



Fablab Torino IoT Track:  
LoRa, who are you

Giovedì 27/04/2017

by:  
Arduino user group Torino



# LoRa – Lavori in corso

Gianfranco PONCINI

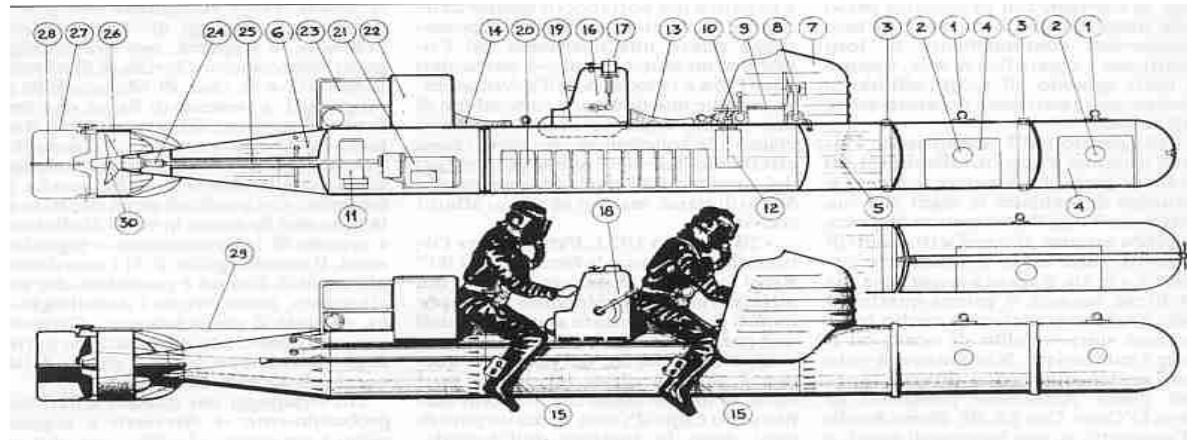
[gianfranco\\_poncini@fastwebnet.it](mailto:gianfranco_poncini@fastwebnet.it)

[www.github.com/Muwattalli](http://www.github.com/Muwattalli)

[www.belinonda.it](http://www.belinonda.it)

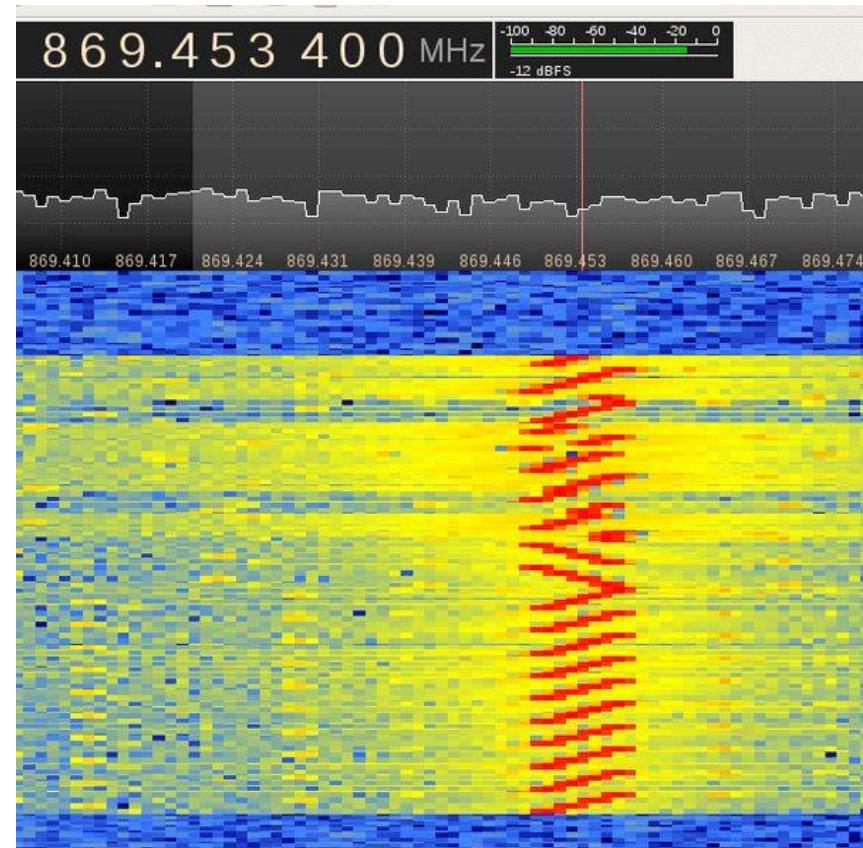
# Cosa è LoRa? (1)

- Il nome e' l' acronimo di Long Range ed e' una tecnica di modulazione radio particolarmente adatta alla trasmissione di dati digitali a bassa velocita'.
- La reinterpretazione moderna, da parte della ditta SemTech, con piu' risorse elettroniche, di una tecnica inventata durante la seconda guerra mondiale per guidare i siluri.



# Cosa è LoRa? (2)

- E' stata inventata dalla bellissima attrice austriaca Hedy Lamarr, sposata in America a un pezzo grosso della marina militare americana.
- Invece di concentrare la potenza del segnale su una frequenza ben precisa la sparpaglia su piu' frequenze (spread spectrum). All' origine con lo scopo di essere meno intercettabile dal nemico.

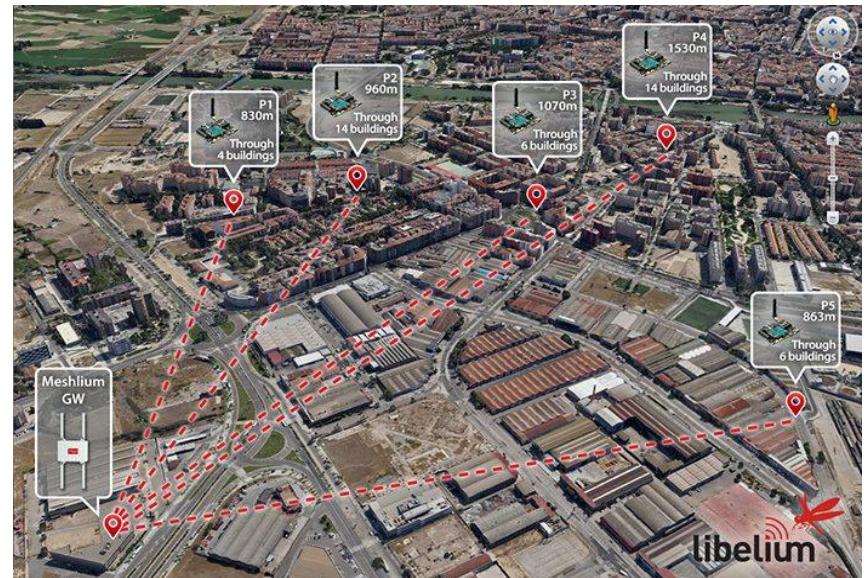


# Hedy Lamarr



# Promesse mirabolanti ?

- LoRa promette portate inconsuete in confronto al wireless cui sono abituati gli informatici. Sono vere ?
- Per questo serve un richiamo, a vantaggio dei piu' orientati al software, sui principi base delle comunicazioni radio.



# Comunicare richiede energia

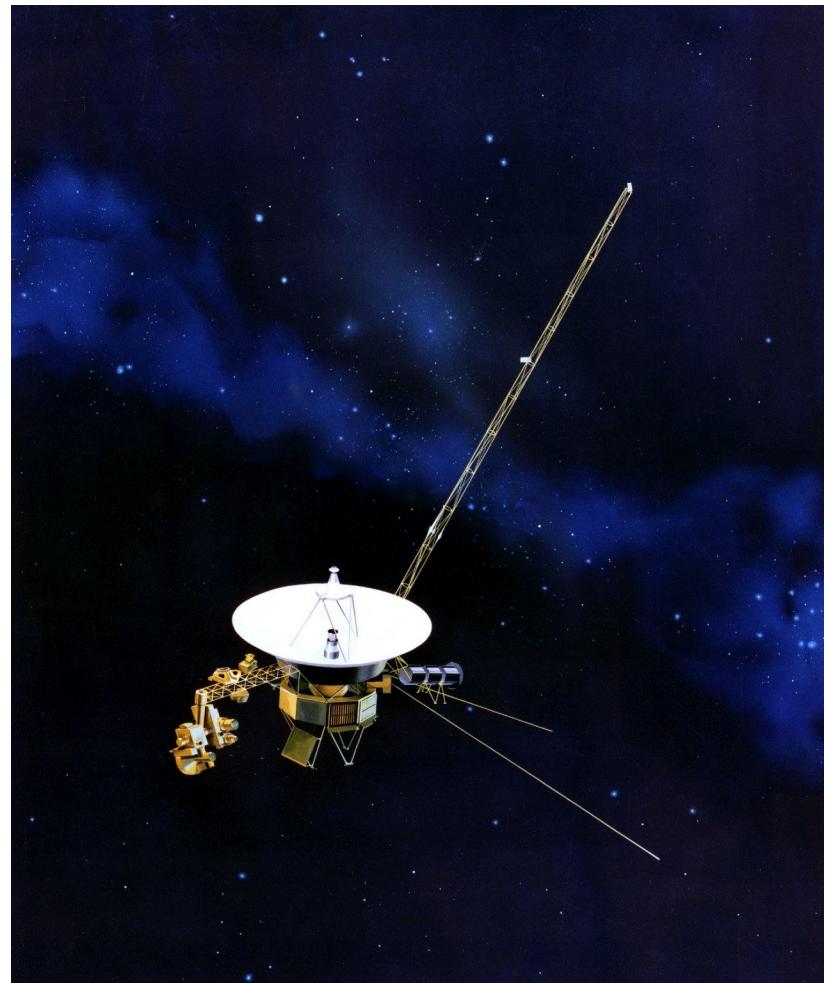
- La scienza piu' recente ha scoperto che i bit sono fisici, ed e' necessaria un' energia minima per riceverne uno.
- La formula (poco nota) e':  
$$E = 0.693 * k * T$$
- Attenzione! Si parla di ricevere! Il ricevitore cattura una minima parte dell' energia emessa dal trasmettitore, che in genere va sprecata.

# Meno difficile di quanto sembri

- $k * T$  e' semplicemente l' energia molecolare di agitazione termica per grado di liberta', e la formula sostanzialmente dice che, per farsi notare, occorre almeno sporgere la testa oltre il rumore termico.
- Dice inoltre che per trasmettere tanti bit in fretta occorre tanta energia in fretta, e cioe' tanta potenza.

# Meno cattiva di quanto sembri

- Con dati reali nella formula si scopre che i limiti fisici minimi sono molto bassi.
- La potenza minima per comunicare a 1000 baud con Marte e' 3 mW (0.003 W)
- Le sonde Voyager a oltre 20 miliardi di Km dalla terra trasmettono con 22 W, ma il baud rate in 40 anni di volo e' sceso da 100'000 a meno di 500.



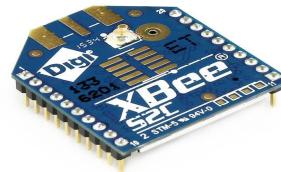
# L' agguato dei briganti in strada

- Lo spazio e' un ambiente ostile, ma non per la radio. Qui e' piu' ostile la Terra, con l' attenuazione atmosferica e l' assorbimento di edifici e montagne.
  - In genere l' attenuazione atmosferica cresce con la frequenza, ma ci sono casi sfortunati, come i 2.4 GHz, molto assorbiti dalle molecole di acqua.



# La banda 2.4 – 2.5 GHz

- Per le suddette caratteristiche e' la frequenza dei forni a microonde ed e' libera, malgrado la fame di frequenze.
- E' usata da Wi-Fi, Bluetooth e Zigbee, tecniche nate per sostituire con un link radio grovigli di cavi.
- Anche se di suo non va lontano, la legge ne limita la potenza: 20 mW in Giappone, 50 in Francia, 100 mW in Italia.



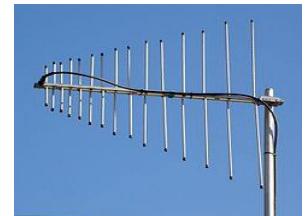
# Le bande ISM

- Per sostituire i cavi le leggi mondiali lasciano libere altre briciole di frequenze, le bande ISM (instrumental, scientifical, medical), diverse in diversi gruppi di nazioni. In Europa sono 434 e 868 MHz, in America 470 e 915 MHz.
- Queste vanno piu' lontano, e le leggi limitano la potenza e, talvolta, il duty-cycle.



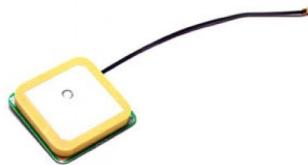
# Le antenne (1)

- L' antenna e' l' interfaccia tra la radio e l' etere (che non esiste).
- L' antenna standard e' lunga  $1/4$  d' onda ed ha un' impedenza di 50 Ohm.
- Salendo di frequenza la lunghezza d' onda diminuisce e l' antenna diventa piu' piccola, a 2.4 GHz  $1/4$  d' onda e' 30 mm, a 868 Mhz 86 mm, a 434 Mhz 173 mm.



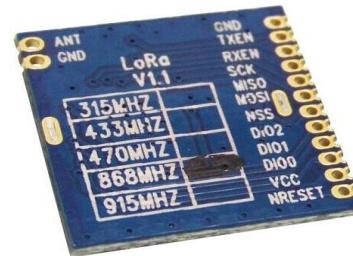
# Le antenne (2)

- Quindi al crescere della frequenza:
  - 1) L' attenuazione atmosferica cresce
  - 2) Le antenne diventano piu' piccole
  - 3) E' piu' facile costruire antenne efficienti.
- -----
- La Natura non regala nulla, ma non e' troppo cattiva.



# LoRa oggi (1)

- In questo contesto tecnico, legislativo e commerciale, SemTech ha reinterpretato lo spread-spectrum andando a occupare una nicchia trascurata, le comunicazioni a bassa velocita', indicativamente da 50 a 5000 baud (bit/secondo)
- Sul Wi-Fi non si va lontano, e si gareggia solo sulla velocita', ma sulle altre bande ISM bassa velocita' = piu' distanza.



LoRa1276  
Wireless Transceiver Module

# LoRa oggi (2)

- I sensori meccanici non hanno velocita' elettroniche, le temperature richiedono secondi o decine di secondi per cambiare, e bassi baud-rate sono piu' che sufficienti.
- Come caso limite, lanciare un allarme richiede la trasmissione di 1 bit (uno !), e con tre o quattro bit si dosa piu' che progressivamente la criticita'.



# LoRa oggi (3)

- Il primo chip commerciale e' stato SX1276, che puo' operare fra 140 e 1200 Mhz, con una potenza massima di 100 mW .
- Disponibile in commercio a circa 5 euro e' idoneo a comunicazioni punto a punto.
- L' interfaccia verso il micro e' SPI.
- Sono disponibili in commercio modulini premontati e pretarati per le bande ISM.



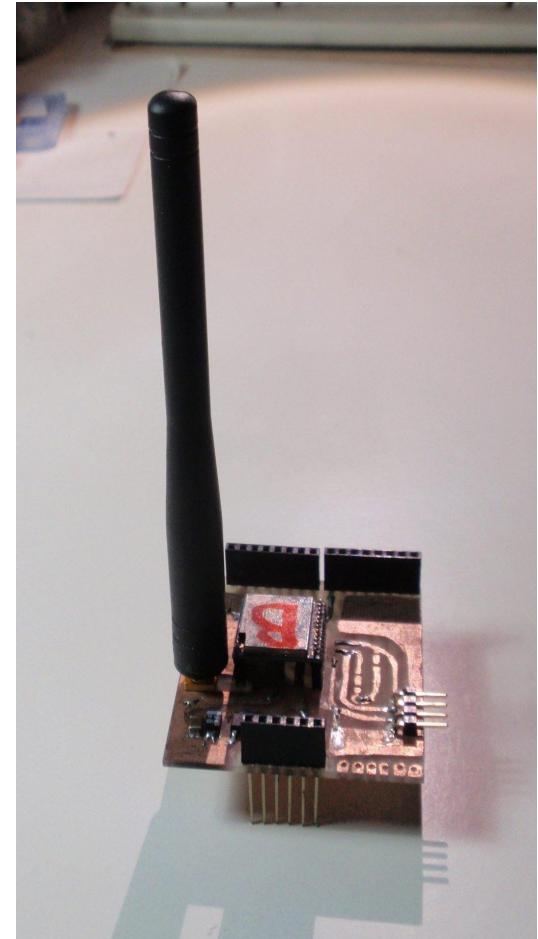
# LoRa oggi (4)

- Il secondo chip commerciale e' stato SX1301, un concentratore idoneo a fungere da gateway di rete e che contiene decine di ricevitori per ascoltare molti nodi in parallelo.
- Le informazioni sono approssimative perche' a distanza di un anno non e' noto il datasheet, e il chip e' venduto con NDA solo a sviluppatori selezionati.

# Prove a Torino (1)

- Grazie ad Arduino, e alla sua semplicita' di interfacciamento, le prove sono state condotte costruendo degli appositi shield.
- Visti ora sembrano assai rudimentali, ma un anno fa non c' era neppure quello.
- Tutti i dati hardware e software sono disponibili open source su github:

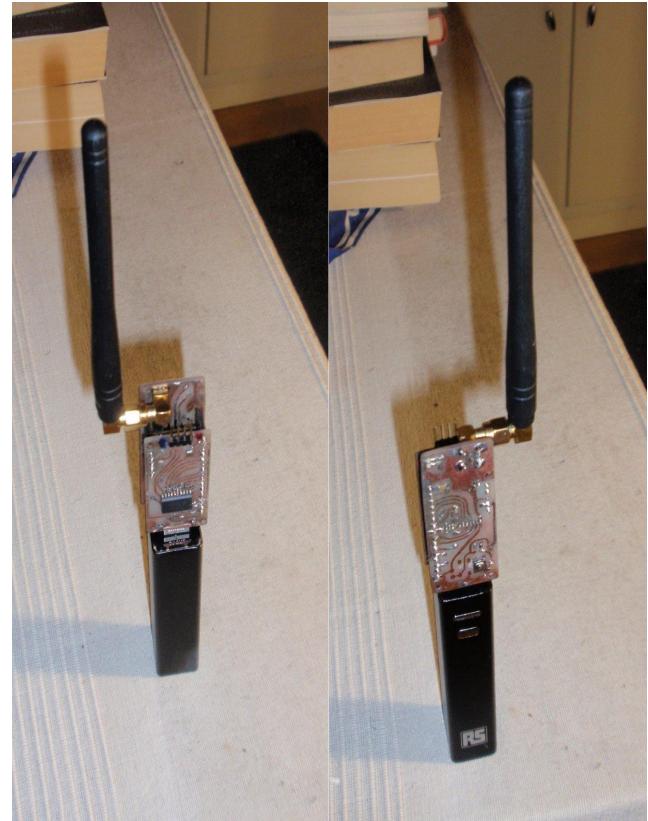
<https://www.github.com/Muwattalli/LoRaShield>



# Prove a Torino (2)

- Il secondo step e' stato un sistema portatile assai piccolo, basato su PIC a 8 bit, PIC16F1459, per effettuare prove "su strada".
- Tutti i dati hardware e software sono disponibili open source su github:

[https://www.github.com/Muwattalli/LoRa\\_PIC](https://www.github.com/Muwattalli/LoRa_PIC)



# Prove a Torino (3)

- Questo sistema, assai essenziale, oltre al modulo radio gestisce due LED e due pulsanti, sufficienti al debug "in strada" con discrezione e a fungere da telecomando a lungo raggio (magari per i garages dei caruggi liguri).
- Pero' puo' anche essere collegato via USB o seriale a un PC, diventando la periferica LoRa del PC stesso



# Risultati in citta'

- Le prove sono state condotte a 434 Mhz, potenza 10 mW.
- A piano strada i Km non ci sono: di va da due isolati dovendo attraversare palazzi, a qualche centinaio di metri su asse strada. Peggiori i vecchi quartieri, con le case a muri maestri, assai assorbenti, ma qui, per confronto, il Wi-Fi con 100 mW attraversa appena due stanze.



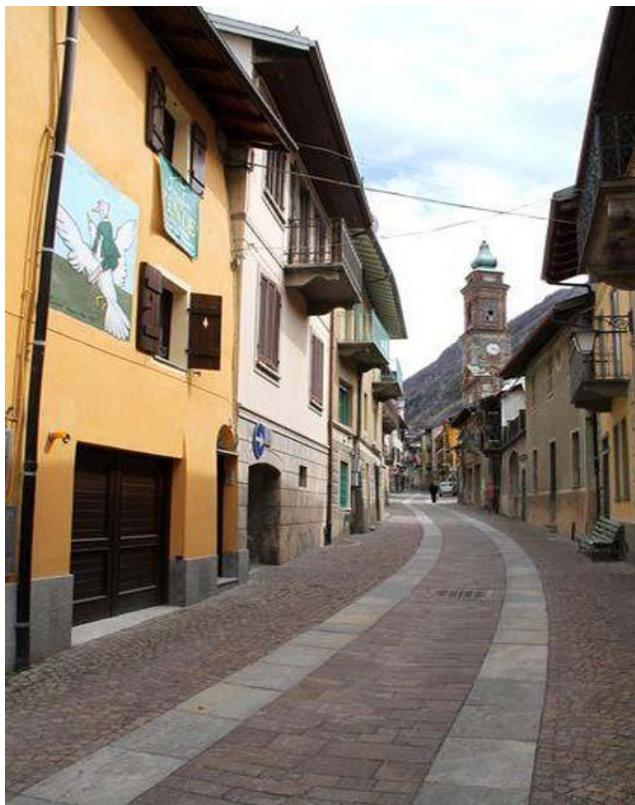
# Risultati in montagna (1)

- Le prove sono state condotte in val Vermenagna, intorno a Vernante, sempre a 434 Mhz, potenza di legge 10 mW.
- Qui dall' alto delle montagne si va dappertutto, i Km ci sono veramente, con i 100 mW permessi a 868 Mhz, e una bella direttiva, e' pensabile un link con Torino, avendo una buona posizione elevata a Torino, of course !



# Risultati in montagna (2)

Un po' di pubblicita' a Vernante



# Passo successivo

- Progettare una vera board applicativa !
- Specifiche minime:
  - Costruibile da un hobbista (vero open source !)
  - Idonea a un collegamento punto-punto, ma estendibile, come nodo di rete, a una rete.
  - Potenza di calcolo e consumo di corrente variabili,
  - Geometria idonea all' indossabilita'.
  - Nascere già vestita con qualche applicazione reale che aiuta a definire meglio le specifiche hardware.

# Indossabilita'

- LoRa e' ottima per oggetti indossabili:
  - Usa potenze radio assai ridotte rispetto ai cellulari.
  - Usa frequenze con maggior lunghezza d' onda, e minor probabilita' di assorbimento dal corpo umano
  - Il protocollo di trasmissione e' completamente definibile dall' utente, che puo' decidere di trasmettere solo quando vuole, e i dati strettamente necessari. Nessun pacchetto di sincronizzazione per mantenere il link attivo.
  - La potenza di trasmissione e' sempre regolabile al momento, secondo urgenza o criticita'.

# Proposte applicative (1)

- Baby monitor – logger avanzato.
- Non solo controlla l' eventuale pianto e, per via accelerometrica, la continuità del respiro. Controlla temperatura, grado di agitazione, composizione dei gas espirati (con sensori Bosch in arrivo) e memorizza i dati a lungo periodo.



## Main features



**Environmental Unit**  
Measures pressure, humidity, temperature and gas



**Pressure**  
Measures barometric pressure and altitude



**Relative Humidity**  
Measures relative humidity with a fast response time



**Temperature**  
Measures ambient temperature

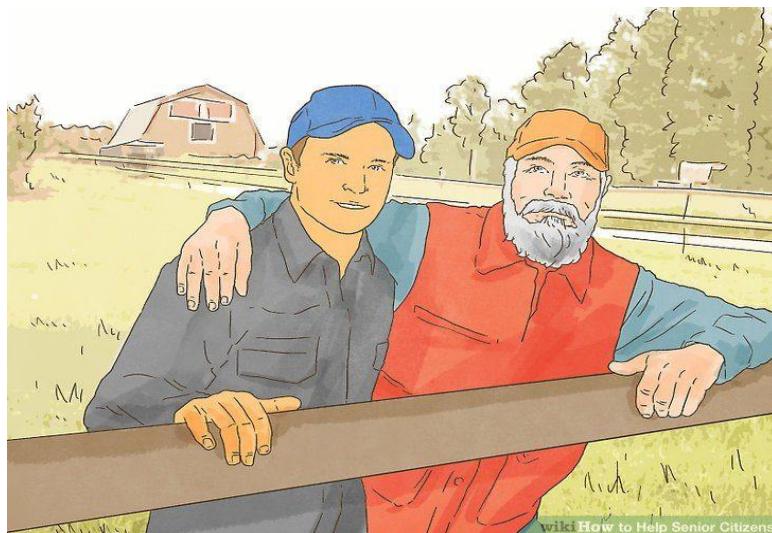


**Gas**  
Measures Volatile Organic Compounds (VOC)



# Proposte applicative (2)

- Elderly monitor – logger avanzato.
- Estensione del baby monitor, puo' controllare e memorizzare dati analoghi. Sente le cadute e, interfacciato a un GPS, puo' aiutare a trovare gli anziani semi-autonomi che si sono persi. Gli anziani con parziale disabilita', ma con pretese di autonomia, sono una nicchia trascurata, ma interessante.



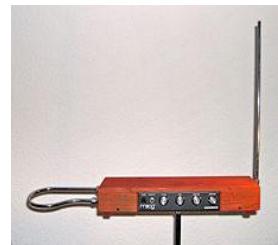
# Proposte applicative (3)

- Raccolta dati geologici a basso costo.
- Idea nata originariamente con amici in Sud America per monitorare i vulcani andini. Finora non realizzata per la scarsa portata del Wi-Fi negli immensi spazi sudamericani. Anche qui migliorabile con i sensori di gas Bosch in arrivo.
- Estensibile per dati accelerometrici dei (micro)-terremoti.



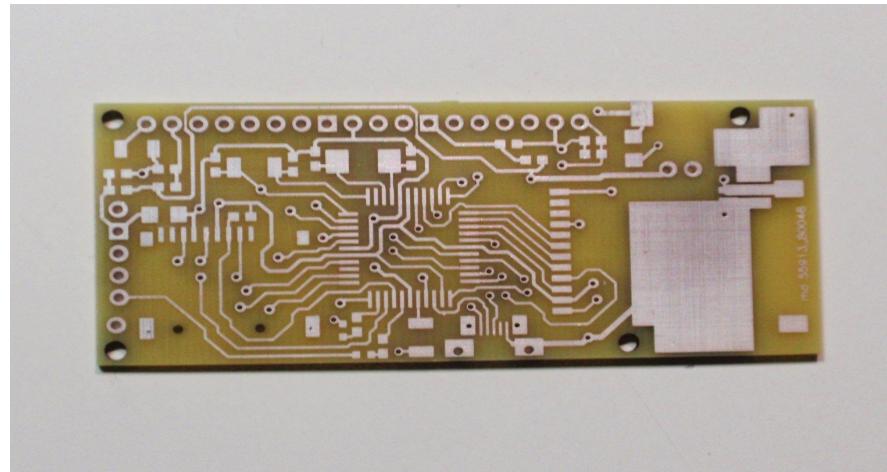
# Proposte applicative (4)

- Musica
- Questa e' potenzialmente una "Killer application", ma bisogna intendersene di musica.
- Un obiettivo minimale e' la reinterpretazione in chiave moderna dello strumento Theremin. Non ebbe successo, ma era ancora l' era delle valvole.



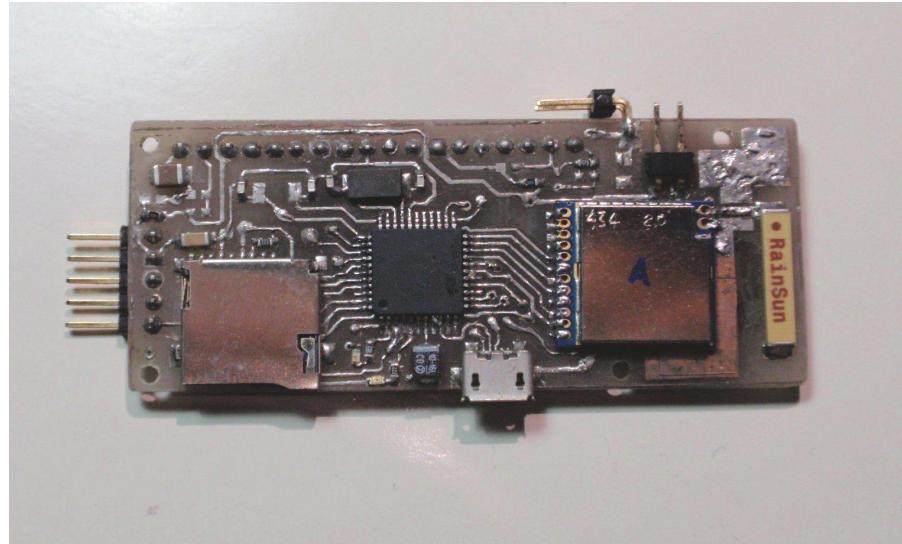
# Proposte di nuova board

- Dalle richieste e' emerso un progetto di "LoRa32", con micro a 32 bit, sempre open source, nome in codice B14.
- Non e' ancora su github, ma lo sara' a breve, appena finita la documentazione.
- I primi PCB prodotti da Millennium Dataware, sono appena arrivati questa settimana.



# LoRa32 – B14 (1)

- La scheda e' basata su un PIC32, versione PIC32MX270F256D, con 256k di flash, 64k di RAM, velocita' massima 50 Mhz, package TQFP44 passo 0,8 mm.
- Altri componenti essenziali della scheda, il modulo LoRa, e uno slot per microSD, per deposito dati prima di trasmetterli.
- Dimensioni 72.5 x 31 mm, poco piu' di Arduino MKR1000.



# LoRa32 – B14 (2)

- PIC32 a casa di Arduino ? Non e' assurdo. Arduino e' Atmel, che e' stata comprata da Microchip, probabilmente per portarsi in casa una licenza ARM senza chiederla.
- Pero' gli americani non amano ARM, che e' inglese, e supportatissimo dai cinesi. Quindi aspettiamoci qualche mossa. Come dice il Vangelo .. "estote parati".

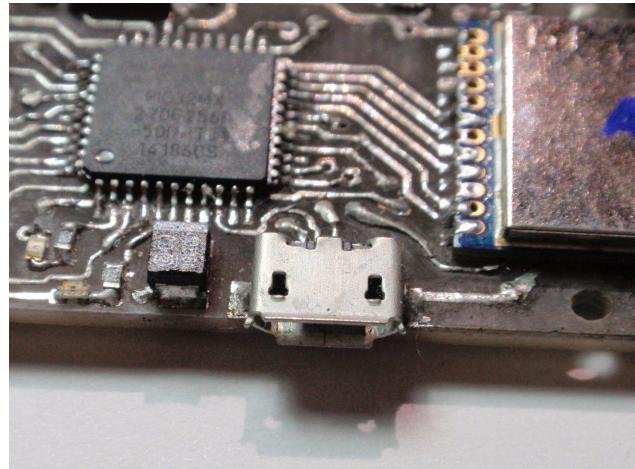


# LoRa32 – B14 (3)

- Sulla scheda sono presenti fino a due I2C, e due UART. I due SPI sono usati da LoRa e microSD, ma il secondo, disabilitando, anche temporaneamente, la microSD, puo' andare sul connettore di espansione.
- Il PIC32, infatti, ha la funzionalita' PPS, specialita' di Microchip, che permette di riprogrammare, anche al volo, le funzionalita dei piedini di I/O.

# LoRa32 – B14 (4)

- Sulla scheda e' presente un connettore microUSB, che puo' servire ad alimentare la scheda a 5 volt, o come USB vera.
- Il PIC32 ha una funzionalita' USB completa, come device o come host, anche in modalita' isocrona, supportata ottimamente e gratuitamente da Microchip.
- Puo' pilotare una webcam USB, ma il software e' ancora "alfa".



# LoRa32 – B14 (5)

- L' americana ChipKit produce schede Arduino-like basate su PIC32 e mette gratuitamente a disposizione un plugin per l' IDE Arduino.
- Caricando il loro bootloader B14 puo' essere programmata come se fosse un Arduino (stiamo ancora verificando il bootloader).

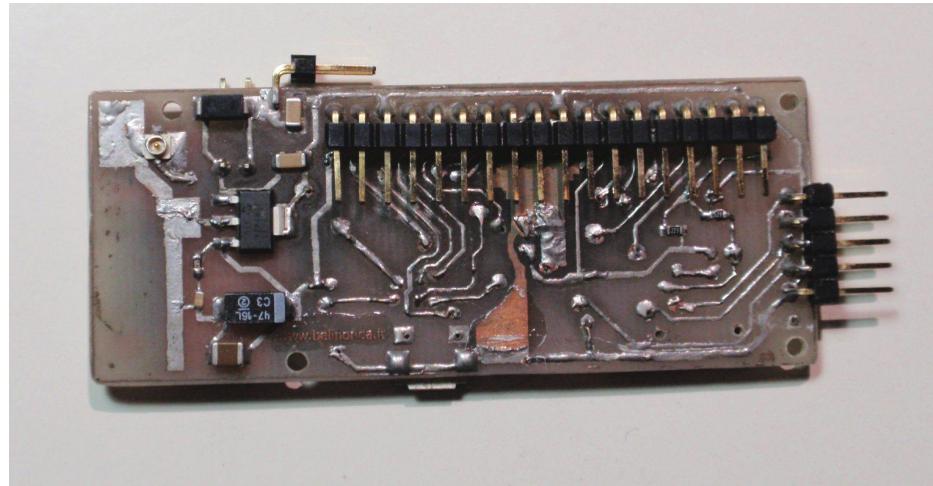


# LoRa32 – B14 (6)

- Come su tutti gli Arduini, il software gira in flash e non in RAM, il che e' una sicurezza agli attacchi, specie in un sistema wireless.
- Inoltre le CPU Microchip hanno il security bit. Pensato per la protezione del software lo rende eseguibile, ma non leggibile e non modificabile. Bisogna cancellare tutto e riscrivere da zero. Una sicurezza in piu'.

# LoRa32 – B14 (7)

- Ci sono due connettori di I/O, uno a 5 pin e uno a 18, che include il collegamento ICSP, che programma le CPU Microchip.
- Totale 23 piedini, e escluso MCLR che serve solo alla programmazione, 14 sono di I/O e 8 di alimentazione per periferiche, quattro + e quattro masse. Sono pochi, ma, grazie alla funzione PPS, permettono una grande flessibilità'.



# LoRa32 – B14 (8)

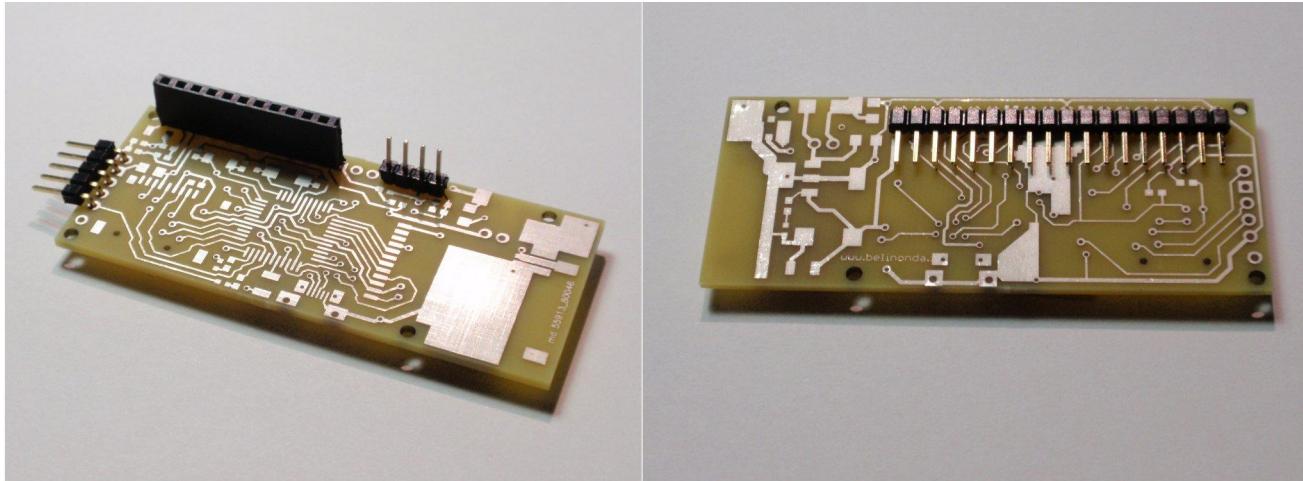
- Alimentazioni:
  - B14 e' pensata per essere autocostruita, ed e' piu' flessibile di un prodotto commerciale.
  - Dei quattro + uno e' per forza un output a 3.3 Volt per l' ICSP (riutilizzabile dopo la programmazione).
  - Gli altri tre possono essere collegati, saldando, a 3.3 Volt (uscita), o a 5 Volt (ingresso o uscita).
  - B14 puo' essere alimentata dal microUSB (device), o dal connettore di I/O per alimentare la periferica USB.
  - B14 puo' essere alimentata da una batteria LiPo, bypassando con un ponticello il diodo di protezione.

# LoRa32 – B14 (9)

- Tre warnings !
  - 1) Alimentando a batteria (3.4 – 4.2 Volt) non si puo' usare una periferica USB che vuole 5 Volt.
  - 2) Alimentando a batteria occorre bypassare il diodo di protezione all' inversione alimentazione. Occhio ai collegamenti o friggete tutto !
  - 3) Su B14 non è presente una circuiteria per ricaricare la batteria. Le recenti esplosioni di batterie Samsung sono avvenute per errori in ricarica. Le batterie ricaricatevole voi, e tanti auguri !

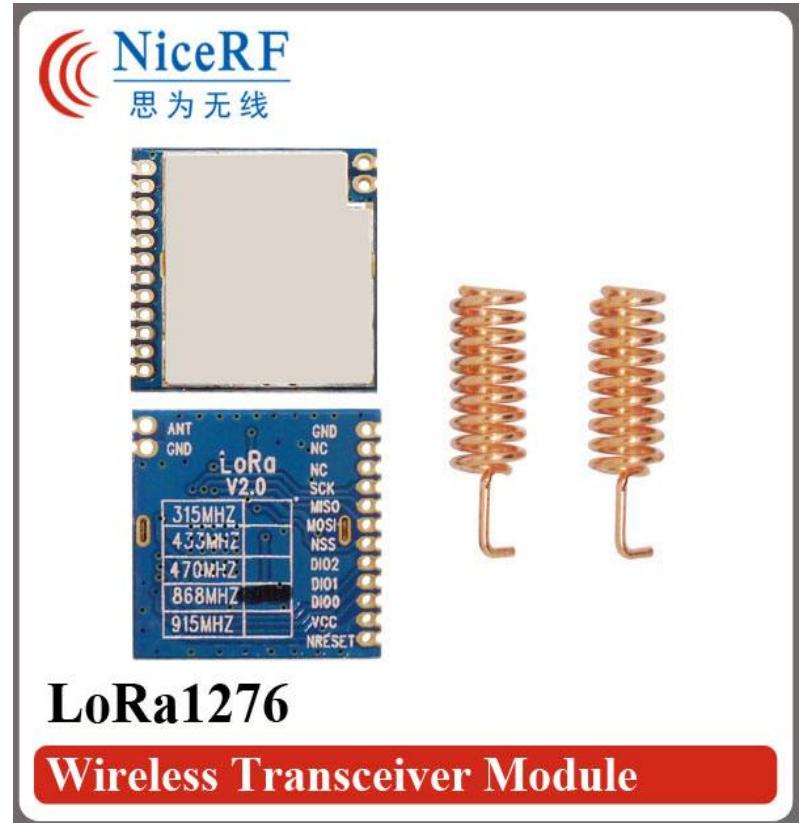
# LoRa32 – B14 (10)

- I connettori passo 2.54 possono essere, a scelta, maschi, femmine, diritti, a 90 gradi. Il PCB pero' e' predisposto per poter montare maschi a 90 gradi diretti verso l' **INTERNO** della scheda. In tal modo tutto resta piatto e indossabile.
- Uno shield, appositamente costruito, puo' essere montato parallelo senza aumentare lo spessore dell' insieme.



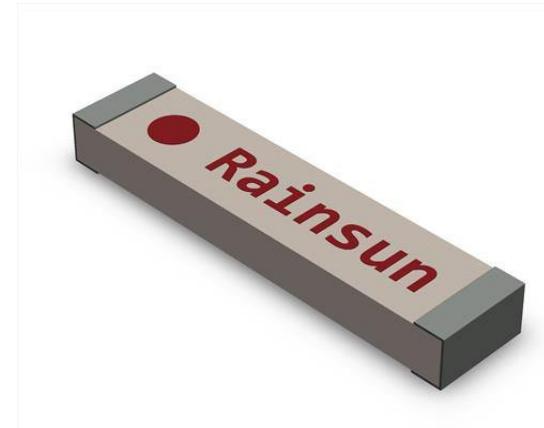
# Moduli LoRa

- Dei moduli LoRa in commercio e' stato offerto il modello piu' diffuso sui vari siti e con la piedinatura piu' diffusa.
- Sono disponibili le versioni per tutte le bande, a 315, 434, 470, 868 e 915 MHz.
- Ci vuole pero' la versione 2.0 con l' antenna switch automatico senza piu' i piedini TXenable e Rxenable, scelta per semplificare il PCB.



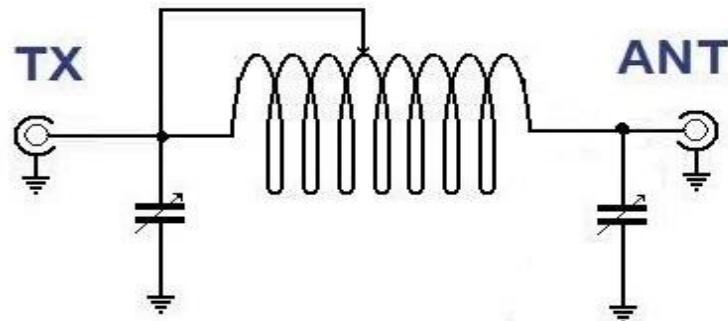
# Antenna (1)

- Sul PCB sono presenti due predisposizioni: per un connettore UFL verso un' antenna ad alto guadagno (tipo Arduino MKR1200), e una per un' antenna ceramica multilayer (una microstrip a 434 MHz sarebbe stata troppo grossa).
- La multilayer e' una Rainsun, montabile direttamente in single-ended senza circuiti di accordo.



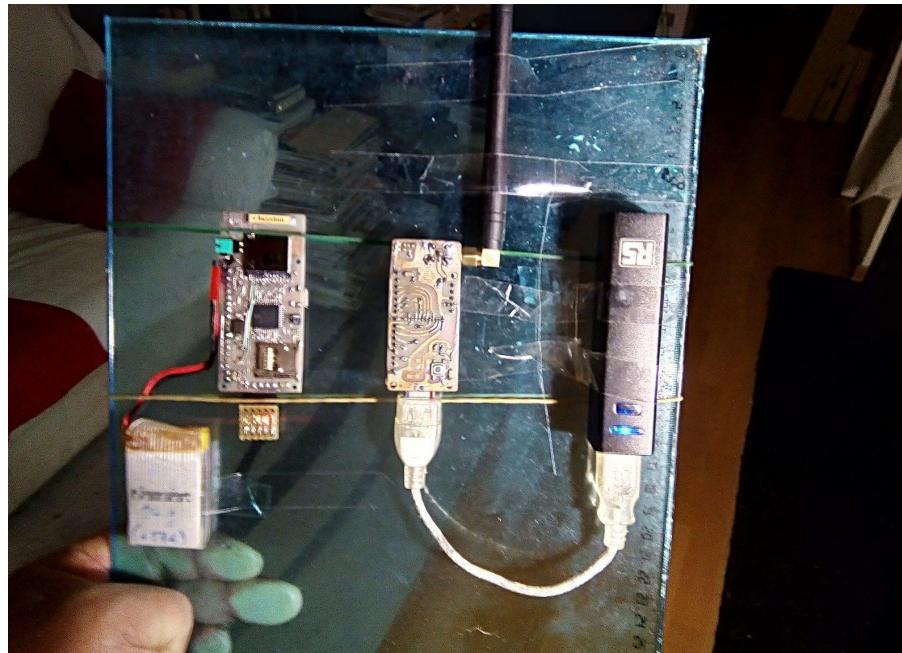
# Antenna (2)

- Attenzione ! Le due antenne si possono montare in alternativa, ma non in parallelo, o i circuiti risonanti si disaccordano.
- Una volta saldata l' antenna a chip, il connettore UFL NON E' PIU' USABILE.



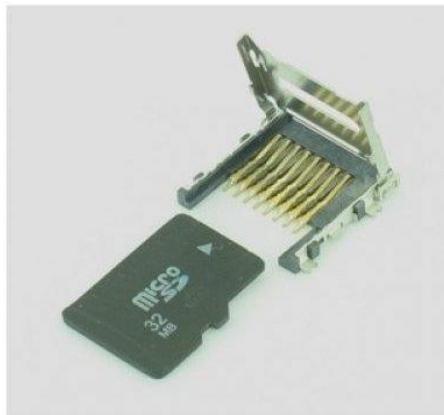
# Antenna (3)

- Sono state fatte prove, purtroppo solo qualitative, per mancanza di strumentazione.
- I risultati sono assai buoni, con l' antenna a chip quasi sensibile come una a stilo piu' grande e di buon guadagno.

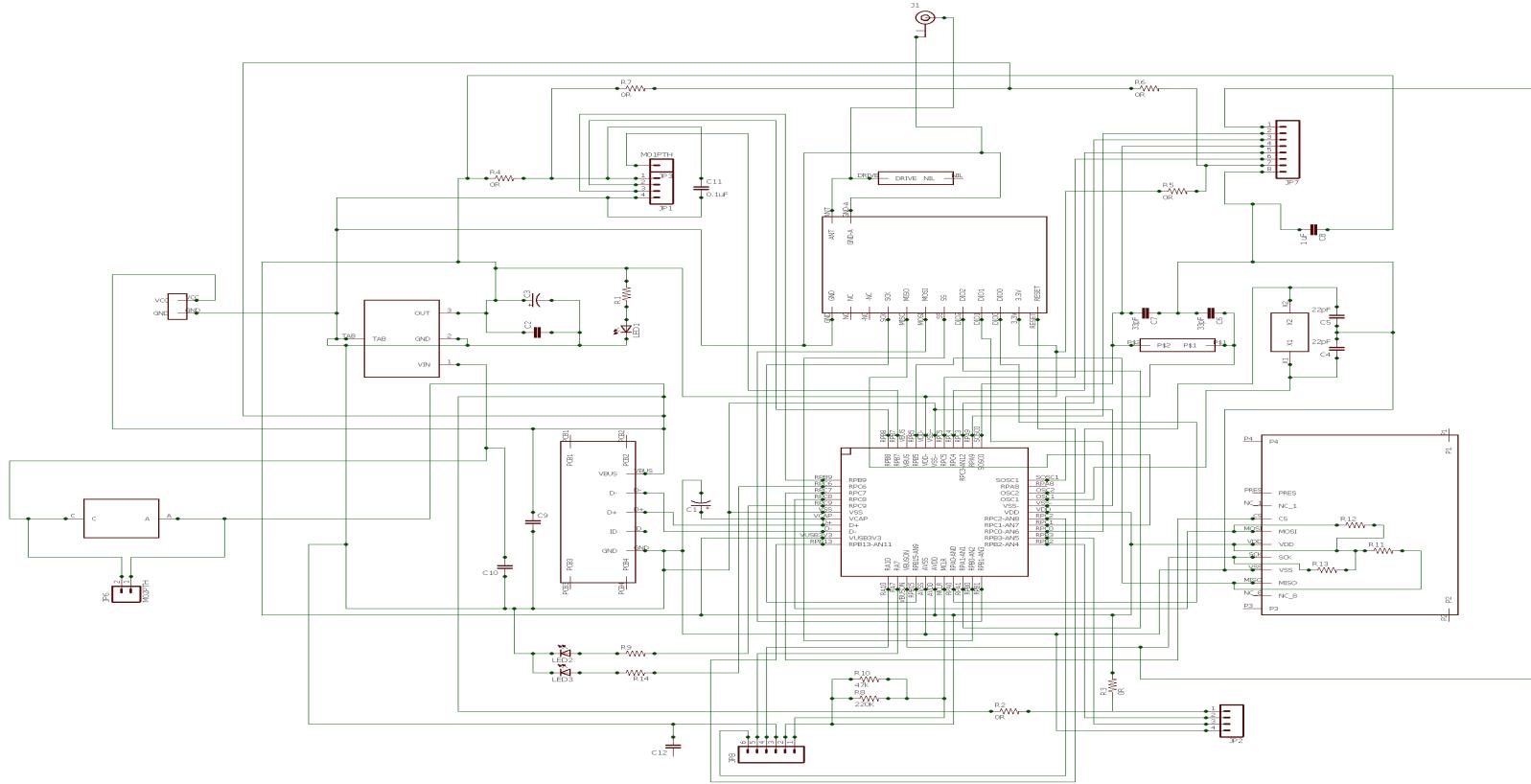


# Memoria di massa

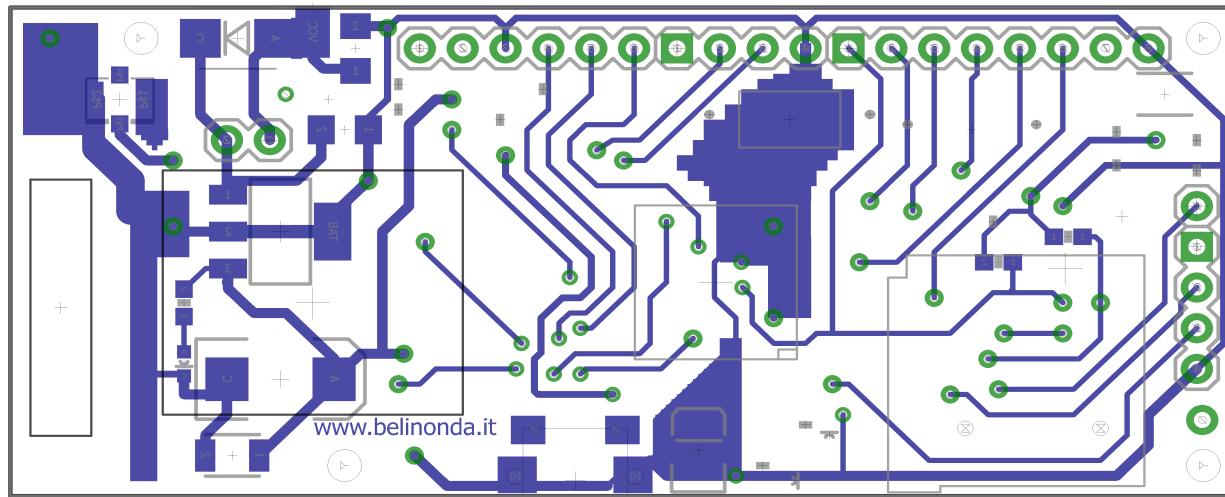
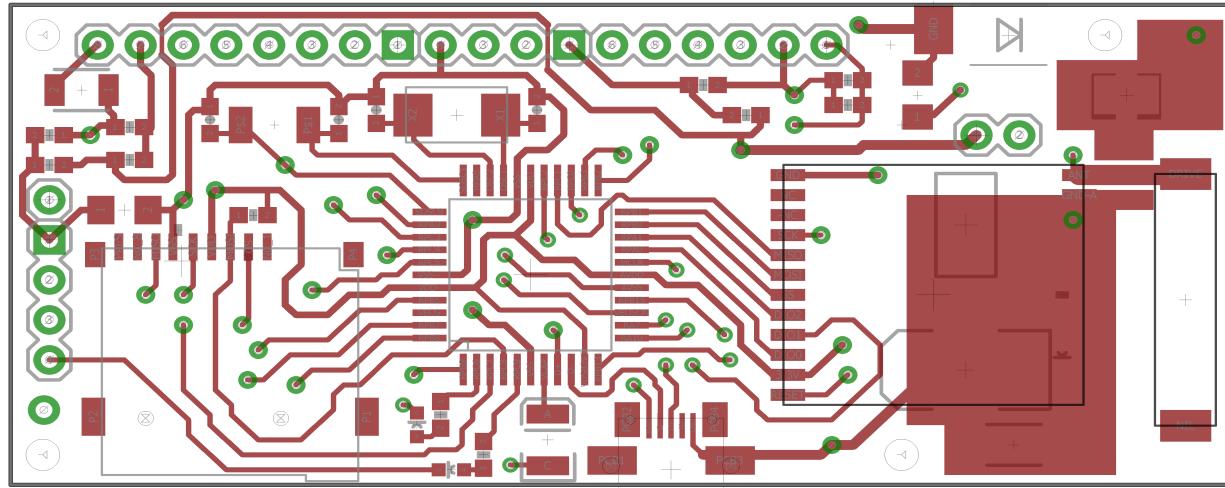
- Per applicazioni ad alta affidabilita' e' in arrivo una versione che rimpiazza la microSD con una flash saldata da 4 Gbit.
- La capacita' e' inferiore, ma puo' essere sufficiente. In compenso i contatti saldati si comportano a vibrazione assai meglio dei contatti frontali a molla delle schede SD.
- Appena pronta, sara' messa su github.



# Schema elettrico



# PCB



# Grazie per l' attenzione

Every step that you take

Could be your biggest mistake

It could bend or it could break

But that's the risk that you take

( Paul Frank - What If )