



Theremino

UN ADC A 24 BIT PER IL FAI DA TE

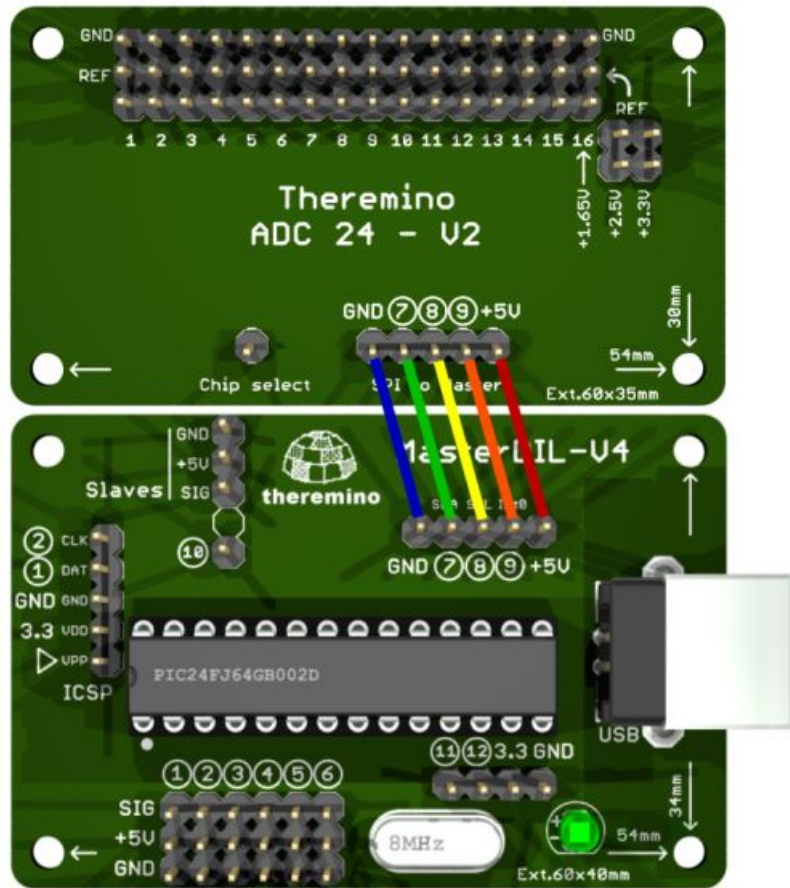
26 December 2016

Introduzione

Questo articolo mostra le caratteristiche principali del Theremino Adc24, in modo da farsi una idea del suo funzionamento e decidere se approfondire o meno l'argomento. Chi è interessato ai particolari può consultare la documentazione completa che si trova in [questo file PDF](#) e anche scaricare schemi, circuito stampato e lista componenti da [questa pagina](#).

Connessione e configurazione

Il modulo Adc24 ha otto ingressi Differenziali oppure fino a sedici "Single Ended". Lo si collega al modulo Master il quale fornisce altri dodici ingressi e uscite e il collegamento con il computer attraverso una porta USB.



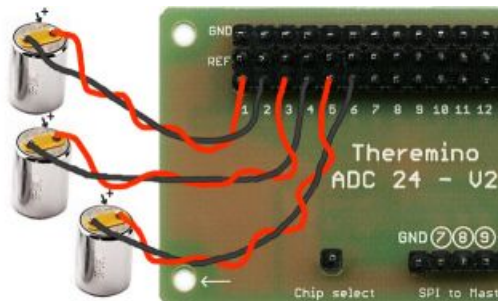
I due moduli iniziano a comunicare non appena li si collega alla USB e sono immediatamente pronti. Non servono drivers e non si deve programmare il loro firmware. Per cui anche i non-programmatori possono utilizzarli per misure e esperimenti con sensori e attuatori di ogni genere. Gli "elettronici" li possono utilizzare in laboratorio, i professori per la didattica, i musicisti per la musica e gli artisti per le loro opere multimediali. E tutti loro possono continuare a pensare alla loro elettronica, didattica, musica e arte, senza doversi trasformare in programmatori improvvisati, come invece è necessario con Arduino.

Particolarità del Theremino Adc24

Il Master potrebbe essere utilizzato anche da solo ma l'Adc24 estende le sue capacità. Un Adc24 "fai da te" permette a tutti di fare misure di precisione senza spendere grandi cifre.

Il chip di Analog Devices usato è di progettazione recente (2015) per cui ha un basso rumore, un pre-amplificatore differenziale configurabile, filtri configurabili, un'ampia gamma di frequenze di campionamento (da 10 Hz fino a 19 KHz), possibilità di programmare ogni ingresso come Differenziale, Pseudo differenziale o Single Ended, funzioni di auto test, sorgenti di tensione di riferimento, ingressi con corrente di perdita estremamente bassa ecc.. Sono caratteristiche molto

utili per il fai da te, perché disponendo di esse si possono fare buone misure con pochi componenti aggiuntivi e in molti casi con il solo sensore, senza componenti aggiuntivi.



Collegamento di tre geofoni ortogonali per terremoti, microtremoni e analisi degli edifici

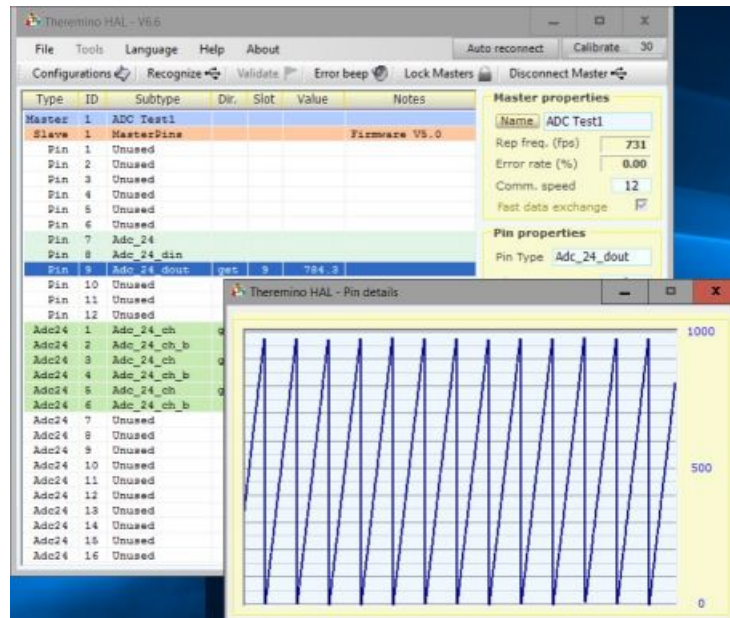
Tra i sensori che sono direttamente collegabili all'Adc ci sono gli Accelerometri, i Geofoni, gli RTD (ad esempio i PT100), i trasduttori lineari, i PHmetri, le celle di carico, i sensori di temperatura e di campo magnetico, fototransistor, fotodiodi e fotoresistori, sensori per elettrocardiografia, ecc.. E in tutti i casi si può ottenere la massima sensibilità e il minimo rumore senza bisogno di specifici preamplificatori.

Aggiungendo alcuni resistori si possono anche costruire datalogger che possono competere con i costosi datalogger commerciali e che hanno addirittura caratteristiche superiori ad essi (grazie alla alta precisione e alla bassa corrente di perdita degli ingressi di questo Adc).

Applicazioni da utilizzare con l'Adc24

Con il Theremino Adc24 si dispone anche di un sistema di applicazioni intercomunicanti, che possono essere usate in infinite combinazioni, per esperimenti di ogni genere.

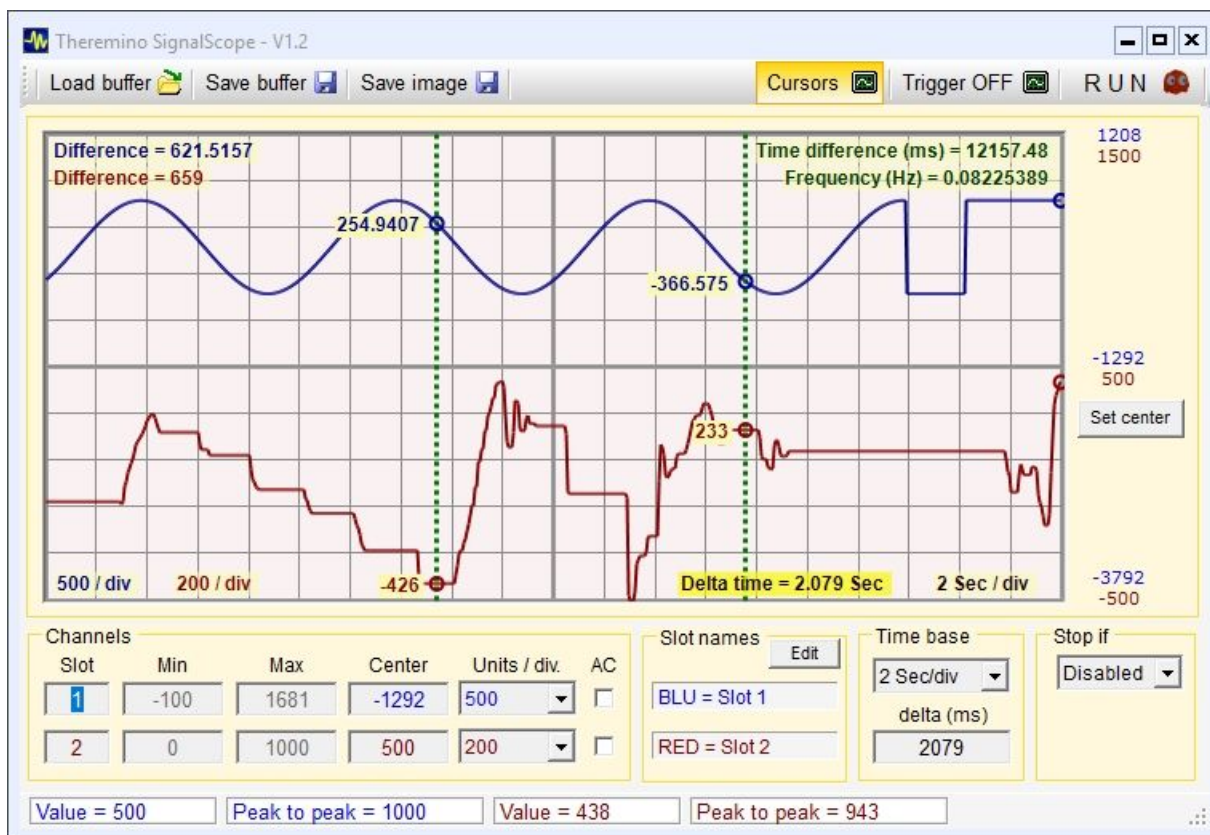
Le applicazioni più importanti da utilizzare con l'Adc24 sono:



L'HAL che permette di configurare gli ingressi dell'Adc24 e il suo visualizzatore di segnali integrato

Value	3.3	2499.407	53.76344	22.30179	22.30928	22.31612	7.21467	7.3155
Slot	10	20	30	40	50	60	70	80
Type	Volt	Millivolt	Res-4	PT100-4	LM35	TSIC501	UVM-30A	ML8511
Multiply	1	1	10000	10000	1	1	1	1
Trim value	0	0	0	0	0	0	0	0

La applicazione Theremino Logger



La applicazione Theremino Signal Scope

Queste applicazioni possono poi scambiare dati con i moduli hardware e con tutte le altre applicazioni del sistema. Sono oltre cinquanta applicazioni tutte gratuite e Open Source. E sono tutte in grado di comunicare tra di loro. Una lista delle applicazioni e dei dispositivi collegabili si trova [in questa pagina](#).

Scelte di progetto - Resistori di protezione

Questa sezione spiega come mai in questo progetto ci sono resistori da 220 ohm con tolleranza 5% in serie agli ingressi.

Sono stati espressi dubbi su questa scelta, ma chi li ha espressi non ha evidentemente letto il data sheet dell'AD7124 e non ha notato che questo Adc ha una corrente di perdita incredibilmente bassa. Questo errore é comprensibile perché i normali Adc24 commerciali, anche molto costosi, ad esempio il Picoscope da 700 Euro, hanno una corrente di perdita circa mille volte maggiore dell'AD7124 che utilizziamo sul nostro modulo Adc24 (circa 3 uA contro 3 nA).

Le comparazioni sono a pagina 22 del [manuale dell'Adc24](#) e i dati originali sono nei datasheet del Picoscope e dell'Adc24 i cui link sono nelle pagine 22 e 36 del [manuale dell'Adc24](#).

Con Adc "normali" i resistori da 220 ohm con tolleranza 5% produrrebbero cadute di tensione e sbilanciamenti intollerabili (660 uV e 33 uV). Ma questo non è uno dei soliti Adc, è stato progettato nel 2015 da Analog Devices al culmine di decenni di esperienza in questo settore e ha sia una corrente di perdita incredibilmente bassa, che una precisione dello 0.05% già tarata in fabbrica, che un errore di offset di +/-20 uV. Il tutto garantito in un range di temperature da -40°C a +105°C.

Quindi la bassa corrente di perdita di questo Adc (3 nA) su resistori da 220 ohm produce al massimo 700 nV di caduta e gli sbilanciamenti causati dalla tolleranza dei resistori del 5% sono nell'ordine dei 50 nV o meno. Centinaia di volte inferiori rispetto ai 20 uV di offset garantiti, i quali sono già ottimi per tutte le normali applicazioni.

Quindi abbiamo valutato che non avrebbe senso utilizzare resistori all'1%, che sarebbero più costosi. E possiamo anche permetterci di utilizzare resistori di protezione di valore abbastanza alto da proteggere gli ingressi fino a tensioni di 6 volt.

I nostri progetti sono destinati a persone che non conoscono l'elettronica. Questo non vuol dire che siano degli ignoranti assoluti, magari sono tra i massimi esperti italiani in altri campi come la geologia, la sismologia, la misurazione del radon o la musica. Ma non sono esperti in elettronica, per cui possono facilmente fare errori di cablaggio. Dato che l'errore più grave che possono fare è collegare un ingresso al 5 volt, abbiamo calcolato i resistori di ingresso per permettere all'Adc di resistere a questa condizione e 220 ohm è il minimo valore utilizzabile.

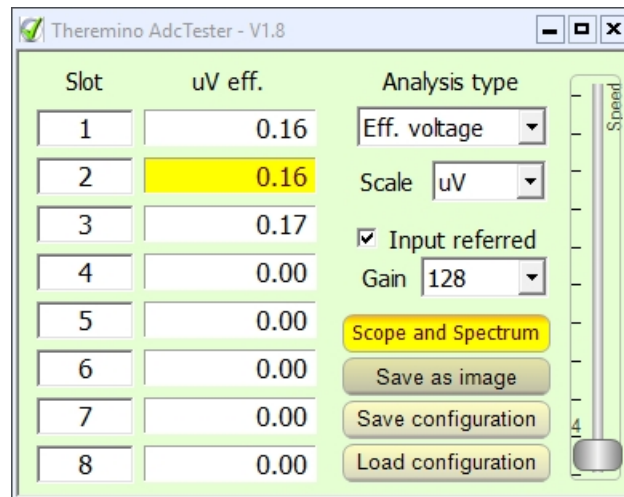
Altri accorgimenti, tra cui un diodo di protezione contro le inversioni di polarità della alimentazione e resistori anti ringing sulle linee dati, hanno reso questi moduli molto robusti. In questo momento ce ne sono circa 400 in funzione e tutti ne sono contenti.

Rumore aggiuntivo provocato dai resistori di protezione

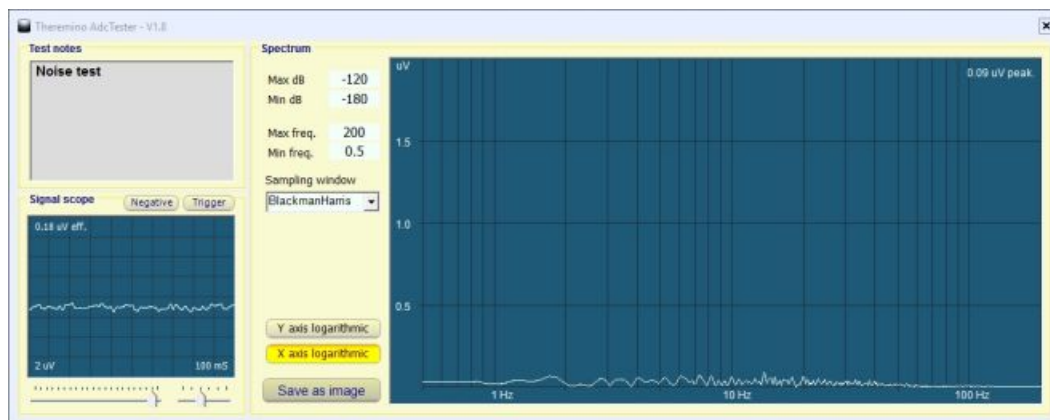
Abbiamo verificato (con il software Theremino AdcTester appositamente scritto per collaudare gli Adc), che il rumore introdotto dai resistori da 220 ohm fosse limitato e comportasse un degrado di prestazioni trascurabile.

Il rumore è stato misurato con il preamplificatore programmabile impostato per un guadagno di 128, con ingressi differenziali e 600 SPS (campionamenti al secondo). Quindi in condizioni di normale uso e con il massimo guadagno.

- Rumore riferito all'ingresso con i resistori da 220 ohm = 0.16 .. 0.17 uV efficaci
- Rumore riferito all'ingresso con i resistori in corto = 0.14 .. 0.15 uV efficaci



Le misure di rumore sono state effettuate come spiegato nelle pagine 9, 10, 11 e 12 del [manuale dell'AdcTester](#).

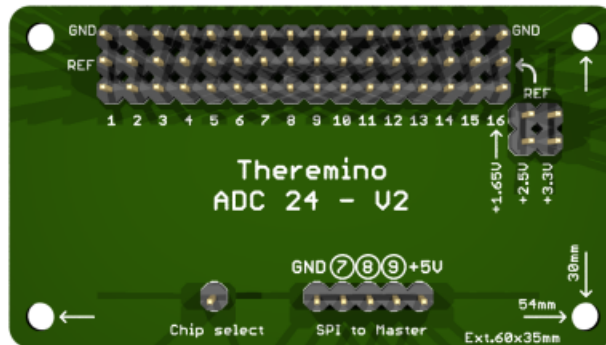


Scelte di progetto - Circuito stampato a singola faccia

Questa sezione spiega come mai abbiamo deciso di utilizzare un PCB a singola faccia.

Sono stati espressi dubbi su questa scelta ma chi li ha espressi non ha evidentemente capito che i nostri progetti sono destinati a persone che non conoscono l'elettronica. Questo non vuol dire che siano degli ignoranti assoluti, magari sono tra i massimi esperti italiani in altri campi come la geologia, la sismologia, la misurazione del radon o la musica. Ma non sono esperti in elettronica per cui possono facilmente fare errori di cablaggio.

Abbiamo quindi utilizzato la faccia superiore del PCB solo per la serigrafia e abbiamo disposto i connettori per fornire agli utenti un sinottico facilmente comprensibile con scritte grandi, ben visibili e significative.



I PCB a singola faccia con il lato superiore pulito e completamente dedicato alla serigrafia sono una "firma" che contraddistingue i nostri progetti. Lo sbroglio su una sola faccia, senza ponticelli e senza fori passanti è una dimostrazione di esperienza e un esercizio di stile. Fare PCB è un'arte e pochi saprebbero farli semplici e puliti come i nostri.

Lo sbroglio dei PCB è solo la punta visibile dell'iceberg e lo utilizziamo come "marchio distintivo", per evidenziare la passione con cui sono progettate anche le parti meno visibili (firmware e software).

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Theremino:un-adc-a-24-bit-per-il-fai-da-te>"