

PER TUTTI GLI APPASSIONATI DI SCIENZA E DI TECNOLOGIA

# Scienza&Tecnica

## Pratica

WWW.SCIENZAPRATICA.IT

COSE DA FARE, COSE DA PROVARE N. 2

€ 4,99



**MICROSCOPIA E GIOCO:**  
STRUMENTI SEMPLICI MA EFFICACI

**TRASMETTERE MISURE:**  
ESPERIENZA PROGETTUALE IN UN I.T.I.

**AGITATORE MAGNETICO:**  
UN UTILE PROGETTO PRATICO

**VEDERE L'INFRAROSSO**

**IoT: RETE DATI PRONTA**

**HOUBOUT MAKERS LAB:**  
E BIBLIODUINO COME UN LIBRO

**ESPERIMENTI E PROGETTI**  
ADATTI A OGNI ETÀ

**OLD TECHNOLOGY:**  
INCONTRO CON GALENE D'ECCEZIONE

**ESPERIMENTO BIMBI:**  
DIVERTITEVI INSIEME AI VOSTRI FIGLI

**EVENTI DA NON PERDERE**  
E NOVITÀ TUTTE DA SCOPRIRE

libri  
**SANDIT**

...I VOLUMI PER ASSETATI DI SCIENZA E TECNOLOGIA, LUOGHI DA VISITARE,  
ESPERIMENTI PER BIMBI E ADULTI, PROGETTI, NOTIZIE, EVENTI, IDEE,  
CURIOSITÀ, FIERE, COLLEZIONISMO, OLD TECHNOLOGY, E MOLTO ALTRO...



## Effettuare e trasmettere misure con l'elettronica

Esempi di alcuni sistemi di misura,  
presentati alla Fiera Internazionale *Maker Faire*  
di Roma, ottobre 2016.

Quest'anno in occasione della Fiera Internazionale "Maker Faire" di Roma del 14, 15 e 16 ottobre 2016, gli studenti di una mia classe, la 5<sup>a</sup>ES, del corso serale dell'Istituto Tecnico Industriale (I.T.I.) "E.Fermi" di Desio (MB), indirizzo Elettronica-Elettrotecnica, hanno realizzato alcuni prototipi.

In particolare, in uno stand del Padiglione 7 dedicato all'*Interaction*, l'autore di questo articolo con due suoi studenti di 5<sup>a</sup>ES, Giuliano Berlingieri e Fausto Portero, insieme al dott. Paolo Bonelli, Fisico, ex ricercatore RSE (Sistemi Energetici, ENEL) e collaboratore di un FabLab di

Milano, abbiamo mostrato al pubblico alcuni sistemi di misurazione.

In figura 1 e 2 potete apprezzare lo stand con i partecipanti.

Nelle figure 3 e 4, vi presentiamo l'I.T.I. "E.Fermi"



**1 e 2** La squadra al completo alla fantastica *Maker Faire* 2016. In alto da sx a dx Paolo Bonelli e l'autore di questo articolo. In basso da sx a dx gli studenti di 5<sup>a</sup>ES: Giuliano Berlingieri e Fausto Portero.

**MAKER FAIRE - ROME**  
October, 2016

**Project:**  
Remote Environment Monitoring  
via Sigfox network  
using Smarteverything board

**Industrial and Technical Institute**  
**“Enrico Fermi”**  
DESIO - Monza Brianza – Italy  
Headmaster: Elena Bonetti




Via Agnesi, 24 - 20832 Desio (MB)  
Tel. 0362.303335/36 - fax 0362.303337  
www.fermidesio.gov.it  
MITF050004@pec.istruzione.it



**Remote Environment Monitoring via Sigfox Network**  
using a SmartEverything board

Remote Monitor



Remote Environment Monitoring  
Temperature  
CO concentration

Ethernet      Sigfox





SmartEverything board  
full compliant with Arduino  
IDE



By students from the final class (2016-2017)  
of the **Electronics & Electrotechnics** course  
Prototypes shown by **Giuliano Berlingieri** and  
**Fausto Portero**  
Led by teacher **Giovanni D'Aniello**






Industrial and Technical Institute “Enrico Fermi” Desio - Italy



Thanks to sponsors




MAKER FAIRE – ROME 2016

di Desio, con una sintetica rappresentazione del progetto realizzato.

**UNA BREVE PREMessa**

In generale uno strumento di misura è un dispositivo che acquisisce in ingresso la grandezza fisica

da misurare e fornisce in uscita un segnale di valore proporzionale alla grandezza di ingresso e tale da poter essere letto da un operatore.

Misurare una grandezza significa associare ad essa un numero reale e positivo, rapporto tra la grandezza stessa e un'altra

**3 e 4** La scuola dove è nato il progetto (insieme a molte altre interessanti realizzazioni) e la scheda descrittiva presentata anche alla Maker Faire, ovvero:

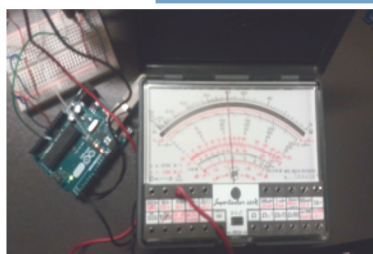
*Monitoraggio ambientale da remoto con scheda elettronica Smarteverything e trasmissione dati attraverso la rete Sigfox.*

ad essa omogenea, scelta come unità di misura, detta **grandezza campione**.

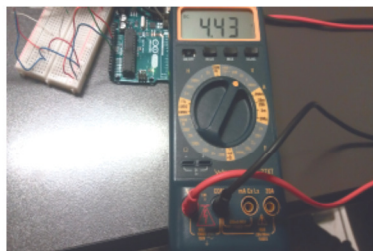
Come molti già sapranno, esistono due categorie di strumenti: **analogici e digitali**.

Lo strumento analogico fornisce la misura attraverso la deviazione di un indice, che avviene su una scala graduata. La deviazione varia con continuità sulla scala e per questo viene detta misura analogica.

**5** Una tipica misura condotta con uno strumento analogico, a lancetta.



**6** La stessa misura usando invece uno strumento digitale, con cifre a sette segmenti su un display.



Lo strumento digitale invece fornisce su un display il valore misurato.

Nelle figure 5 e 6 sono riportate due misure sullo stesso sistema (utilizzando una scheda Arduino Uno e una breadboard), condotte rispettivamente da uno strumento analogico e digitale.

Quest'ultima modalità di misura offre un immediato vantaggio per l'operatore: quello di semplificare la lettura. Infatti su una scala graduata occorre eseguire un'**interpolazione**, cioè una *interpretazione* del valore, che si potrebbe trovare tra due tacche successive e quindi ciò porta con sé un **errore di apprezzamento**; errore invece che si evita nella lettura digitale, in quanto si legge direttamente sul display il valore misurato.

I display analogici sono particolarmente usati in-

vece dove è importante percepire la misura in un colpo d'occhio, basti pensare ai cruscotti delle automobili o degli aerei.

Uno dei prototipi mostrati in fiera è il **Termo-igro-barometro** con display analogico, costruito dal dott. Paolo Bonelli.

Questo strumento misura

cui ruota un indicatore, una *lancetta*, per l'indicazione della misura (figura 7).

Il movimento dell'indicatore della corretta quantità angolare viene procurato da motorini stepper, scelti per una tensione di alimentazione



tre grandezze fisiche: la **temperatura, l'umidità e la pressione atmosferica**.

Ma l'originalità di esso consiste nell'utilizzare display analogici, cioè dei quadranti su

**7** Gli originali ed esteticamente gradevoli quadranti analogici realizzati, che hanno attratto molte curiosità durante la presentazione alla Maker Faire di Roma.

Vcc = 5V con assorbimento di corrente  $I < 20$  mA, quindi pilotabili direttamente dai pin di output digitale delle schede Arduino. Inoltre presenta una possibile rotazione da  $0^\circ$  a  $315^\circ$  (adatta ai quadranti analogici), con una risoluzione di circa  $0,3^\circ$  per singolo step. Con una coppia minima sufficiente a far ruotare un indicatore. Le dimensioni sono anche particolarmente ridotte: il diametro motore  $D = 32$  mm.

Si tratta, si diceva, di motori di tipo **passo-passo** (stepper). Tali motori, a differenza di altri, hanno come caratteristica quella di avanzare di uno step alla volta in modo molto preciso, senza proseguire per inerzia. Inviando al motore una serie di impulsi di corrente, secondo un'opportuna sequenza, si procura lo

spostamento, per passi successivi, della posizione angolare di equilibrio. È così possibile far ruotare l'albero nella posizione e alla velocità voluta contando gli impulsi ed impostando la loro frequenza.

Per il *thermo-igro-barometro* si è utilizzato un motore stepper, modello X27-168, pilotato direttamente da una scheda elettronica di tipo Arduino.

Per il software si può utilizzare la libreria *Stepper.h* (arduino.cc), oppure si può ricorrere ad un'altra libreria, *SwitecX25.h*, creata appositamente per il motore suddetto, reperibile al seguente link:

<http://bit.do/SX25>

mentre sul seguente link:

<http://bit.do/SXL25>

vi è una spiegazione del software.

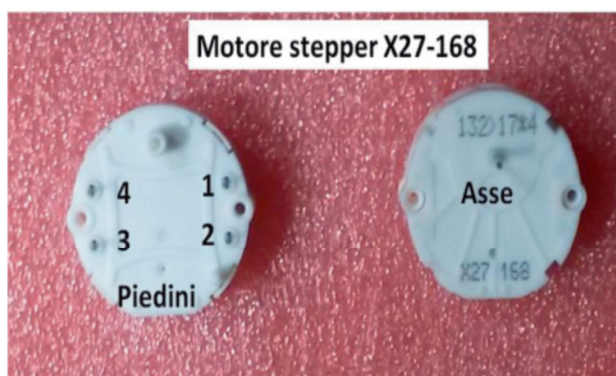
Nella figura 8 il motore stepper X27-168: i quattro piedini del motore vanno

collegati ai quattro pin digitali di Arduino (per esempio con riferimento alla scheda Arduino Uno, ai pin D8, D9, D10 e D11, (vedi fig. 9).

**Costruzione del display analogico**

Il quadrante sul quale ruota la lancetta del motore stepper è la parte forse più importante del progetto. Infatti l'estetica e la leggibilità della misura dipendono dalla forma, dal materiale e dai caratteri scelti. È qui che si può sbizzarrire la fantasia del designer.

Nel *thermo-igro-barometro*, che presento in questo articolo, i tre quadranti sono stati costruiti in metacrilato rosso fluo, spesso 3 mm. Grazie ad una macchina laser cut, oltre al taglio è possibile anche effettuare un'incisione, sia delle cifre che delle tacche. Il



**8** I piedini di collegamento e dell'asse del motore stepper X27-168a.

Per maggiori approfondimenti sugli errori nelle misurazioni, vi rimando ad un mio articolo pubblicato anni fa: **INDUZIONI – Demografia, Probabilità, statistica a scuola.** Istituti Editoriali e Poligrafici Internazionali. Pisa-Roma. 27-2003. Articolo: F.Rossetti & G.D'Aniello – La teoria degli errori nelle misure elettriche – pag. 87.

**9** La scheda capostipite di un'intera generazione di hardware e di maker.



Il materiale ha la particolarità di far risaltare qualsiasi incisione, sia in trasparenza che a luce riflessa. Inoltre un fondo nero dietro il metacrilato aumenta il contrasto.

Il motore stepper viene fissato al quadrante con due piccole viti autofilettanti da 2 o 3 mm. Il buco per l'asse deve essere più grande di questo perché deve potervi passare anche il piccolo manicotto bianco alla base dell'asse.

**Costruzione della lancetta**

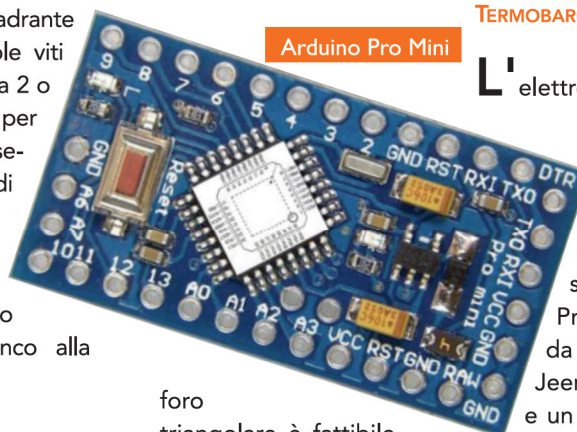
L'asse del motore stepper è cilindrico e non vi è alcun sistema per fissarvi una

lancetta sopra. Il data sheet del motore suggerisce di praticare sulla lancetta un foro triangolare che, se di dimensioni opportune, consente di non far slittare la lancetta sull'asse. Il

cilindro nero di spessore  $s = 3$  mm. Il diametro della parte circolare che si fissa all'asse, è tale da coprire tutto il motore stepper.

**LA PARTE ELETTRONICA DEL TERMOBAROMETRO**

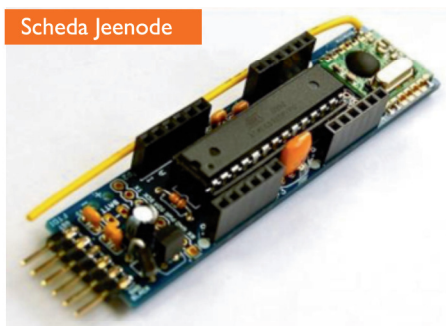
**Arduino Pro Mini**



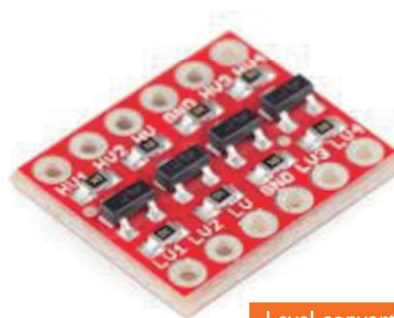
L'elettronica necessaria per il comando del motore stepper e la ricezione dati consiste in una scheda Arduino Pro Mini, una scheda wireless, detta Jeenode ([jeelabs.org](http://jeelabs.org)) e un convertitore di livello logico (level converter).

La Pro Mini è collegata ai tre motori tramite i 12 pin digitali. Essa comunica con

**Scheda Jeenode**



**Level converter**



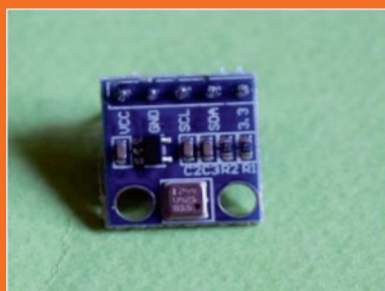
la Jeenode tramite il bus I2C e le librerie relative di cui è dotato Arduino. La scheda Jeenode ha la funzione di ricevere via radio i dati dai tre sensori di temperatura, pressione, umidità posti ad una distanza massima di una cinquantina di metri. La Jeenode ([jeelabs.org](http://jeelabs.org)) è infatti una scheda programmabile come Arduino, con in più le funzioni per trasmettere via radio, tramite un transceiver alla frequenza portante  $f = 868$  MHz. Il level converter viene usato per adattare la tensione dei segnali tra le due schede, infatti il Jeenode usa la logica a 3.3V mentre il pro-mini quella a 5V.



**SENSORI IMPIEGATI**

Il gruppo sensori è posto all'interno di una capannina meteorologica e usa una scheda Jeenode, I sensori usati sono invece uguale a quella appena descritta, per l'acquisizione e la trasmissione dei dati alla centralina con display ana-

**10** Capannina meteo contenente i sensori per la misura della temperatura e dell'umidità dell'aria e della pressione atmosferica.



BMP180, per la pressione atmosferica, con intervallo compreso tra 300 ÷ 1100 hPa

DS18B20, per la temperatura dell'aria, con intervallo compreso tra (-55) ÷ (+125) °C



HS1101 per l'umidità dell'aria: fornisce valori compresi tra 0 ÷ 100 % RH

La Maker Faire di Roma è stata occasione anche per presentare un ulteriore progetto con alcune caratteristiche altrettanto interessanti, che descriveremo nella pagine che seguono.

**MISURATORE DI MONOSSIDO DI CARBONIO E TEMPERATURA**

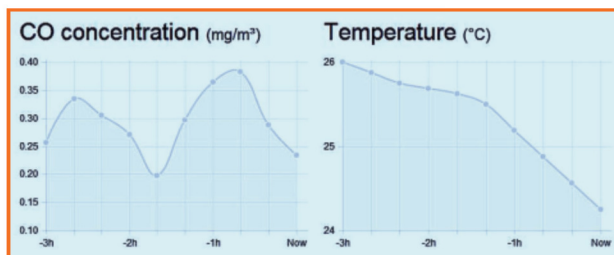
Un altro prototipo, che è stato mostrato all'evento fieristico *Maker Faire* di Roma, realizzato dagli studenti della classe 5<sup>^</sup>ES, da me coordinati, in collaborazione con la società IO-Team (*ioteam.it*), riguarda un sistema per la misura della concentrazione di un gas, il monossido di carbonio (simbolo chimico CO), accompagnata dalla precisa misura della temperatura dell'ambiente circostante. Il sistema invia, secondo una data frequenza impostata, le misure, attraverso la rete Sigfox, fino a raggiungere un server di back-end, che è possibile configurare da remoto. Attraverso un qualunque computer connesso alla rete Internet, in qualunque momento e da qualsiasi parte del mondo, è possibile visualizzare le misure

effettuate dal sistema, disponendole anche in un grafico che potete vedere a fondo pagina.

L'obiettivo è rilevare le concentrazioni al fine di non superare il Valore Limite per la protezione della salute umana, stabilito dal D.Lgs. 155/2010 come massimo della media mobile su 8 ore, di **10 mg/m<sup>3</sup>**.

Il tutto è stato realizzato tramite una Scheda SmartEverything Fox collegata al sensore di CO ed utilizzando la rete SigFox (ne accenniamo qui e ne parliamo più diffusamente anche in uno specifico articolo di questo stesso numero).

La scheda viene distribuita dalla società Arrow Europe (*arrow.com/it-it*) o da altri grandi distributori di componentistica (*it.rs-online.com* e altri). Tale scheda è dotata di diversi componenti tra i quali un Atmel D21 Ultra low-power microcontroller, un sensore di Temperatura, di Pressione atmosferica, di umidità relativa, di prossimità ed altri. Inoltre ha installato un modulo GPS con antenna



**MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)**

*È l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera; l'unico la cui concentrazione venga espressa in milligrammi al metro cubo. E' un gas incolore e inodore. Proviene dalla combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. La principale sorgente di CO è rappresentata dai gas di scarico dei veicoli a benzina, soprattutto (a differenza del gas NO, monossido di azoto) funzionanti a bassi regimi, come nelle situazioni di traffico urbano intenso e rallentato. Il CO ha la proprietà di fissarsi all'emoglobina del sangue impedendo il normale trasporto dell'ossigeno nelle varie parti del corpo. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare, soprattutto per le persone affette da cardiopatie. Concentrazioni elevatissime di CO possono anche condurre alla morte per asfissia. Alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera urbana gli effetti sono reversibili.*

[Fonte: ARPA Aosta]



integrata e un'antenna, per la trasmissione dei dati acquisiti, che trasmette onde elettromagnetiche a frequenza portante  $f_p = 868 \text{ MHz}$ . Contiene il Sigfox Module, per il collegamento, con la rete Sigfox.

Si può quindi utilizzare come nodo della rete Sigfox: l'architettura è quella di Arduino Zero.

Sul sito [bit.do/lot01](http://bit.do/lot01) e nelle pagine di questo numero dedicate all'IoT è possibile trovare gli opportuni approfondimenti.

**SENSORE CO**

Per la misura della concentrazione di monossido di carbonio è stato utilizzato il sensore Alphasense, modello CO-AX 17180052 066: campo di misura (0 - 2000



ppm). Il data sheet di questo sensore è disponibile cliccando sul seguente link: [bit.do/SeCO](http://bit.do/SeCO)

La figura 11 mostra il circuito di condizionamento del sensore CO,



mentre in figura 12 è mostrato il sistema complessivo, ottenuto collegando in cascata il circuito di condizionamento del sensore e la scheda SmartEverything, (la scheda sotto comprensiva di antenna) attraverso una scheda shield realizzata appositamente.

**11** Il circuito di condizionamento del sensore CO.



**12** Il sistema di misura complessivo. Si nota la struttura a sandwich, dove alla scheda per il collegamento con la rete SigFox (per la quale si vede spuntare l'apposita antenna) è applicato, tramite apposito shield, il circuito di condizionamento dei segnali provenienti dal sensore di monossido di carbonio.

**TRASMISSIONE ATTRAVERSO LA RETE SIGFOX**

L'informazione acquisita dal sensore viene trasmessa ogni 20 minuti ad un dispositivo Gateway. Vi sono diversi punti di accesso, distribuiti sul territorio italiano e il numero è attualmente in crescita in tutto il mondo.

Il messaggio accede così alla rete Internet e viene poi veicolato ad un server di back-end Sigfox.

L'utente Sigfox ha un proprio account e può decidere cosa fare dei messaggi ricevuti al server suddetto: per esempio inviarlo tramite posta elettronica ad un indirizzo stabilito, con la visualizzazione del tempo, del contenuto del mes-

saggio stesso, della qualità del segnale, e così via. L'applicazione più interessante è far dialogare il server Sigfox con un server del cliente o una rete cloud, con la quale si è sottoscritto un abbonamento.

Il compito quindi della rete Sigfox è quello di raccogliere i messaggi provenienti da vari nodi e veicolarli per esempio in una rete cloud, in cui è possibile elaborare l'informazione ricevuta.

La rete funziona con tecnologia UNBM (Ultra Narrow Band Modulation): la velocità di trasmissione è molto bassa, il rate  $R = 100$  bit/s e la frequenza dell'onda portante è in banda ISM (Industrial, Scientific and Medical):  $f_p = 868$  MHz. Il dispositivo trasmette a bassissima potenza e la distanza possibile del collegamento fino al nodo di rete può arrivare in aria libera fino a 80 km, per esempio in ambiente urbano fino a 20 km circa.

Si tratta di una tecnologia nata in Francia a Tolosa, poi diffusa in Europa ed ora in tutto il mondo.

La rete Sigfox infatti nasce dalla necessità di collegare dispositivi alimentati a bassa tensione e quindi a bassa potenza di utilizzo: le batterie possono durare fino a dieci anni.

Inoltre per l'utente i costi di gestione sono particolarmente interessanti: per esempio per la gestione

della scheda SmartEverything il costo attualmente è dell'ordine di pochi Euro al mese con abbonamenti annuali.



La scheda utilizzata da noi trasmette fino a 72 messaggi al giorno, ma è possibile trasmettere dal nodo al gateway fino a 140 messaggi al giorno. Questa limitazione è dovuta, in parte, al rispetto delle normative del settore. Infatti la normativa europea che disciplina la banda suddetta consente un duty cycle di trasmissione del 1%: un singolo dispositivo non potrà pertanto trasmettere per più dell'1% del tempo in un'ora, cioè per più dell'intervallo di tempo  $\Delta t = 36$  s. Ogni messaggio viene replicato tre volte: oltre ai bit di informazione, vi sono alcuni bit di controllo per la ricostruzione del messaggio nel caso in cui questo dovesse arrivare a destinazione in modo parziale. Ogni messaggio è composto da 26 byte = 206 bit; questi vengono trasmessi alla velocità  $R = 100$  bit/s, quindi in totale occorre quindi un tempo, per messaggio, pari a  $\Delta t (M) = 2$  s.

Ogni trasmissione, per le tre repliche, può richiedere fino a circa  $\Delta t (3 \cdot M) = 6$  s. Ne deriva quindi che potranno essere trasmessi massimo 6 messaggi all'ora, cioè 144 in un giorno.

Il sistema è molto indicato comunque per misurazioni a bassa frequenza: alcuni monitoraggi

ambientali per la valutazione di sostanze tossiche, utilizzo come antifurto, monitoraggio per il consumo di acqua, dell'energia elettrica o del gas, mediante lettura del contatore, e così via.

Per approfondimenti un articolo su questo stesso numero evidenzia lo stato dell'arte della rete e come si presenterà già dai primi mesi del 2017.

#### L'AUTORE:

**Giovanni D'Aniello**

*Ingegnere Elettronico e docente di ruolo di Elettrotecnica-Elettronica e Sistemi automatici, presso l'Istituto Tecnico Industriale "E. Fermi" di Desio (MB), al corso serale.*

