm rosso  
**LED3** = LED 3mm rosso  
**LED4** = LED 3mm rosso  
**LED5** = LED 3mm rosso  
**LED6** = LED 3mm rosso  
**LED7** = LED 3mm rosso  
**LED8** = LED 3mm rosso  
**LED9** = LED 3mm verde  
**D1** = 1N4004  
**D2** = 1N4004  
**D3** = BAT85

**Circuiti Integrati****IC1** = PIC18F46K22**IC2** = MCP23008**IC3** = MAX485**IC4** = MCP7940M**IC5** = 24LC32**IC6** = 7805**IC7** = LM35**IC8** = PIC18F14K50 (Programmato)**Pulsanti****BT1** = micro-pulsante per PCB – orizzontale**BT2** = micro-pulsante per PCB – orizzontale**BT3** = micro-pulsante per PCB – orizzontale**BT4** = micro-pulsante per PCB – orizzontale**BT5** = micro-pulsante per PCB – verticale**Altro****PH1** = Sensore Luminoso TEPT4400 (Vishay)**SPK** = Cicalino auto-oscillante**TR1** = Transistor NPN BC337-25**TR2** = Transistor NPN BC337-25**DIS1** = Display LCD16x2 compatibile Hitachi 44780 con relativi connettori**PCB** = Circuito Stampato L2000-30001-PCB**Connettori****EX1** = ICD 40 pin - maschio**LTB1** = ICD 14 pin - maschio**J1** = Connettore cilindrico alimentatore 2.1mm**JP1** = Jumper 3 pin (LIGHT)**JP2** = Jumper 3 pin (TEMP)**JP3** = Jumper 3 pin (ANALOG)**JP4** = Jumper 3 pin (UART RX)**JP5** = Jumper 3 pin (LED)**JP6** = Jumper 3 pin (SPK)**JP7** = Jumper 3 pin (RS485 TR)**JP8** = Jumper 3 pin (INT)**JP9** = Jumper 3 pin (LCD\_B)**PR1** = Jumper 6 pin 90 gradi**X1** = Conwago 500 4 poli**X2** = Connettore USB per periferiche (tipo B)**Nota**

Il PIC18F14K50 fornito nel KIT è programmato con il codice che permette di ottenere la conversione tra il protocollo seriale UART e USB (USB CDC Class). Il Firmware è anche disponibile nella sezione Download della scheda Freedom III.



## L'alimentatore

In Figura 2 è riportato lo schema elettrico del convertitore DC/DC installato a bordo della scheda Freedom III. Come dice il nome stesso, questo accetta in ingresso una tensione DC e fornisce una tensione DC regolata in uscita. In particolare la tensione per cui è stato dimensionato il progetto è di 9V in ingresso e 5V in uscita. L'alimentatore per alimentare Freedom III deve essere in grado di erogare una corrente di almeno 500mA e avere 9V DC in uscita.

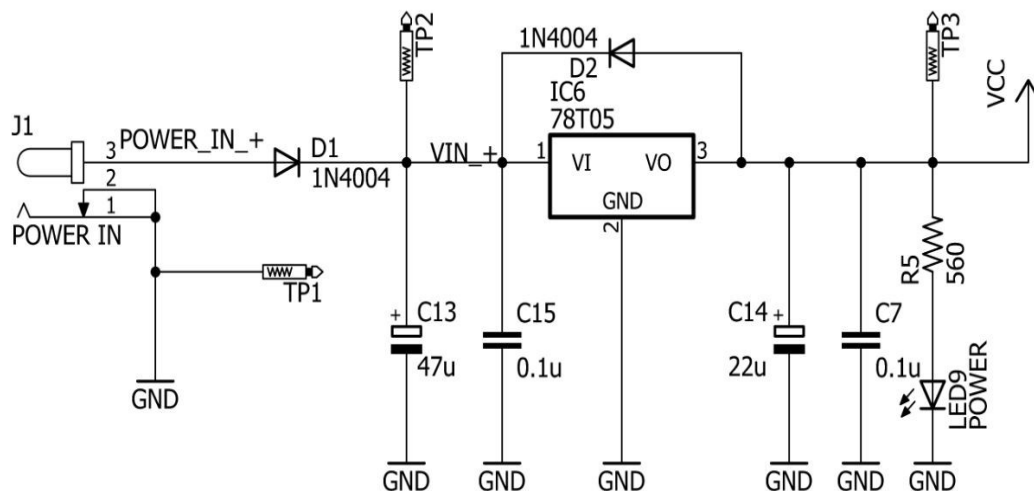


Figura 2: Schema elettrico del convertitore DC/DC.

Dallo schema è possibile osservare che la connessione dell'alimentatore esterno può avvenire sia facendo uso di alimentatori standard con connettore cilindrico con la seguente polarità:



o per mezzo di alimentatori da laboratorio o moduli, facendo uso del connettore X1 (pin 3-4). Il regolatore DC/DC è protetto da inversioni di polarità per mezzo del diodo D1. Infatti, se la tensione dovesse avere una polarità inversa da quella accettata dal regolatore lineare 78T05, il diodo non conduce, ovvero è interdetto, in particolare la sua interdizione è l'equivalente di un circuito aperto. Questo garantisce una protezione al regolatore e a tutta la circuiteria connessa alla scheda.

In uscita al regolatore è presente il LED9 di colore verde. Questo segnala se la scheda di sviluppo è alimentata. Tale spia è particolarmente utile nel caso in cui si alimenti la scheda con polarità errata, infatti, se così fosse, tale LED non si accenderebbe. E' bene notare che il LED9, seppur acceso, non indica che l'alimentazione ha un valore corretto. Infatti il regolatore 78T05, per poter funzionare correttamente deve avere al suo ingresso almeno 7.0V.



### Nota

Il limite massimo di corrente del regolatore 78T05 è di 1A ma la scheda è specificata per un massimo di 250mA. Volendo usare correnti maggiori per mezzo del connettore EX1 e LTB1 è necessario prelevare la tensione di 9V e usare un secondo regolatore dedicato all'applicazione.

Il valore 7.0V discende dal datasheet e non tiene conto che sulla scheda Freedom III è presente anche il diodo D1, la cui caduta di tensione deve sommarsi a quella minima.

Qualora non li dovesse avere, il regolatore potrebbe ancora riuscire a far accendere il LED9, ma la sua tensione di uscita non sarebbe di 5V. Un test che è possibile fare in caso di problemi, è per mezzo dei cosiddetti Test Point, TP1 e TP3, che altro non sono che dei fori metallizzati in cui è possibile posizionare facilmente i puntali del tester.

Si capisce che se tutto funziona correttamente, tra TP1 e TP3 si deve misurare una tensione di 5V. In Tabella 1 è riportato un riassunto dei Test Point e delle loro funzioni.

Test Point	Funzione
TP1	GND
TP2	VIN +
TP3	+5V
TP4	USB_+

**Tabella 1:** Funzione dei Test Point.

Ulteriore nota meritano i condensatori, sia in ingresso che in uscita. Sebbene l'alimentatore da collegare debba avere una tensione DC in uscita, frequentemente questi hanno un ripple piuttosto alto. Al fine di ottenere 5V quanto più stabili possibile, il filtraggio effettuato dai condensatori in ingresso, nonché in uscita, risulta particolarmente importante. Per esempio un ripple troppo alto potrebbe causare uno sfarfallamento dei caratteri visualizzati sul display LCD, o anche causare dei Reset del microcontrollore.

La presenza del diodo D2 permette di proteggere il regolatore e il programmatore qualora si stia alimentando la scheda per mezzo del programmatore stesso. Qualora si stia usando il PICKIT 2 o il PICKIT 3, si sconsiglia di usarli per alimentare la scheda Freedom III vista l'esigua corrente che possono fornire (poche decine di mA). Infatti la sola retroilluminazione del modulo LCD richiede una corrente di circa 100mA ed eccede da sola la massima corrente dei programmatori sopra citati. Per evitare problemi di alimentazione è bene sempre utilizzare un alimentatore esterno al fine di non incorrere nei limiti di corrente del programmatore usato. Il programmatore deve essere collegato alla scheda solo dopo averla alimentata.



### Nota

L'alimentatore utilizzato per alimentare la scheda deve avere un limite massimo di corrente pari a 600mA. La protezione deve essere fornita per mezzo di un fusibile o controllo elettronico di corrente massima.

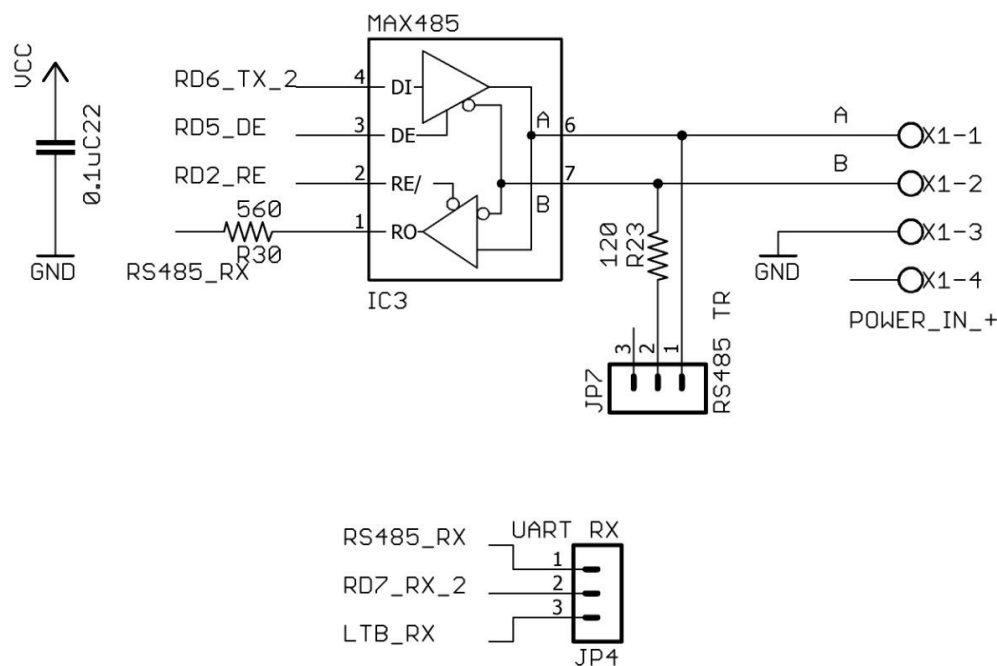
## Il modulo USB

Freedom III possiede una porta seriale emulata ovvero USB con classe CDC. In particolare il PIC18F46K22 non possiede il modulo USB ma il modulo EUSART1 è collegato all'adattatore UART-USB IC8. L'adattatore è un PIC18F14K50 già programmato con il firmware idoneo a supportare la classe USB CDC. In particolare, una volta alimentata la scheda, collegando il connettore USB alla scheda Freedom III, il PC crea una porta seriale virtuale per mezzo della quale è possibile comunicare con il PIC18F46K22 come con una semplice porta di comunicazione RS232.

Alla prima connessione della scheda Freedom III al PC, viene richiesto il file .inf scaricabile alla sezione Download della scheda Freedom III.

## Il modulo RS485

Molti sistemi embedded, supportano, per comunicazioni a lunga distanza, il protocollo RS485. Freedom III, integra un transceiver MAX485 collegato al secondo modulo USART presente nel PIC18F46K22. Frequentemente tale protocollo viene utilizzato in applicazioni robotiche e domotiche. In Figura 3 è riportato lo schema elettrico associato alla sezione RS485.



**Figura 3:** Schema elettrico della sezione RS485.

Dallo schema elettrico è possibile vedere che l'hardware esterno necessario è piuttosto semplice e consiste nel solo transceiver MAX485, collegato ai pin RD2, RD5, RD6 e RD7 del PIC. L'uscita del transceiver può essere prelevata per mezzo del connettore con-wago X1, dove è fornita anche la massa e l'alimentazione del sistema.

Freedom III possiede anche l'opzione di avere o meno la terminazione da 120Ω. L'esigenza d'inserire o meno la terminazione dipende se il bus è già propriamente terminato. Per inserire la terminazione il Jumper JP7 (RS485\_T) deve essere impostato come in Figura 4 a), mentre per disinserire la terminazione deve essere impostato come in Figura 4 b).

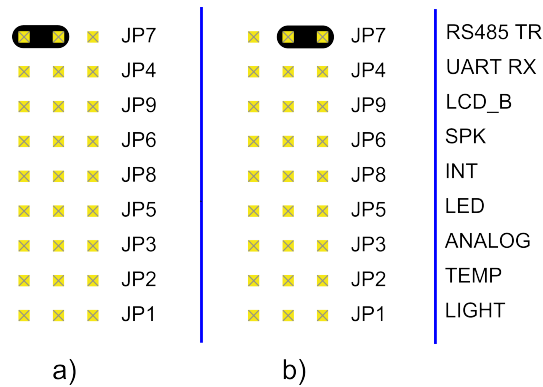


Figura 4: Impostazioni del Jumper JP7: a) terminazione connessa, b) terminazione disconnessa.

La linea RX del modulo USART2 è condivisa in maniera mutuamente esclusiva tra il buffer di ricezione del transceiver RS485 e il connettore di espansione LTB1. Per collegare il modulo USART2 al transceiver RS485 il Jumper JP4 (UART\_RX) deve essere impostato come in Figura 4 a), mentre per collegarlo al connettore LTB1 deve essere impostato come in Figura 4 b).

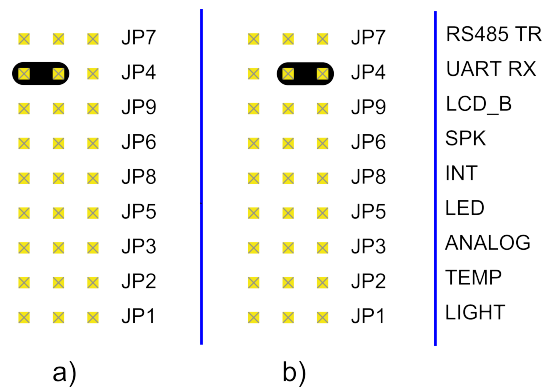


Figura 5: Impostazioni del Jumper JP4: a) connessione con transceiver RS485, b) connessione con LTB1.



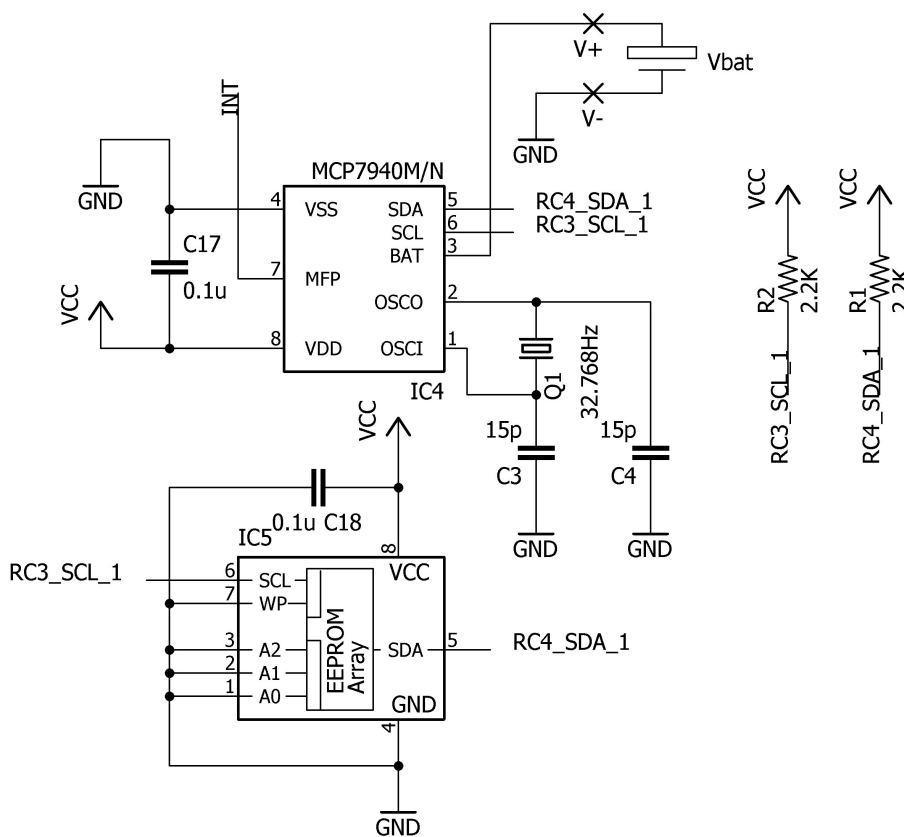
Il protocollo RS485 per poter supportare comunicazioni a lunga distanza in maniera robusta ed affidabile, richiede opportune protezioni delle linee di comunicazione, filtri anti-rumore e resistori di polarizzazione, opportunamente dimensionati in base alla struttura della rete. A causa delle numerose variazioni ed esigenze, Freedom III non integra questi componenti, troppo specifici per l'applicazione sviluppata.

## Il bus I2C

Il bus I2C, ideato dalla Philips, è diventato di fatto lo standard utilizzato laddove il numero di pin per il controllo di un determinato dispositivo, deve essere ridotto<sup>3</sup>. Infatti il bus I2C richiede solamente 3 pin di controllo per il suo funzionamento<sup>4</sup>.

Sulla scheda Freedom III sono presenti tre periferiche collegate al bus I2C. Queste sono la memoria EEPROM 24LC32, il Real Time Clock/Calendar MCP7940M e l'I/O extender MCP23008. Per mezzo dei primi 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. L'MCP23008 è invece utilizzato per pilotare il modulo LCD e liberare pin dal PIC.

Il bus I2C fa normalmente uso dei 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 SCL (Serial Clock), per mezzo delle quali avviene la trasmissione seriale, sono linee open-collector (o open-drain). In Figura 6 sono riportati i dettagli della memoria EEPROM e del RTCC.



**Figura 6:** Schema elettrico della sezione del bus I2C.

Prelevando le linee SDA e SCL dal connettore EX1 o LTB1, è possibile collegare anche altre periferiche I2C. Nel fare questo bisogna però porre attenzione al fatto che le periferiche I2C che vengono aggiunte non abbiano un indirizzo che possa entrare in conflitto con quelle presenti nella scheda Freedom III e che siano compatibili col bus I2C

<sup>3</sup> Un altro standard seriale frequentemente utilizzato in applicazioni in cui il controllo è fatto con pochi fili, è lo standard SPI. L'hardware per il controllo SPI è presente in molti PIC ed è generalmente mutuamente esclusivo con il modulo I2C.

<sup>4</sup> Per ulteriori informazioni sul protocollo I2C, si rimanda al Tutorial "Bus I2C" disponibile sul sito LaurTec.

a 5V. Una panoramica degli indirizzi<sup>5</sup> usati (in esadecimale) è riportata in Tabella 2. La presenza di più modelli EEPROM è legata alla compatibilità della piedinatura di quest'ultimi. Alcuni modelli hanno disponibili le linee A0, A1, A2 in modo da poter collegare, sullo stesso bus, fino a 8 memorie del medesimo tipo, assegnando ad ognuna una terna A0, A1, A2 differente.

In particolare la memoria presente su Freedom III ha le linee d'indirizzo collegate a massa, ovvero A0=0, A1=0, A2=0. Queste linee non sono presenti sul Real Time Clock Calendar, per cui gli indirizzi di lettura e scrittura non sono modificabili.

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
24LC32	A1 H	A0 H
MCP7940M	D1 H	D0 H
MCP23008	41 H	40 H

**Tabella 2:** Indirizzi Read/Write del bus I2C.



### Nota

La Batteria tampone Vbat è disponibile solo sul modello del RTCC MCP7940N. Freedom III possiede dei pad sotto IC4 per facilitare il collegamento della batteria tampone. Il KIT viene fornito con il modello MCP7940M e non MCP7940N, per cui la batteria non è né fornita né collegabile.

<sup>5</sup> Si fa presente che è possibile montare anche altri tipi di memorie, purché siano alimentate a 5V e siano pin compatibili con le memorie riportate in Tabella 2.

### Interfaccia grafica LED

Semplice ma sempre efficace, il LED non poteva mancare! Freedom III possiede 8 LED per la visualizzazione di singoli bit o di byte. I LED sono connessi alla PORTD come mostrato in Figura 7.

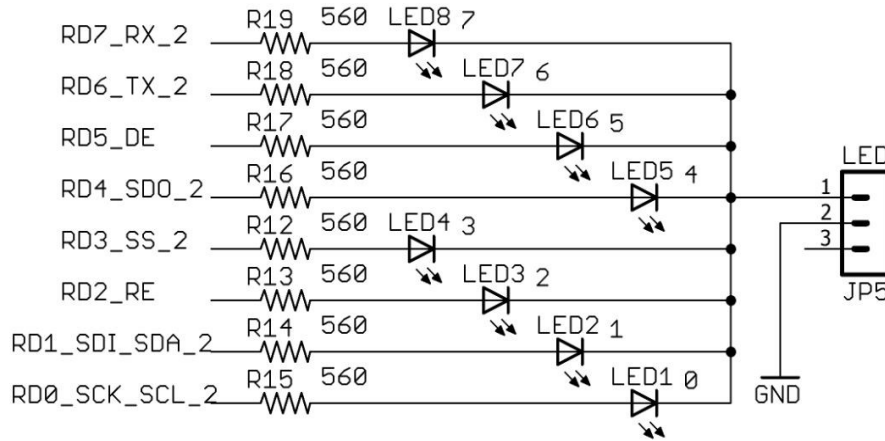


Figura 7: Schema elettrico dell'interfaccia grafica a LED.

Come visibile dallo schema, la stringa LED può essere disabilitata per mezzo del Jumper JP5 (LED). La stringa LED risulta attiva se il Jumper è posizionato come in Figura 8 a) mentre risulta disattiva se posizionato come Figura 8 b).

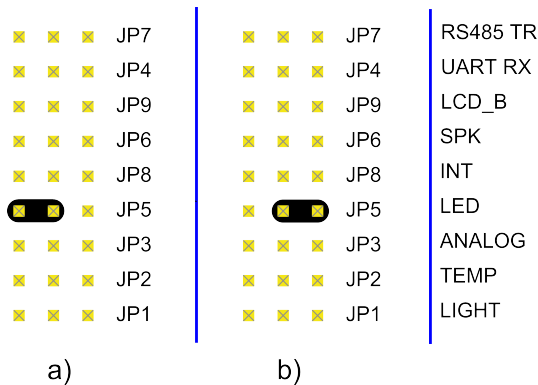


Figura 8: Impostazioni Jumper del JP5: a) LED ON, b) LED OFF.



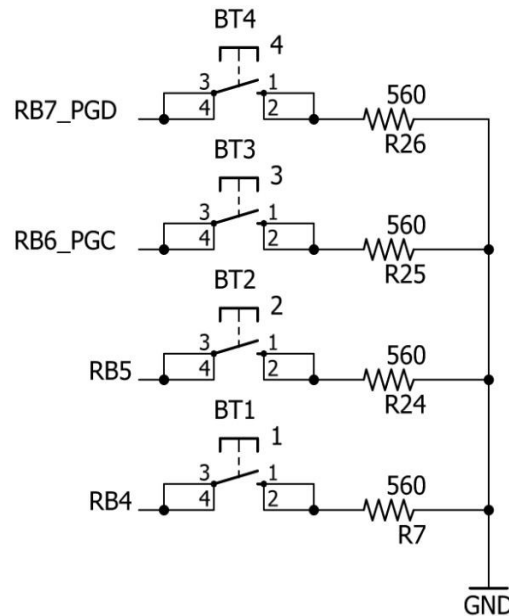
Si noti che alcuni LED sono in comune con le linee di comunicazione associate al secondo modulo UART, I2C, SPI. Nel normale utilizzo della scheda si fa uso solo del modulo 1 associato ad ogni protocollo, per cui i LED rimangono liberi. Usando il secondo modulo UART, I2C, SPI i LED possono essere un carico eccessivo per il BUS e creare errori di comunicazione, si devono dunque disattivare per il corretto funzionamento dei rispettivi protocolli.





## Pulsanti

Freedom III possiede 4 pulsanti, comodamente accessibili, che possono essere utilizzati per applicazioni generiche. Nonostante la semplicità di questo hardware, la sua presenza permette di semplificare e accelerare lo sviluppo di nuove applicazioni. Infatti non è necessario avere fili volanti né tanto meno fare saldature. Lo schema elettrico relativo ai pulsanti è riportato in Figura 11.



**Figura 11:** Schema elettrico associato ai pulsanti.

Si può osservare che i pulsanti sono collegati rispettivamente agli ingressi RB4-RB7. La scelta di questi pin discende dal fatto che la PORTB possiede linee d'interrupt sulla variazione del valore logico del pin. Questo risulta particolarmente comodo se si vogliono gestire i pulsanti con le interruzioni. Un'altra peculiarità della PORTB è che possiede resistori di pull-up interni, dunque si risparmiano i resistori di pull-up esterni. Qualora si vogliono utilizzare i pulsanti, è necessario abilitare i resistori di pull-up interni al PIC<sup>6</sup>. Altro vantaggio sta nel fatto che i pulsanti rientrano in quella tipologia di hardware che non dà fastidio alla programmazione, infatti sono normalmente aperti.

I resistori R7, R24, R25, R26 svolgono varie mansioni. Durante la fase di programmazione, proteggono il programmatore nel caso in cui si preme inavvertitamente il pulsante BT4 e/o BT3, limitando la corrente di corto circuito<sup>7</sup>. Tali resistori risultano fondamentali anche per la protezione del PIC nel caso in cui si utilizzino i pin RB4-RB7 come output invece di input. La pressione di un tasto potrebbe cortocircuitare verso massa l'uscita causandone la rottura, le resistenze R7, R24, R25, R26 evitano che questo accada, limitando ancora una volta la corrente di cortocircuito.

<sup>6</sup> Per maggiori informazioni si faccia riferimento al datasheet del PIC utilizzato e agli esempi di programmazione.

<sup>7</sup> La pressione di BT3 e/o BT4 durante la fase di programmazione, anche se non danneggia il programmatore e il PIC, potrebbe far fallire la programmazione, richiedendone una seconda.

## Sensori analogici

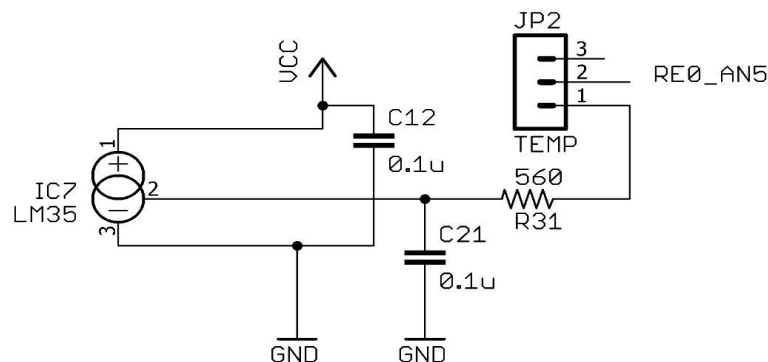
Il sistema Freedom III è stato progettato per permettere diversi tipi di esperienze con il mondo analogico, utilizzando il convertitore analogico digitale (ADC) interno al PIC. L'hardware dedicato si divide in tre gruppi:

- Sensore di Temperatura con LM35
- Sensore di Luminosità (Light Sensor)
- Trimmer

Si fa notare che gli ingressi analogici non usati, sono disponibili tramite il connettore EX1 e LTB1. Inoltre potendo disattivare le tre periferiche, è possibile direttamente accedere a tutti gli ingressi del convertitore analogico digitali.

### Sensore di Temperatura

Il sensore di temperatura utilizzato è il sensore della Texas Instruments LM35. La sua uscita in tensione è direttamente collegata all'ingresso analogico AN5 ovvero al pin RE0 della PORTE.



**Figura 12:** Schema elettrico associato al sensore termico LM35.

Sebbene il sensore sia direttamente collegato all'ADC senza far uso di amplificatori operazionali è possibile senza problemi misurare temperature sopra 0 °C con risoluzione di 1 °C<sup>8</sup>.

Il sensore di temperatura può essere disattivato<sup>9</sup> per mezzo del Jumper JP2 (TEMP). Il sensore di temperatura risulta attivo se il Jumper JP2 (TEMP) è posizionato come in Figura 13 a) mentre risulta disattivo se posizionato come in Figura 13 b).

<sup>8</sup> Trascurando tutti gli errori, dal momento che il fattore di scala dell'LM35 è di 10mV/°C, ed essendo l'ADC a 10bit (PIC18F46K22), si ha una risoluzione teorica anche di 0.5 °C.

<sup>9</sup> In questo caso disattivare non significa togliere alimentazione all'integrato, bensì liberare l'ingresso analogico del PIC dall'uscita dell'integrato LM35, evitando in questo modo interferenze con altri ingressi analogici.

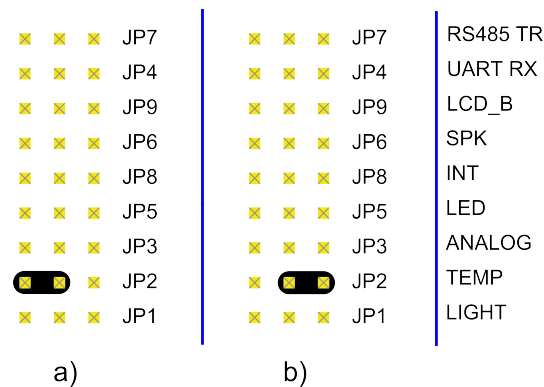


Figura 13: Impostazioni del Jumper JP2: a) Sensore Temperatura ON, b) Sensore Temperatura OFF.

### Sensore di Luminosità

Il sensore di luminosità PH1 consiste in un transistor NPN fotosensibile, ovvero la cui corrente tra emettitore e collettore viene a dipendere dalla corrente di base, la quale è proporzionale all'intensità luminosa alla quale è sottoposto il sensore.

Il sensore luminoso scelto, sebbene sia un transistor, ha in realtà due soli terminali e di aspetto molto simile ad un diodo LED con contenitore a 3mm, ma con plastica trasparente alla luce visibile. Il sensore usato, TEPT4400, è prodotto da Vishay e rappresenta una valida alternativa ai sensori LDR (*Light Depending Resistor*). In particolare la loro risposta alla luce riflette quella della sensibilità dell'occhio umano ( $\lambda = 400-700\text{nm}$ ), infatti è sensibile ad uno spettro la cui lunghezza d'onda è compreso tra  $\lambda = 440-800\text{nm}$ , con un picco a 570nm. Il suo collegamento è praticamente identico a quello richiesto per un resistore LDR ovvero a partitore di tensione, come visibile in Figura 14.

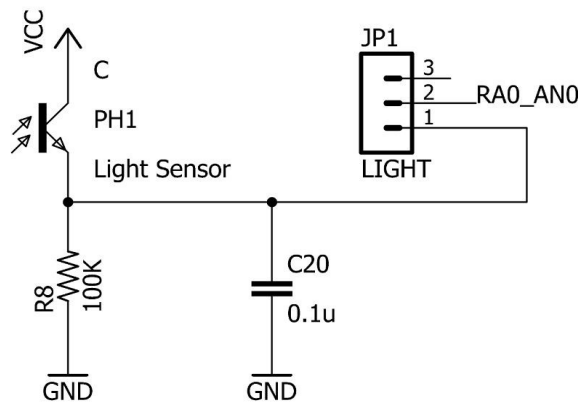
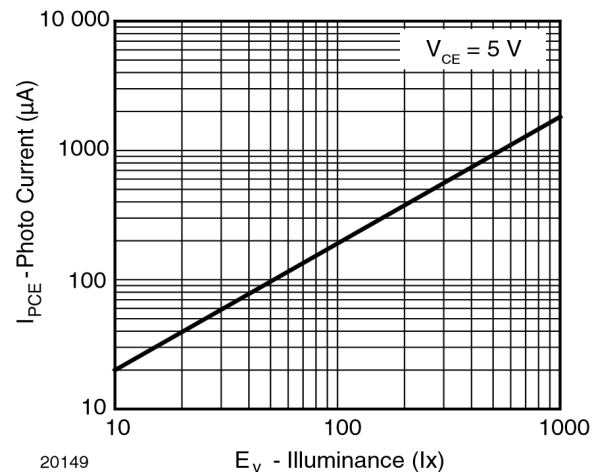


Figura 14: Schema elettrico associato al sensore luminoso TEPT4400.

Diversamente da un LDR per mezzo del sensore TEPT4400 è possibile facilmente misurare l'illuminamento  $E_v$  in lux, infatti, come si può vedere in Figura 15,  $E_v$  risulta, in scala logaritmica, proporzionale alla corrente che percorre il sensore.



**Figura 15:** Illuminamento  $E_v$  e corrente del foto sensore. Immagine prelevata dal datasheet Vishay.

Conoscendo la resistenza R8, ovvero 100Kohm, per calcolare  $E_v$ , basta dividere il valore di tensione misurato con l'ADC per la resistenza R8, ovvero calcolare la corrente, e per mezzo del grafico ricavare il valore  $E_v$ .

Il resistore R8 rappresenta il carico collegato all'emettitore, in particolare all'aumentare dell'intensità luminosa aumenta la corrente tra il collettore e l'emettitore, per cui aumenta la tensione che è possibile leggere con l'ADC.

Dal momento che in caso di buio la corrente è di soli 50nA mentre in caso di forte luce raggiunge diverse centinaia di uA, è possibile misurare un range luminoso molto ampio con tensioni che vanno da circa GND a Vcc. Conoscendo il range luminoso di interesse è possibile variare R8 a seconda delle esigenze.



### Nota

Il sensore TEPT4400, essendo un transistor, richiede di essere montato in maniera opportuna. In particolare il collettore (C), terminale corto, deve essere collegato a Vcc. Sul PCB la serigrafia mostra la lettera C in prossimità del sensore PH1, nominato Light.

L'uscita del partitore viene monitorata grazie al collegamento di quest'ultimo all'ingresso analogico RA0 del PIC<sup>10</sup>. 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.

Il sensore di luminosità può essere disattivato, per mezzo del Jumper JP1 (LIGHT). Il sensore risulta attivo se il Jumper JP1 è posizionato come in Figura 16 a) mentre risulta disattivo se posizionato come in Figura 16 b).

<sup>10</sup> Si ricorda inoltre che la PORTA è di default impostata con ingressi analogici. Per utilizzarla come I/O bisogna opportunamente impostare il registro ANSELA.

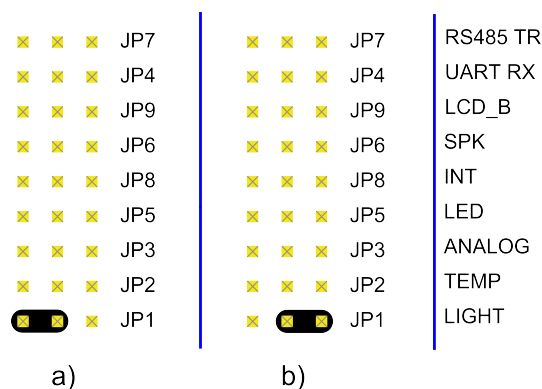


Figura 16: Impostazioni del Jumper JP1: a) Sensore Luminosità ON, b) Sensore Luminosità OFF.

### Trimmer

Il Trimmer non è un vero e proprio sensore analogico ma risulta particolarmente utile per testare ed imparare ad utilizzare il modulo ADC del PIC. Il Trimmer è posto al fianco dei pulsanti, dunque può essere comodamente girato. Come visibile dallo schema elettrico di Figura 17, il Trimmer è collegato come partitore di tensione.

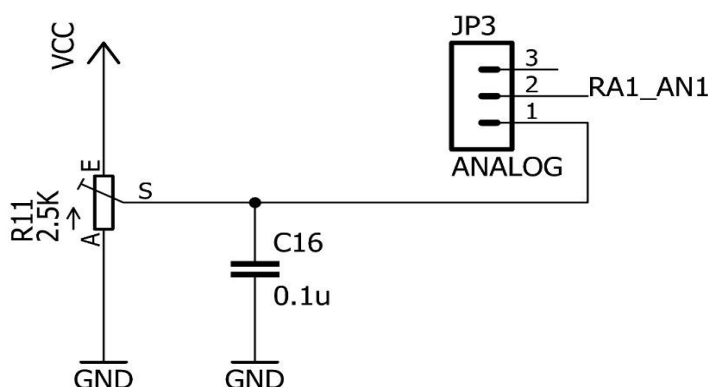


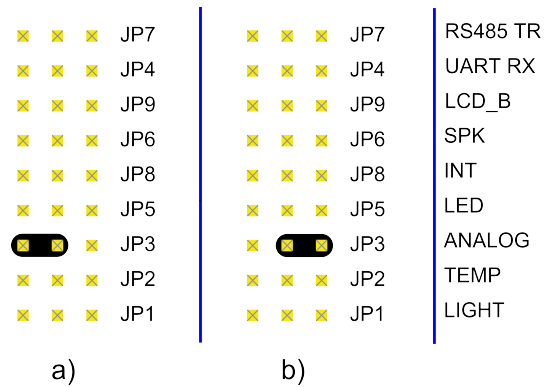
Figura 17: Schema elettrico associato al Trimmer.

Questo significa che ruotandolo, è possibile avere sul suo pin centrale il range di tensione compreso tra 0V e 5V<sup>11</sup>. Il Trimmer risulta collegato all'ingresso dell'ADC AN1 ovvero al pin RA1. Il suo valore è stato scelto di 2.5Kohm poiché il datasheet consiglia di non andare oltre tale valore per quanto riguarda l'impedenza della sorgente<sup>12</sup>.

Il Trimmer può essere disattivato, per mezzo del Jumper JP3 (ANALOG). Il Trimmer risulta attivo se il Jumper JP3 (ANALOG) è posizionato come in Figura 18 a) mentre risulta disattivo se posizionato come in Figura 18 b).

<sup>11</sup> Una rotazione in verso orario aumenta la tensione ai capi del pin centrale.

<sup>12</sup> Se siete stati attenti vi sarete accorti che il sensore luminoso potrebbe, a seconda delle condizioni luminose, essere fuori specifica. Per eliminare il problema si sarebbe dovuto utilizzare un buffer prima dell'ADC. Si è scelto per semplicità di non utilizzare il buffer, visto che incrementando i tempi di acquisizione dell'ADC si ottengono comunque buoni risultati. Per maggiori informazioni sul modulo ADC si faccia riferimento al datasheet del PIC utilizzato.



**Figura 18:** *Impostazioni del Jumper JP3: a) Trimmer ON, b) Trimmer OFF.*



### Connettore di espansione

Il sistema Freedom III possiede a bordo gran parte dell'hardware necessario per le applicazioni più comuni. Qualora questo non dovesse essere sufficiente è possibile collegare hardware esterno per mezzo dei connettori di espansione EX1 e LTB1. In Figura 20 è riportata la piedinatura del connettore EX1 mentre in Figura 21 quella del connettore LTB1.

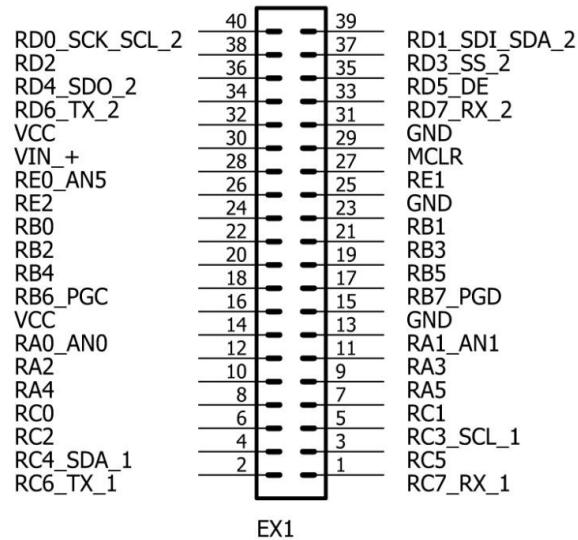


Figura 20: Connettore di espansione EX1.

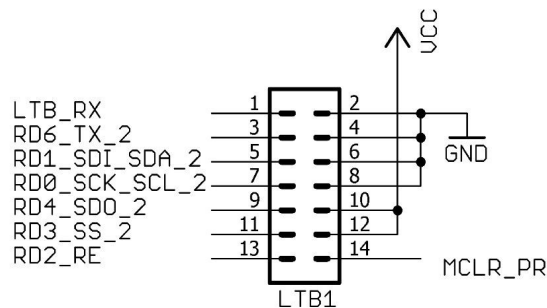


Figura 21: Connettore di espansione LTB1.

Il connettore EX1 può essere utilizzato anche per collegare le schede di espansione PJ7007, PJ7010, PJ7011. Si fa notare che il connettore EX1, oltre a tutti i pin del PIC, ha in uscita GND, +5V e VIN +, permettendo così di alimentare direttamente l'hardware esterno.

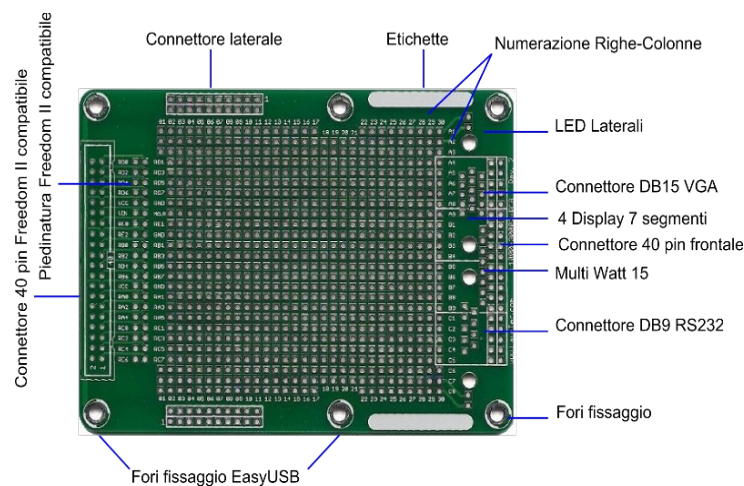


E' a cura dell'utilizzatore accertarsi che il consumo dell'hardware esterno rientri nei limiti di potenza ammessi dalla scheda Freedom III. L'alimentazione di 5V non deve superare i 250mA (corrente in uscita da IC6) mentre la somma di tutte le correnti uscenti da EX1 (+5V e VIN +) non deve superare 500mA.



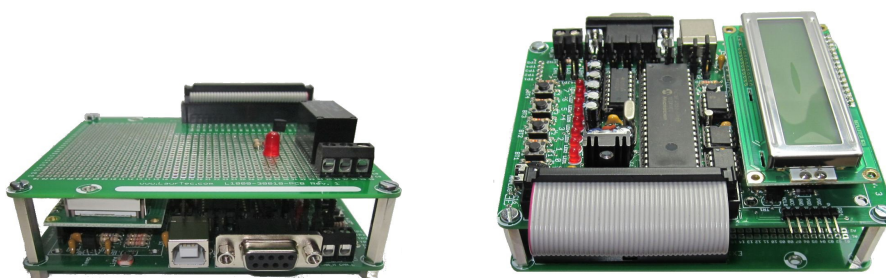
## Schede di espansione

Per supportare lo sviluppo di sistemi embedded per i quali la scheda Freedom III non dovesse avere l'hardware necessario, è possibile far uso di schede di espansione. A seconda delle esigenze è possibile usare la scheda PJ7007 (montaggio orizzontale), PJ7010 (montaggio verticale) o PJ7011 con breadboard. Le suddette schede sono state appositamente progettate per poter essere collegate direttamente con la scheda Freedom III per mezzo del connettore di espansione EX1. In Figura 22 è riportato il PCB della scheda PJ7007 mostrando la sua predisposizione per vario hardware. Maggiori informazioni sulla scheda di espansione possono essere trovati nella documentazione ufficiale della scheda PJ7007-IT scaricabile dal sito LaurTec<sup>13</sup>.



**Figura 22:** Scheda di espansione PJ7007.

In Figura 23 è riportato il PCB della scheda PJ7010 a montaggio verticale, compatibile sia con Freedom II che con Freedom III. Maggiori informazioni sulla scheda di espansione possono essere trovate nella documentazione ufficiale PJ7010-IT scaricabile dal sito LaurTec<sup>14</sup>.



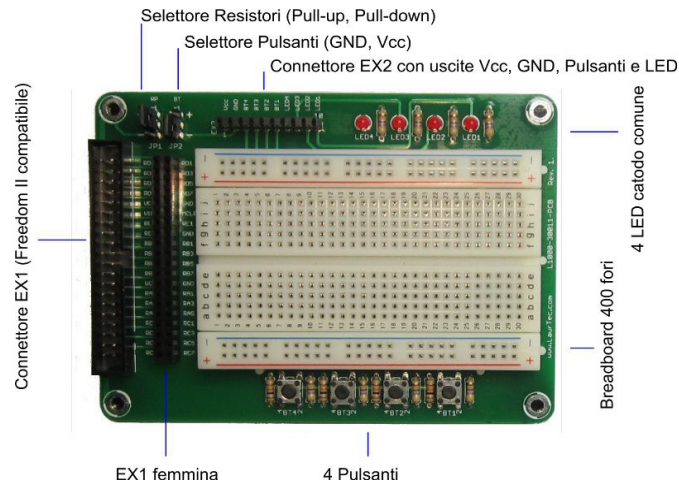
**Figura 23:** Esempio di utilizzo della scheda di espansione PJ7010.

In Figura 24 è riportata la scheda di espansione PJ7011 che possiede una breadboard con pulsanti e LED al fine di poter aggiungere altri componenti discreti senza dover

<sup>13</sup> La scheda di espansione PJ7007 può essere richiesta alla sezione servizi in forma di KIT. Il KIT include tutti i connettori e cavo di connessione con la scheda Freedom III.

<sup>14</sup> La scheda di espansione PJ7010 può essere richiesta alla sezione servizi in forma di KIT. Il KIT include tutti i connettori e cavo di connessione con la scheda Freedom III.

effettuare alcuna saldatura. Maggiori informazioni sulla scheda di espansione possono essere trovate nella documentazione ufficiale PJ7011-IT scaricabile dal sito LaurTec<sup>15</sup>.



**Figura 24:** Scheda di espansione PJ7011.

<sup>15</sup> La scheda di espansione PJ7011 può essere richiesta alla sezione servizi in forma di KIT. Il KIT include tutti i connettori e cavo di connessione con la scheda Freedom III.

## Connettore di Programmazione e Debug

Un'altra importante caratteristica di Freedom III è la sua integrazione con gli strumenti Microchip. In particolare il suo connettore di programmazione e debug è conforme alle specifiche utilizzate per i programmatori PICKIT, ICD e loro derivati. Il connettore utilizzato è in particolare la versione del connettore lineare a 6 pin come riportato in Figura 25. La serigrafia mostra il nome dei pin ed in particolare il triangolo di riferimento posto anche sul programmatore. I dettagli sulle connessioni necessarie al programmatore sono riportate in Figura 26.

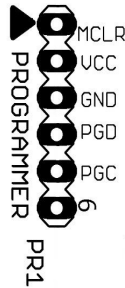


Figura 25: Serigrafia del connettore del programmatore/debug.

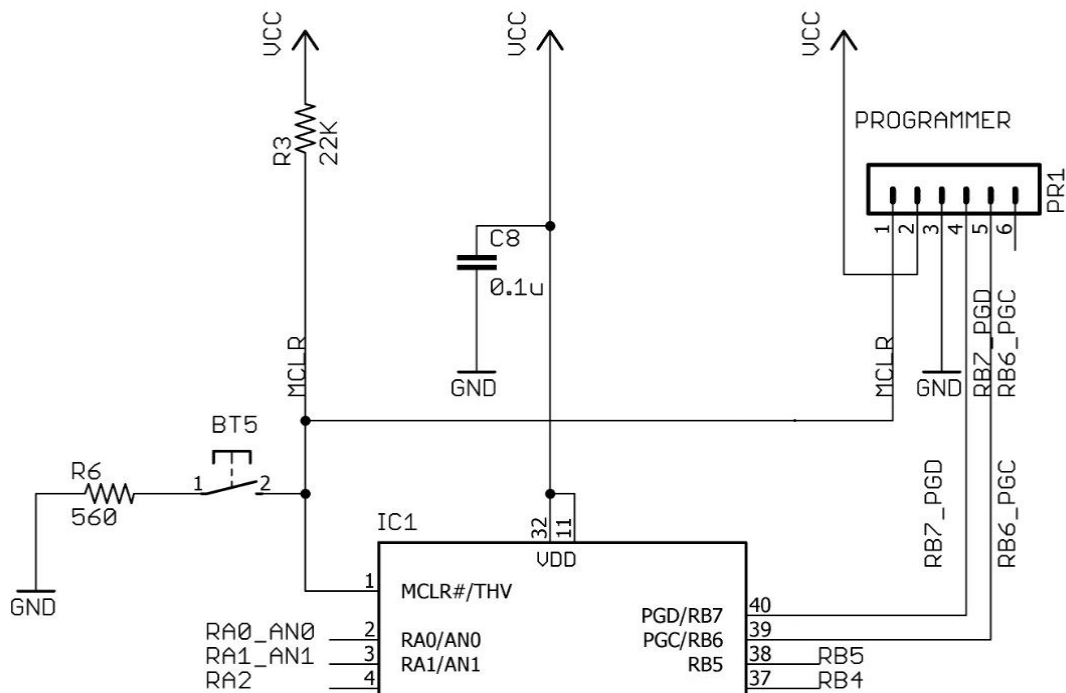


Figura 26: Connessioni del programmatore/debug.

Il fatto di utilizzare il pin-out compatibile con i programmatori Microchip permette d'integrare facilmente il sistema con l'ambiente di sviluppo Microchip MPLAB X® e i relativi programmatori.

## Layout Periferiche

Durante la fase di sviluppo risulta di fondamentale importanza una guida rapida del Layout utilizzato per le varie periferiche. Sebbene questo possa essere ricavato anche dallo schema elettrico, una Tabella in cui sono riportati direttamente i pin, può risultare più utile. Si ricorda che a seconda delle scelte progettuali alcune parti della scheda potrebbero non essere disponibili. Questo è in particolare vero se si dovesse far uso di hardware esterno.

Pin	Periferica	Altre Funzioni
RA0	Ingresso fototransistor	I/O o in. analogico se PH1e R8 sono rimossi
RA1	Trimmer ANALOG	I/O o in. analogico se il Trimmer è rimosso
RA2	Disponibile	I/O o in. analogico
RA3	Disponibile	I/O o in. analogico
RA4	Disponibile	I/O o in. TOKI
RA5	Disponibile	I/O o in. analogico
RB0	Disponibile	I/O o INT
RB1	Disponibile	I/O
RB2	Disponibile	I/O o INT
RB3	Disponibile	I/O
RB4	Pulsante BT1	I/O, INT su PORTB
RB5	Pulsante BT2	I/O, INT su PORTB
RB6	Pulsante BT3	I/O, INT su PORTB
RB7	Pulsante BT4	I/O, INT su PORTB
RC0	Cicalino	I/O se non si usa il cicalino
RC1	Retroilluminazione LCD	I/O se non si usa la retroilluminazione per LCD o PWM
RC2	Disponibile	I/O o PWM
RC3	SCL per bus I2C; utilizzato dalla EEPROM e dal Real Time Clock/Calendar (Modulo I2C 1).	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 (Modulo I2C 1).	I/O se non si usa il bus I2C con relative periferiche.
RC5	Disponibile	I/O se non si usa l'USB
RC6	Linea TX per trasmissioni UART-USB (Modulo UART1)	I/O se non si usa la trasmissione UART-USB
RC7	Linea RX per trasmissioni UART-USB (Modulo UART1)	I/O se non si usa la trasmissione UART-USB
RD0	LED1, Linea SCL (Modulo I2C 2)	I/O se non si usa il LED o il modulo I2C 2
RD1	LED2, Linea SDA (Modulo I2C 2)	I/O se non si usa il LED o il modulo I2C 2
RD2	LED3, Linea RE modulo RS485	I/O se non si usa il LED
RD3	LED4	I/O se non si usa il LED o il modulo SPI 2
RD4	LED5	I/O se non si usa il LED o il modulo SPI 2
RD5	LED6	I/O se non si usa il LED
RD6	LED7, Linea TX UART (Modulo UART 2)	I/O se non si usa il LED o il modulo UART 2
RD7	LED8, Linea RX UART (Modulo UART 2)	I/O se non si usa il LED o il modulo UART 2
RE0	Sensore temperatura LM35	I/O o in. analogico
RE1	Disponibile	I/O o in. analogico
RE2	Disponibile	I/O o in. analogico

**Tabella 3:** 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.

## Layout Jumper

In Figura 27 è riportato il dettaglio della posizione dei Jumper e relativa descrizione. La posizione mostrata è in particolare utilizzata nella fase dei test preliminari della scheda stessa.










	JP7	RS485 TR
	JP4	UART RX
	JP9	LCD_B
	JP6	SPK
	JP8	INT
	JP5	LED
	JP3	ANALOG
	JP2	TEMP
	JP1	LIGHT

Figura 27: Posizione tipica dei Jumper Freedom III.



### Nota

I Jumper sono stati collegati in maniera da avere la relativa funzione abilitata con il Jumper posizionato sul pin 1-2, ovvero lato sinistro.

## Istruzioni per il montaggio

Per i dettagli sul montaggio della scheda e il suo collaudo, far riferimento alla documentazione aggiuntiva PJ7014-AT “Freedom III – Montaggio e Collaudo della scheda”, scaricabile dal sito [www.LaurTec.it](http://www.LaurTec.it).



### Nota

Il materiale fornito con il KIT da montare è conforme alla direttiva europea 2011/65/UE relativa alla restrizione dell'uso di determinate sostanze particolari nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche. Pertanto, al fine di mantenere la conformità, è necessario utilizzare materiali per la saldatura dei componenti che siano conformi alla direttiva sopracitata. I KIT già montati sono realizzati con processi e materiali conformi.

## Indice Alfabetico

<b>2</b>		<b>M</b>	
24LC32.....	13	MCP23008.....	13
<b>7</b>		MCP7940M.....	13
78T05.....	9	microcontrollori.....	5
<b>A</b>		modulo RS485.....	11
ADC.....	18	modulo USB.....	11
alimentatore.....	9	MPLAB X®.....	27
Alimentazione.....	4	<b>N</b>	
Altre periferiche.....	23	NPN.....	19
Assorbimento.....	4	<b>P</b>	
<b>B</b>		Part Number.....	4
bus I2C.....	13	Peso Montata.....	4
<b>C</b>		PICKIT.....	27
cicalino.....	23	polarità.....	9
Circuiti Integrati.....	8	programmatori Microchip.....	27
clock.....	5	programmazione e debug.....	27
clock interno.....	5	pulsanti.....	17
Condensatori.....	7	Pulsanti.....	8
Connettore di espansione.....	24	<b>Q</b>	
Connettori.....	8	Quarzi.....	7
convertitore analogico digitale .....	18	<b>R</b>	
convertitore DC/DC.....	9	Real Time Clock/Calendar.....	13
<b>D</b>		regolatore lineare.....	9
Dimensioni.....	4	RESET.....	23
Diodi.....	7	Resistori.....	7
<b>E</b>		ripple.....	10
EEPROM.....	13	RS485.....	11
EX1.....	24	<b>S</b>	
<b>F</b>		Schede di espansione.....	25
fotosensibile.....	19	schema elettrico.....	5
<b>H</b>		SCL (Serial Clock).....	13
hardware esterno.....	24	SDA (Serial Data).....	13
<b>I</b>		Sensore di Luminosità.....	18
ICD.....	27	Sensore di Temperatura.....	18
Interfaccia grafica LCD.....	16	Sensori analogici.....	18
Interfaccia grafica LED.....	15	strumenti Microchip.....	27
inversioni di polarità.....	9	<b>T</b>	
<b>L</b>		Temperatura Ambiente.....	4
Layout Jumper.....	29	TEPT4400.....	19
Layout Periferiche.....	28	terminazione.....	11
LDR.....	19	Trimmer.....	18
Light Depending Resistor.....	19	<b>V</b>	
Lista Componenti.....	7	Versione.....	4
LM35.....	18	Vishay.....	19

**Bibliografia**

- [1] [www.LaurTec.it](http://www.LaurTec.it) : sito ufficiale della scheda Freedom III, dove poter scaricare ogni aggiornamento e applicazione.
- [2] [www.microchip.com](http://www.microchip.com) : sito dove scaricare i datasheet delle memorie EEPROM, dell'RTCC e del PIC18F46K22.
- [3] [www.ti.com](http://www.ti.com) : sito dove scaricare il datasheet del sensore di temperatura LM35.
- [4] [www.usb.org](http://www.usb.org) : sito ufficiale del consorzio USB.

## History

Data	Versione	Autore	Descrizione Cambiamento
31/10/16	1.0	Mauro Laurenti	<ul style="list-style-type: none"><li>• Versione Originale.</li></ul>
08/03/17	1.1	Mauro Laurenti	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cambiato C11 e C12 da elettrolitico a Ceramico</li><li>• Cambiato R1 e R2 da 1K a 2.2K</li></ul>