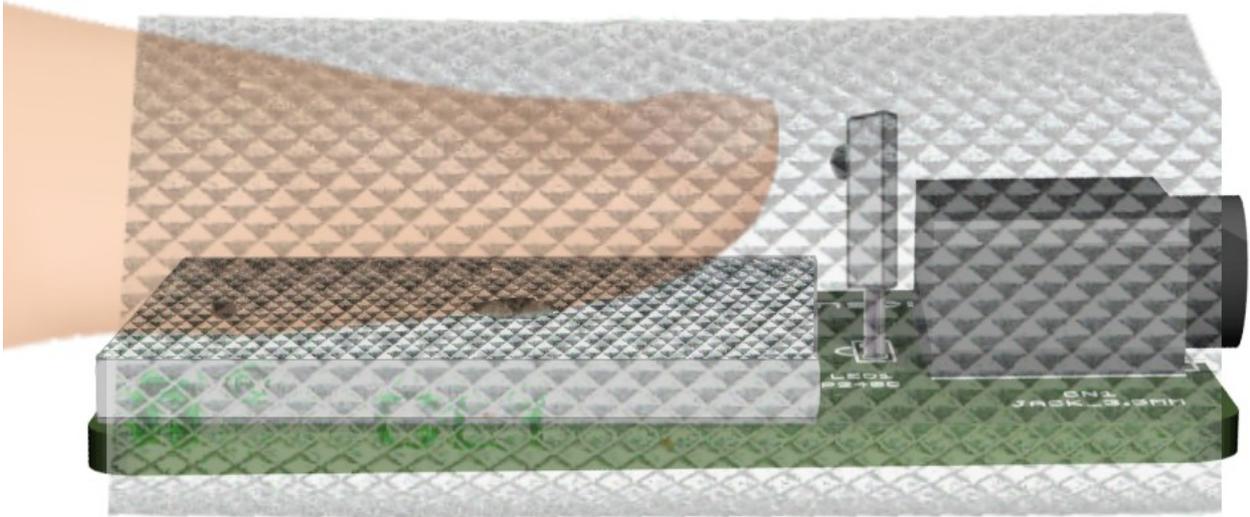


Sistema theremino



Theremino Pulsometer

**Sensore ottico
per la ricerca delle aritmie**

Sensori di ogni tipo

In Internet si trovano numerose idee per costruire sensori ottici. Dalle mollette per biancheria agli elastici, al velcro. Dalle pinze per appendere gli abiti ai semplici sensori a riflessione su cui appoggiare il dito.



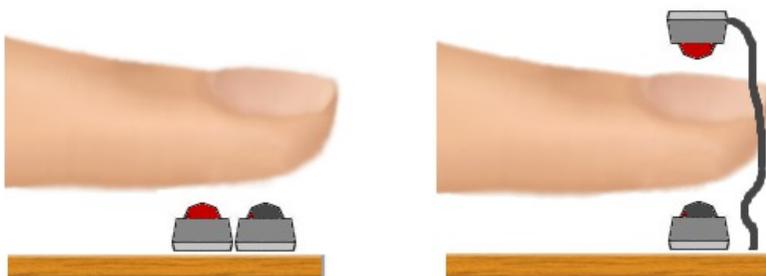
Ma chi ha provato sa che con persone che hanno la pressione bassa, le dita callose o la pelle scura il segnale peggiora. Si deve applicare una pressione leggera per non fermare il sangue e nello stesso tempo mantenere il dito ben fermo. E si deve anche fare in modo che il dito si posizioni naturalmente nel punto migliore.

Tutto l'insieme deve essere leggero per seguire i movimenti del dito senza dondolare e produrre disturbi. E dovrebbe avere un solo cavetto morbido e un aspetto un po' migliore di una molletta da biancheria, del velcro o un elastico.

E possibilmente il sensore dovrebbe anche essere usabile dal pubblico nelle installazioni multimediali. Quindi posizionabile stabilmente su un tavolo con il filo che arriva da dietro, pronto per infilarci il dito indice, senza bisogno di prenderlo in mano per metterlo o per toglierlo.

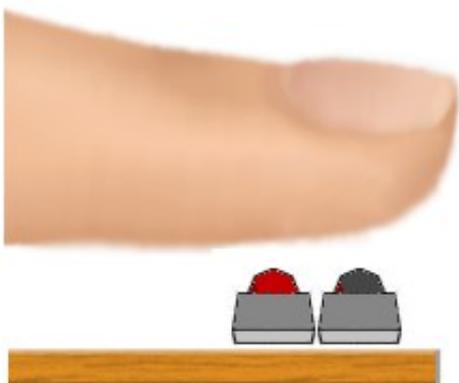
Ottenere queste caratteristiche con attrezzature semplici e materiali facilmente reperibili non è facile.

Tipi di sensori



Fino ad oggi esistevano solo due tipi di sensori. Quelli con il LED e il sensore vicini tra loro e quelli con il LED sopra e il sensore sotto.

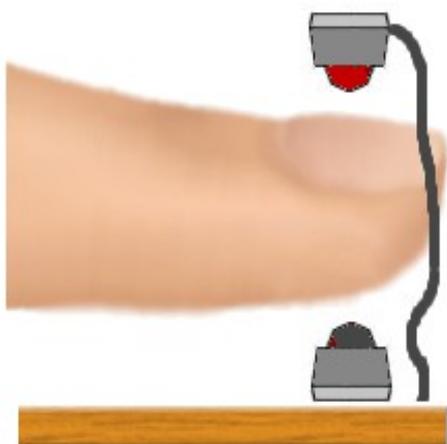
Primo metodo



Vantaggi: Sia il LED che il sensore sono fissati alla piastra di base e quindi non ci sono fili di collegamento tra la base e la zona sopra il dito.

Svantaggi: Con questa configurazione la luce emessa viene riflessa dai primi strati della pelle abbagliando il sensore e rendendo le misure molto dipendenti dalla trasparenza della pelle. Con persone che hanno la pressione bassa il segnale diventa illeggibile.

Secondo metodo

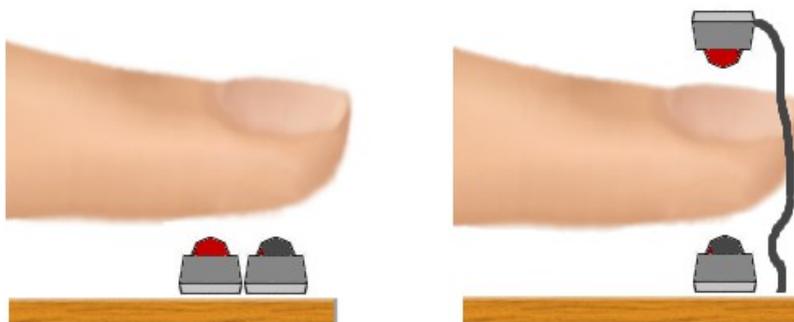


Vantaggi: Non ci sono problemi di abbagliamento del sensore. La luce deve per forza passare attraverso il dito.

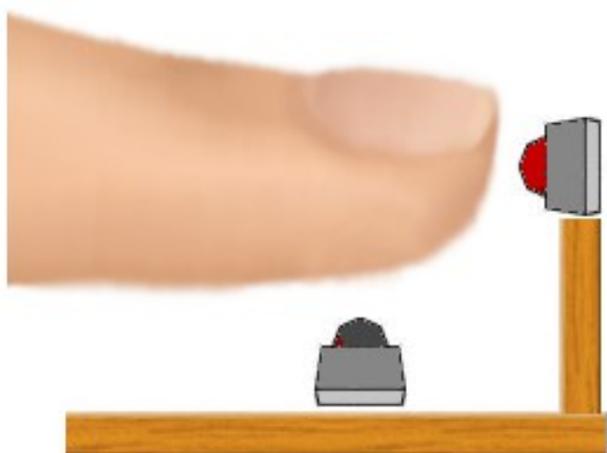
Svantaggi: Il filo di congiunzione rende difficile costruirli con tecniche non industriali. La zona superiore deve essere elastica e premere poco sul dito per non fermare il sangue e il filo complica la costruzione. In presenza di smalto per le unghie il segnale si abbassa e può diventare insufficiente.

Evoluzione dei sensori

Questi erano i due metodi dell'arte nota fino ad oggi

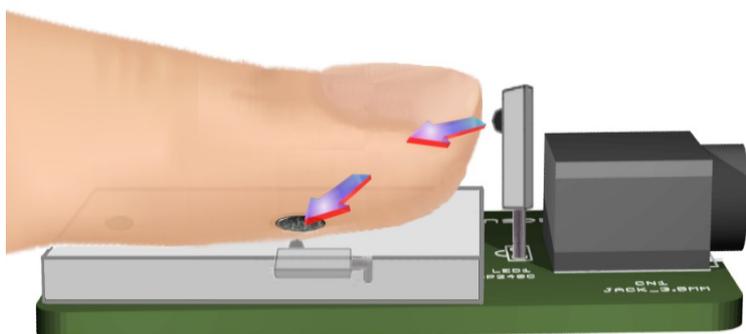


Questa è nuova disposizione che abbiamo progettato



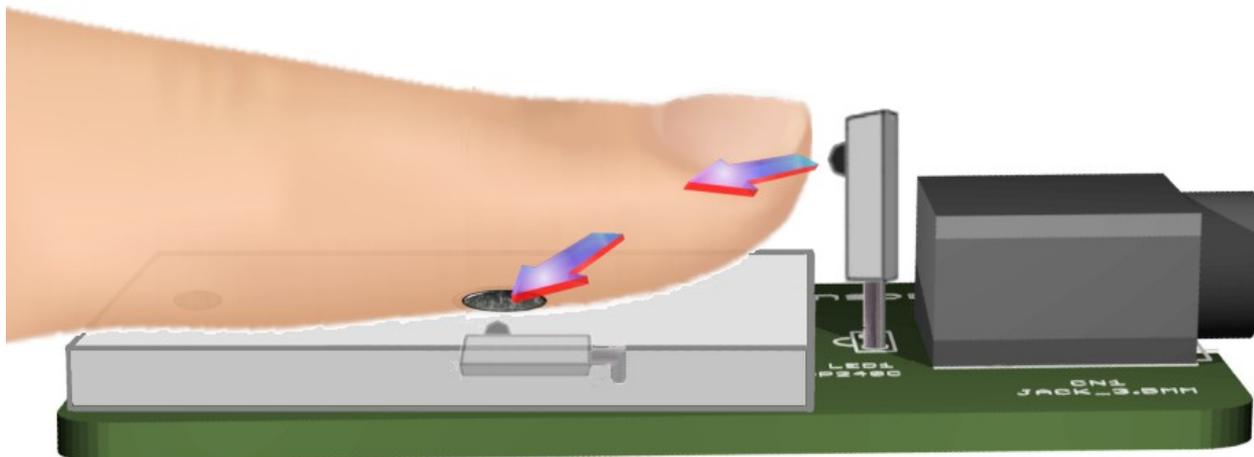
Questa disposizione unisce i vantaggi di ambedue i metodi precedenti.

- ◆ Sia il LED che il sensore sono rigidamente collegati alla base.
- ◆ La luce non attraversa l'unghia e non viene influenzata dalla sua trasparenza e dal suo colore.



Non c'è abbagliamento del sensore perché la luce passa necessariamente attraverso il dito. La luce può passare solo dal foro nel materiale che copre il sensore.

Principio di funzionamento



Un LED a infrarossi illumina il dito dalla punta. La luce infrarossa passa attraverso la pelle e viene più o meno attenuata a seconda della pressione arteriosa. Un fototransistor (che si vede in trasparenza) raccoglie la luce attraverso un foro.

Il blocco grigio è in materiale spugnoso costituisce una base morbida per il dito e nel contempo isola il sensore dalla luce esterna. La luce può passare solo attraverso il dito e poi dal foro.

Con questa disposizione si ottiene un segnale migliore rispetto ai sensori che lavorano con LED e foto-transistor dai lati opposti del dito e anche con quelli che li hanno ambedue in basso.

Questo sensore (se usato con l'amplificatore da noi progettato) genera un segnale di ampiezza abbastanza costante anche con persone che hanno la pelle scura o poco trasparente, o che hanno lo smalto sulle unghie e anche con persone che hanno la pressione bassa.

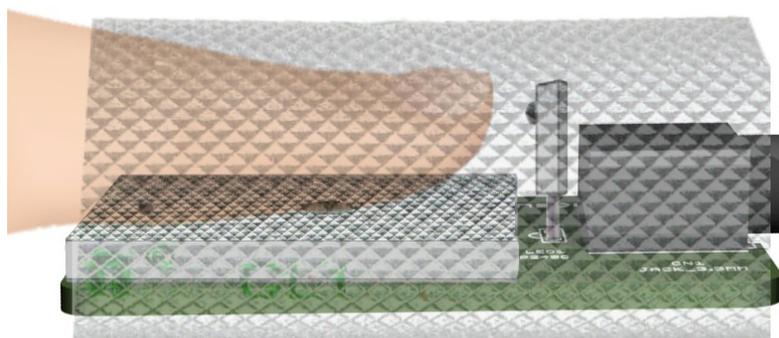
Materiali per il sensore

Dopo molte prove siamo riusciti a progettare un sensore facile da costruire con materiali comuni.



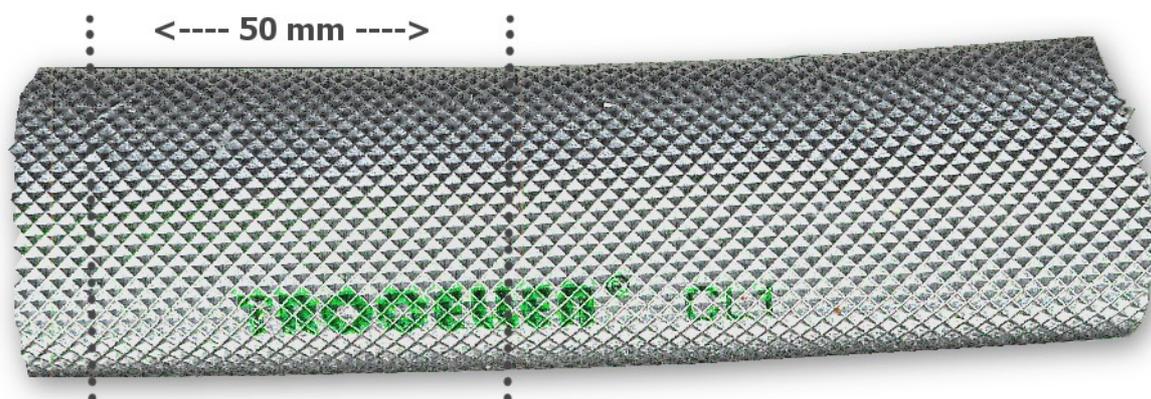
Questo è tutto ciò che serve:

- ◆ Le due parti argentate sono in materiale spugnoso come spiegato nella prossima pagina.
- ◆ La vite svasata il dado e la rondella sono da 3 mm.
- ◆ Sul circuito stampato sono saldati il Jack femmina, il LED e il foto-transistor.

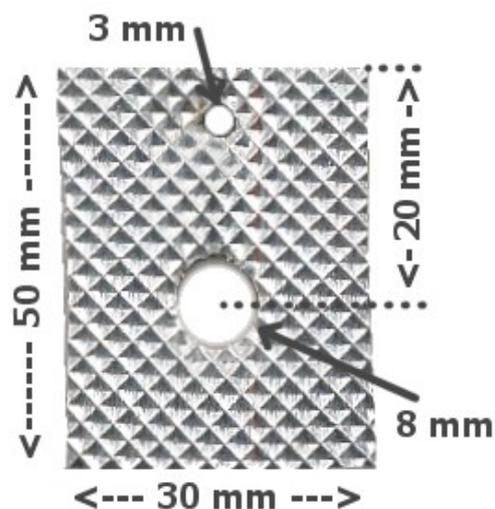
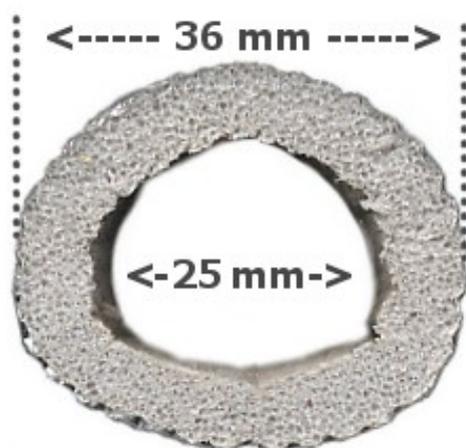


Il sensore finito è leggero e mantiene ben fermo il dito senza applicare troppa pressione. Si adatta così bene ad ogni diametro che lo si può applicare al mignolo o al pollice e il segnale è sempre lo stesso.

Materiali per il sensore

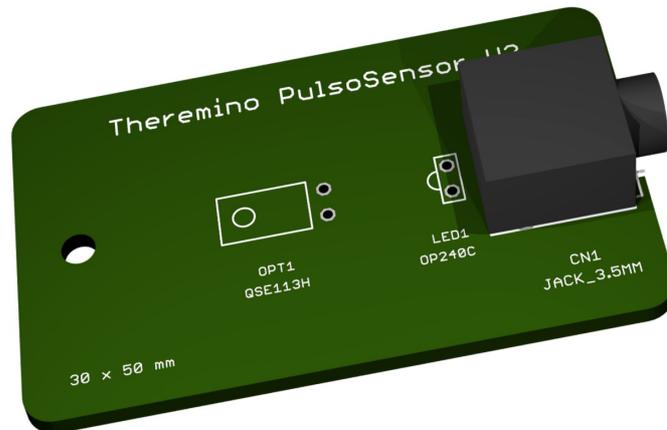


Questo è un pezzo di rivestimento isolante per i tubi dell'acqua calda. lo si può trovare nei rivenditori di materiale idraulico e termo-sanitari o da un installatore di caldaie o anche dagli idraulici. Ve ne regaleranno una spanna senza problemi o ve ne venderanno un metro. Costa pochissimo.

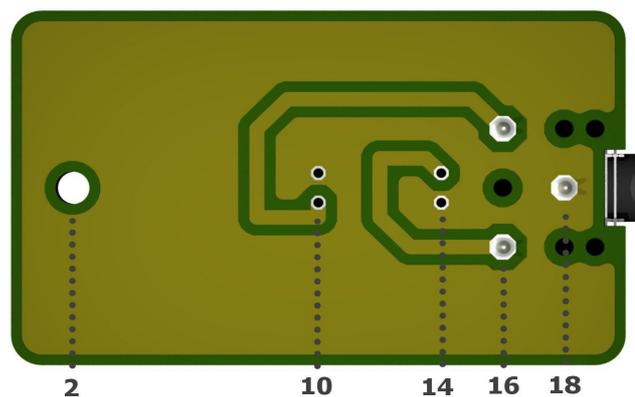


Il tubo deve essere del diametro qui indicato (è uno dei diametri più comunemente usati).

Circuito stampato del sensore



Al posto del circuito stampato si potrebbe utilizzare un pezzo di mille-foresi.

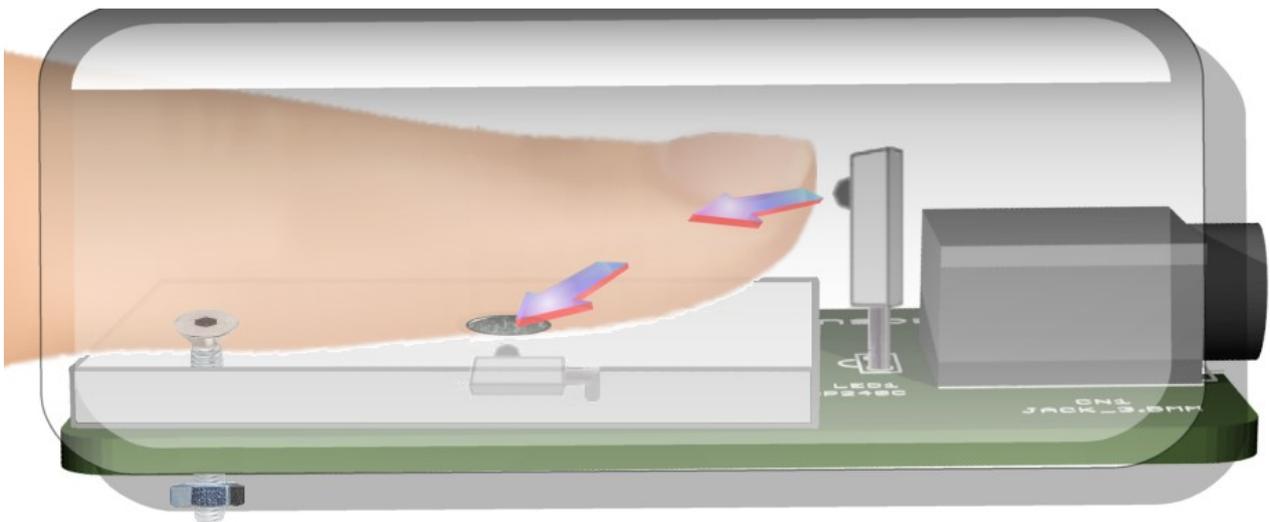


- ◆ Tagliare un pezzo di basetta mille-foresi da 30 x 50 mm.
- ◆ Posizionare i componenti nei fori giusti, contando i fori come indicato nella immagine.
- ◆ Allargare il foro indicato con "2" fino a 3 millimetri.
- ◆ Inserire il foto-transistor alla altezza del decimo foro, coricato verso sinistra.
- ◆ Inserire il LED alla altezza del quattordicesimo foro, girato verso sinistra.
- ◆ Per inserire il jack si devono allargare un po' i fori per i suoi perni di plastica.
- ◆ Fare i collegamenti con piccoli fili isolati.

Montaggio del sensore



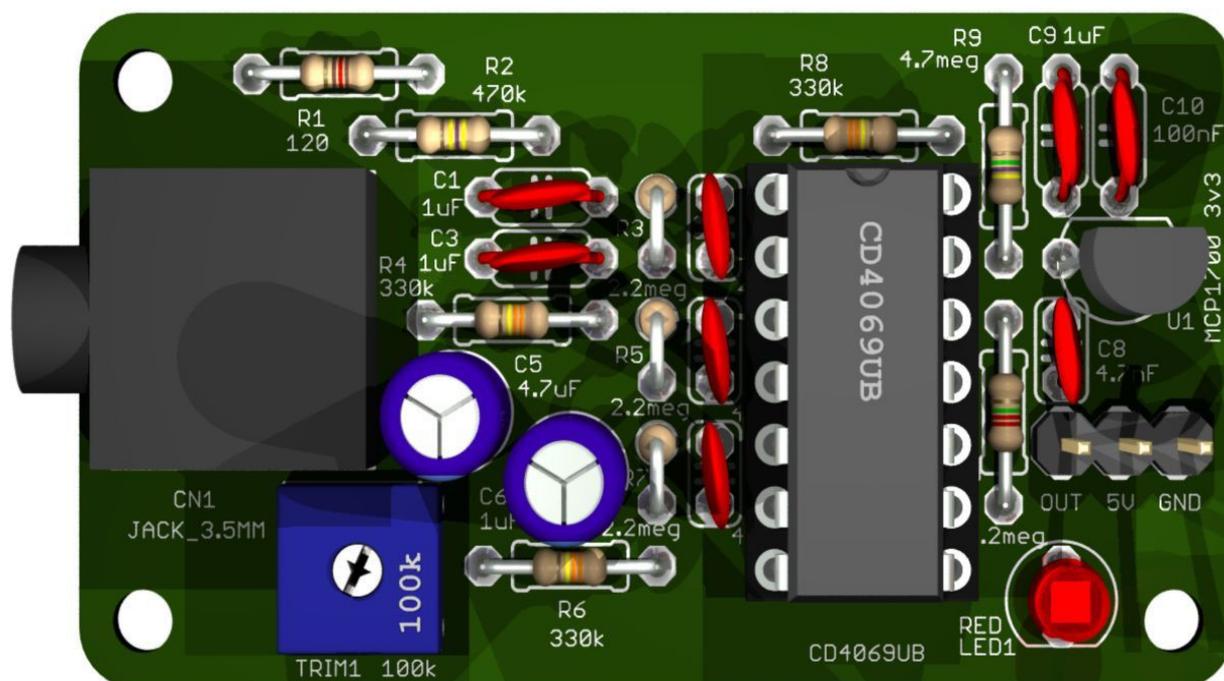
Si comincia posizionando il rettangolo con i due fori sul circuito stampato.
Poi si infila il cilindro con il foro verso il basso.



La vite andrà poi infilata da dentro. Passerà attraverso il foro del rettangolo, il circuito stampato e infine uscirà di sotto attraverso il foro del cilindro.

Si mette una rondella sulla vite che esce, si stringe il dado e il montaggio è finito.

Amplificatore



In questa immagine sono da notare i resistori da un ottavo di watt che permettono una disposizione compatta e ordinata. Al loro posto è possibile inserire quelli da un quarto di watt piegandoli molto stretti.

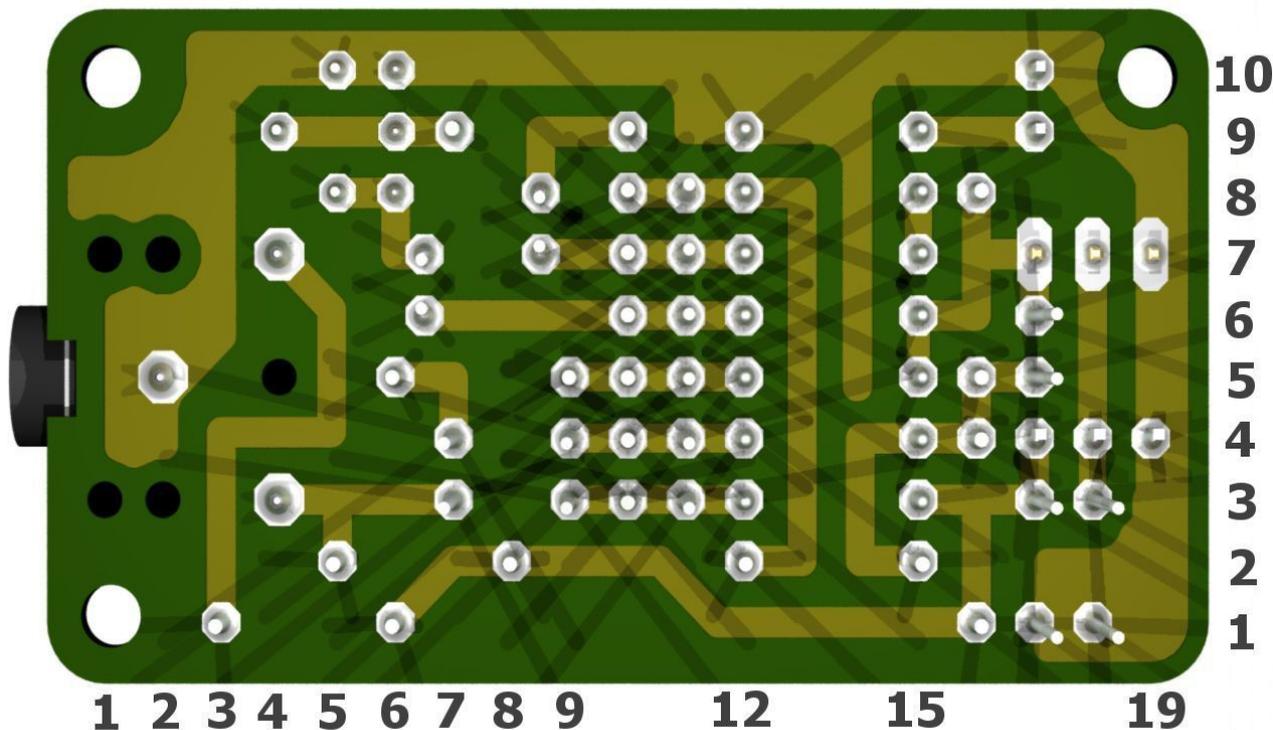
Tre resistori sono stati posizionati in verticale per mantenere la massima compattezza e le piste più brevi possibile (vedere l'immagine della prossima pagina).

Le piste brevi, che non fanno il giro dell'oca come nei “soliti” stampati, danno molti vantaggi:

- ◆ Rendono il circuito insensibile ai disturbi irradiati dall'impianto elettrico e dagli elettrodomestici.
- ◆ Diventa facile e veloce fare le piste con fili nudi su un mille-foi.
- ◆ Gli isolamenti grandi e il circuito a singola faccia rendono possibile costruire il circuito stampato con la fresa. Dentro al progetto che si scarica da [questa pagina](#), troverete anche il GCode per fresare questo circuito. In pochi minuti viene fuori finito, con i fori e anche il taglio del bordo esterno, tutto con una sola punta da 0.8 mm.

Circuito stampato dell'amplificatore

I collegamenti tra i componenti sono pochi e i componenti sono tutti posizionati a passo 2.54 mm. Per cui è possibile utilizzare un pezzo di basetta mille-fori.

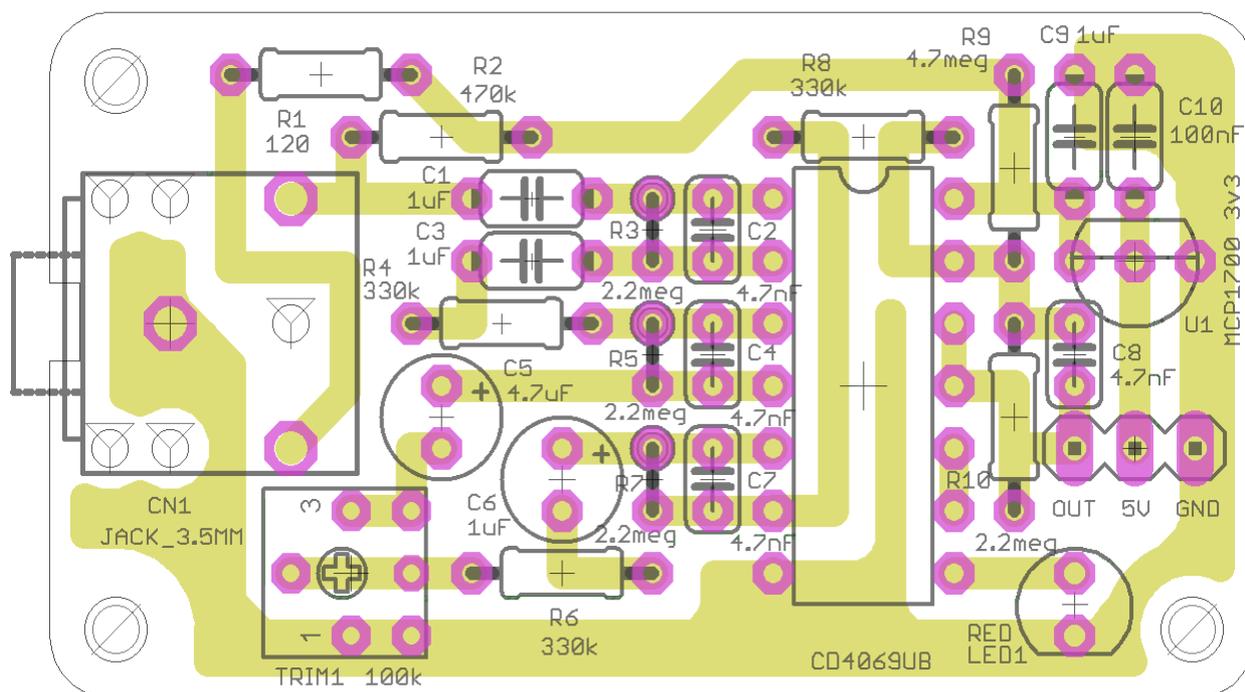


- ◆ Tagliare un pezzo di basetta mille-fori da 30 x 50 mm.
- ◆ Posizionare i componenti nei fori giusti, contando i fori come indicato nella immagine.
- ◆ Fare i collegamenti con piccoli fili nudi.

Per i collegamenti si possono utilizzare i piedini che sono stati tagliati dai componenti. Scegliere quelli più sottili e utilizzare piccole pinzette e tronchesine.

Il saldatore deve essere con punta piccola, caldo al punto giusto, la punta deve essere ben pulita e il filo di stagno deve essere sottile, con piombo e pasta salda.

Circuito stampato visto da sopra



Questa immagine in trasparenza può essere utile quando si posizionano e si saldano i componenti.

Il trimmer TRIM1 deve essere di quelli piccoli (7x7 o al massimo 8x8 mm). Ci sono tre fori extra che permettono di utilizzare diversi modelli di trimmer, o di ruotarlo di 180 gradi, per fare in modo che ruotando in senso orario il segnale aumenti.

Tutti i resistori possono essere da un quarto di watt, ma se si riesce a trovarli da un ottavo di watt è meglio. Sarà più facile posizionarli e sono anche più belli da vedere.

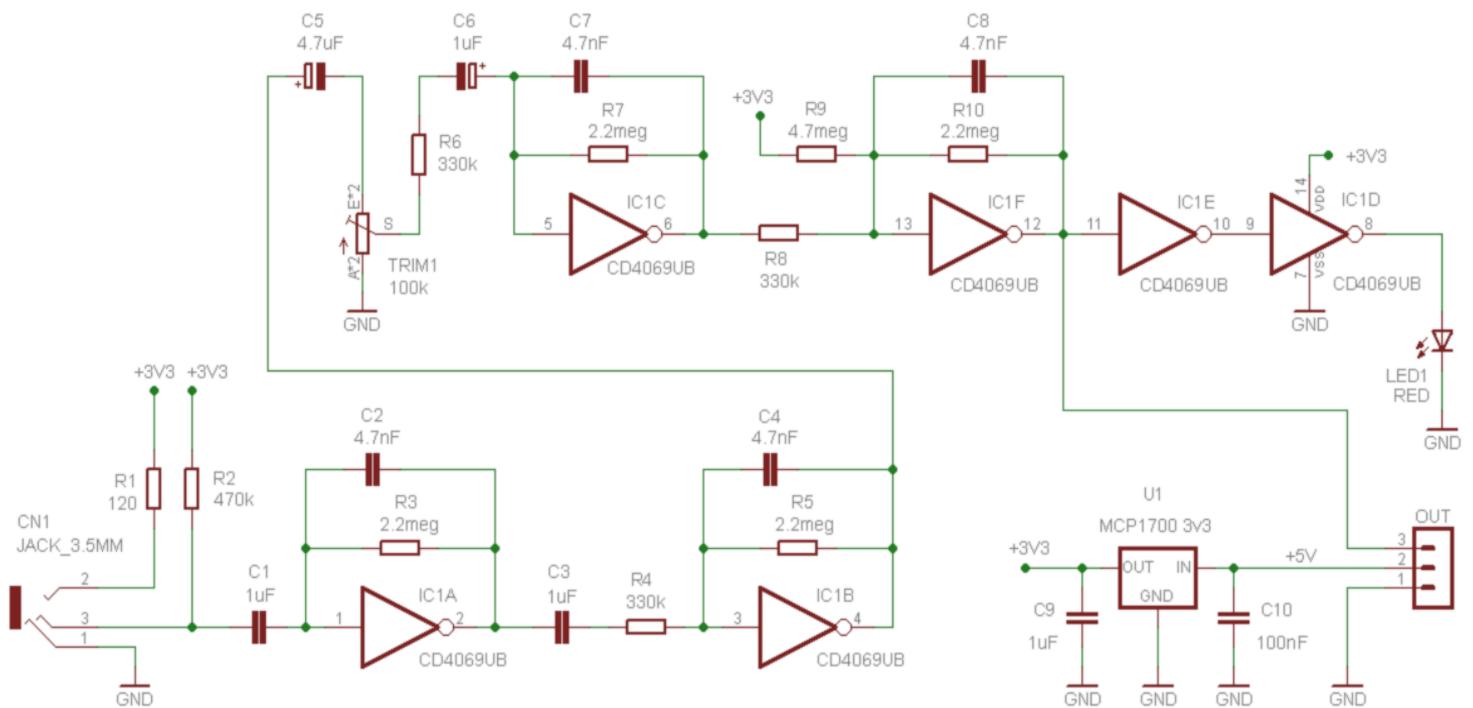
I resistori R3, R5 e R7 vanno posizionati in piedi, piegando una delle due gambe lungo il corpo. Per evitare che le gambe lunghe possano toccarsi tra loro è bene disporli tutti e tre con il corpo dallo stesso lato. Nella immagine si vede che il cerchietto in alto ha il bordo nero e quel lato rappresenta il corpo della resistenza.

Fare attenzione che i condensatori C5 e C6 sono polarizzati e si deve ruotarli con il "+" come indicato in questa immagine.

Per questo circuito non è necessario utilizzare componenti di precisione. Non servono condensatori in mylar, si possono usare i piccoli ed economici ceramici.

I condensatori C1 e C3 **non** devono essere polarizzati, e preferibilmente da 470 nF o da 1 uF, come spiegato nelle prossime pagine.

Schema elettrico



Il resistore R1 invia una corrente di circa 16 mA al LED del sensore.

Il resistore R2, di valore più alto rispetto a schemi simili, fornisce una corrente molto bassa al foto-transistor (meno di 5 uA). Con questo accorgimento, quando si toglie il dito e la luce del LED non è più filtrata, la tensione sul transistor scende dai normali due volt (circa) a un valore molto basso e il transistor va in saturazione. In questo modo si eliminano i disturbi dovuti alla luce esterna che potrebbero generare falsi segnali.

I condensatori C1 e C3 da 1uF determinano la frequenza di taglio bassa. Si consiglia di usare il valore di 1 uF o di abbassarli a 470nF, come spiegato nelle prossime pagine.

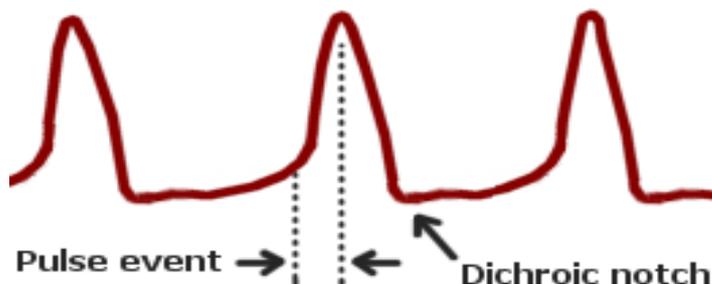
Le sezioni IC1A, IC1B, IC1C e IC1F amplificano il segnale di oltre mille volte (66 dB con TRIM1 al massimo) e nello stesso tempo filtrano efficacemente le frequenze alte in modo da eliminare completamente i disturbi a frequenza di rete.

Il resistore R9 sbilancia l'ultima sezione in modo che l'uscita a riposo sia al di sotto della mezza tensione e il LED1 resti spento. Le sezioni IC1E e IC1D squadrano il segnale e fanno lampeggiare il LED ad ogni battito.

Il regolatore U1 stabilizza il 5 volt in arrivo dalla USB in un 3.3 volt stabile e poco rumoroso.

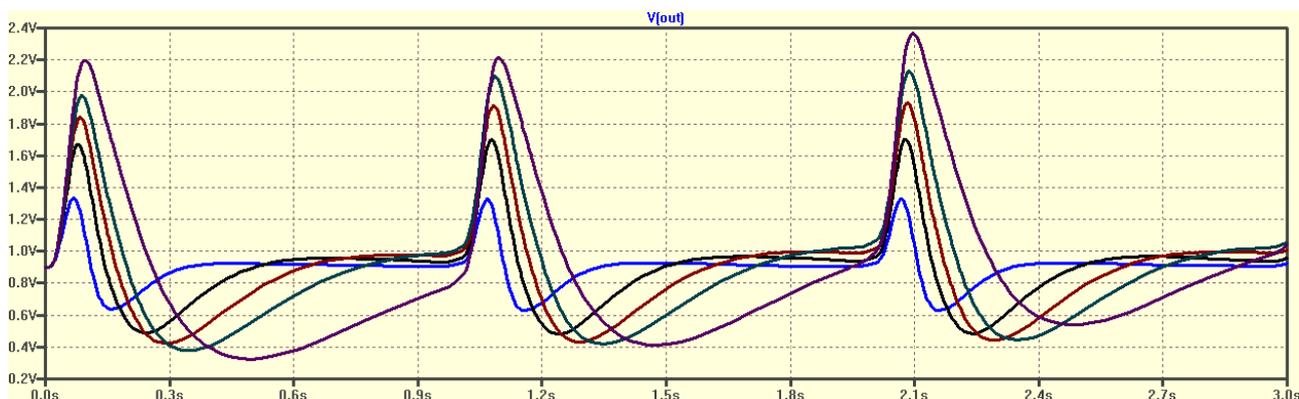
Forma d'onda degli impulsi

La forma d'onda causata dalla pressione del sangue dovrebbe essere più o meno come in questa immagine.



In pratica però le forme d'onda che otterremo saranno un po' diverse da questa, perché utilizzeremo un filtro passa alto per eliminare i dondoli dovuti ai movimenti della mano.

Per essere efficace questo filtro dovrà avere una risposta veloce e quindi una frequenza di taglio abbastanza alta e questo inevitabilmente deformerà la parte orizzontale e estenderà la parte discendente dell'impulso verso il basso.



Qui si vede come cambia la forma degli impulsi con C1 e C3 che valgono 100 nF (blu), 220 nF (nero), 330 nF (rosso), 470 nF (verde) e 1 uF (viola).

Da notare che con 220 nF e 100 nF il segnale si riduce molto di ampiezza.

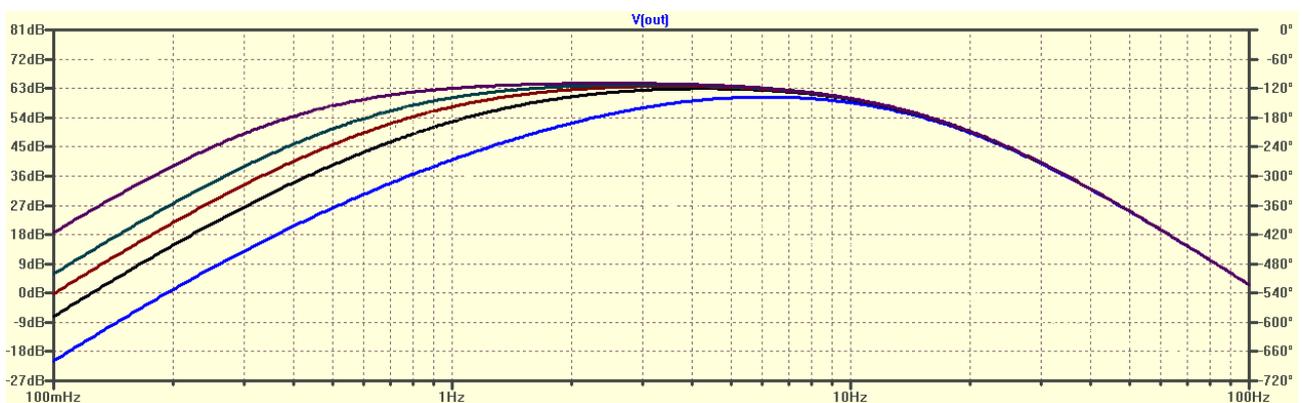
Per la misura delle aritmie la forma d'onda ha poca importanza. Quello che conta è avere una precisa misura del tempo tra impulsi successivi e per ottenere questo è bene sacrificare anche di molto la forma degli impulsi.

Banda passante

La **frequenza di taglio alta**, che si vede nella parte destra della immagine, si trova intorno ai 10 Hz ed è stabilita dai condensatori C2, C4, C7 e C8.

Dato che il filtro ha ben quattro poli, possiamo utilizzare una frequenza di taglio piuttosto alta (10 Hz) e nel contempo ottenere una buona attenuazione delle frequenze da 50 Hz in su (circa 40 dB cioè 100 volte in ampiezza).

Alzando questi 10 Hz si avrebbe scarsa attenuazione dei disturbi a frequenza di rete e abbassandoli si arrotonderebbe il segnale. La frequenza di 10Hz è quindi un ottimo compromesso e non c'è nessun motivo di modificarla.



La **frequenza di taglio bassa**, che si vede nella parte sinistra della immagine, è stabilita dal valore dei condensatori C1 e C3 che possono essere da: 100 nF (curva blu), 220 nF (curva nera), 330 nF (curva rossa), 470 nF (curva verde) e 1 uF (curva viola).

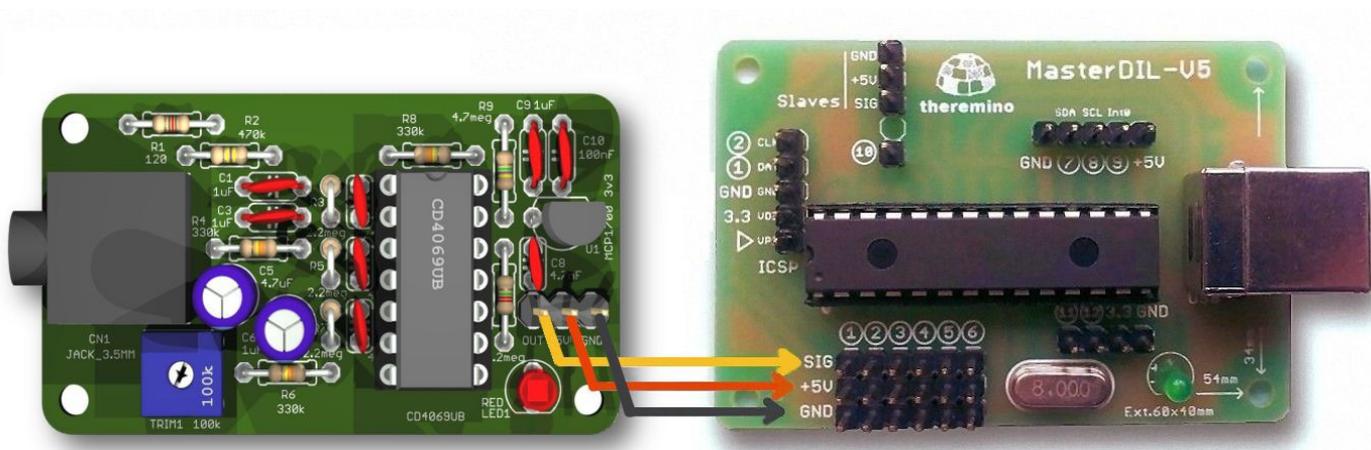
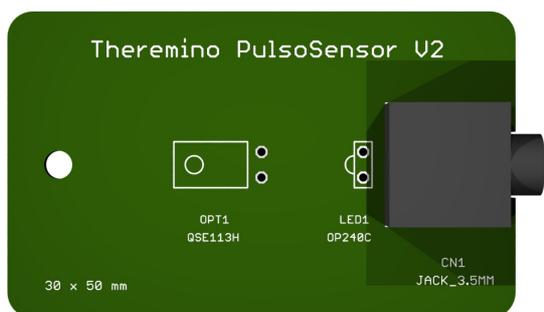
Con i condensatori C1 e C3 da 1 uF, come indicato nello schema elettrico, si ottiene la minima deformazione della forma degli impulsi ma una maggiore sensibilità ai disturbi a frequenze molto basse (dondolii in alto e in basso provocati dai movimenti del paziente).

Scendendo di capacità a 330 nF o meno potrebbe capitare che la forma degli impulsi di alcuni pazienti sia così deformata da causare dei doppi conteggi.

Consigliamo quindi di utilizzare per C1 e C3 condensatori da 1 uF o al massimo da 470 nF.

Connessioni

Per connettere il sensore all'amplificatore si deve usare un cavo schermato per collegamenti audio, con jack maschi da 3.5mm, stereo. Attenzione che molti cavi, anche se con i connettori dorati, morbidi e belli a vedersi, non sono schermati. Quando lo si acquista fare attenzione che la parola "schermato" sia specificata chiaramente.



Le connessioni tra l'amplificatore e il modulo Theremino Master si fanno con un cavetto Dupont femmina femmina a tre poli, come indicato in questa immagine con i colori nero, rosso e giallo. Per questo collegamento non è necessario utilizzare cavo schermato.

Reperire i componenti

Spesso ci chiedono i prezzi o ci chiedono di costruire qualcosa in cambio di denaro. Per cui è importante ricordare ancora una volta che noi del sistema Theremino progettiamo e spieghiamo come fare ma non vendiamo nulla. Non lavoriamo su ordinazione e tutto quello che facciamo è senza fini di lucro.

Esistono in Internet dei produttori che vendono moduli costruiti secondo i nostri progetti, li potete trovare facilmente cercando "Theremino" su Google. Ma questi produttori privilegiano i moduli più richiesti e probabilmente ci vorranno mesi prima che costruiscano questo sensore.

Quindi fino a che non sarà disponibile resta una sola possibilità, il fai da te. E per questo abbiamo fatto il possibile per facilitare l'auto-costruzione.

Particolarità dei nostri progetti per facilitare l'auto-costruzione.

- ◆ Gli isolamenti sono larghi almeno 0.8 mm per poter fare i PCB con la fresa.
- ◆ La disposizione è tutta a passo 2.54 mm per poter anche utilizzare una basetta mille-fori.
- ◆ I componenti sono scelti apposta tra i più comuni. Molti dovrebbero averli quasi tutti tutti in casa.

Download del progetto del sensore

Il progetto dei due circuiti stampati in formato Eagle si scarica da [questa pagina](#).

Nel progetto sono compresi i piani di montaggio, lo schema elettrico e altre immagini utili per facilitare la costruzione.

Nel file che si scarica troverete anche il GCode da utilizzare con la fresa. Come software consigliamo [Theremino CNC](#) e come utensile una fresa da 0.8 millimetri (il modello 626 che si vede nella pagina di Theremino CNC, se non la trovate premete CTRL-F e poi 626).

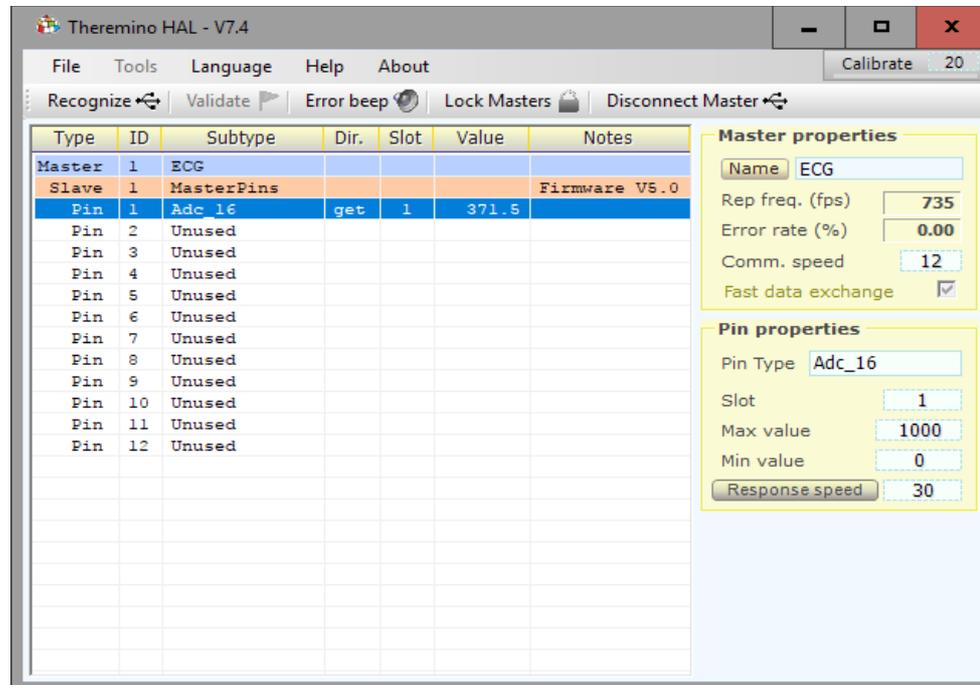
Software per leggere il sensore

Il segnale in arrivo dalla USB si riceve con la applicazione HAL che si scarica [da questa pagina](#).

La applicazione HAL va configurata come si vede in questa immagine.

Si clicca sulla riga dello Slot 1 e poi si sceglie Adc16 come PinType.

La applicazione HAL va poi lasciata in funzione, magari minimizzata ma attiva.



Poi per visualizzare gli ECG, ma principalmente per la ricerca delle aritmie, si utilizza la applicazione Theremino ECG che [si scarica da qui](#).

La applicazione ECG può lanciare automaticamente la applicazione HAL.

Per ottenere questo comportamento si copia il file "Theremino_HAL.exe" accanto al file exe della applicazione ECG.

