

theremino
•the•real•modular•in-out•

Sistema theremino

Elettronica della camera a ioni

Prima di iniziare una avvertenza importante

Nel documento sulla costruzione della camera abbiamo scritto che **si deve curare bene la tensione del filo centrale**, ma questo punto critico è stato spesso trascurato. Chi non vuole "grane" deve leggere attentamente questa pagina.

Il materiale del tirante che tende il filo centrale va scelto con cura. Deve essere resistente all'allungamento, perfettamente isolante e non igroscopico. Se il tirante si allunga il filo centrale perde tensione e la camera diventa instabile e sensibile ai movimenti meccanici.

Sembra incredibile ma alcuni materiali, apparentemente isolanti, conducono abbastanza da provocare forti disturbi elettrici (traccia oscilloscopica del TP3 molto rumorosa, anche fino a mezzo volt di rumore). Le prove con cordini di canapa o cotone hanno dato risultati "terribili".

I difetti possono andare dall'avere una camera molto sensibile ai movimenti meccanici fino a improvvise raffiche di disturbi e i motivi sono:

- ◆ Filo non ben teso, tirante che si è allungato.
- ◆ Tirante igroscopico che si è inumidito e fa piccole scariche interne.
- ◆ Cambi di temperatura che provocano allungamenti e conseguenti scricchiolii.

Per fissare bene il tirante, si deve mettere una goccia di Attack nel punto in cui esce dal foro e si piega. Mentre l'Attack asciuga si fissa con nastro trasparente rigido "Scotch". **Non si deve usare il nastro nero da elettricista perché è gommoso** e si deforma prima che asciughi l'Attack, e alla fine il filo non è teso.

Lo abbiamo già scritto ma è bene ricordarlo: **il coperchio che tiene l'elettronica ha una importante funzione di elasticità**. Mentre si tira e si incolla il tirante, **si deve tenere premuto il coperchio**.

Eventualmente farsi aiutare da qualcuno che lo tiene premuto, mentre si fissa il tirante. A fine lavoro **controllare che il filo sia in tensione, premendo il centro del coperchio**. Ricontrollare qualche ora dopo e se il coperchio cede premendolo, allora il tirante non è abbastanza in tensione e si deve rifare il tiraggio.



Nella immagine a sinistra si vede un filo ricavato dall'isolamento esterno di un filo telefonico. Le prime camere erano fatte così, ma è difficile usarlo perché se si tira troppo si strappa. Poi, dopo vari tentativi fallimentari con fili di canapa e cotone, abbiamo provato il nylon della immagine a destra. Funziona ma è troppo rigido, si fa fatica a piegarlo e tende a scivolare mentre lo si fissa.

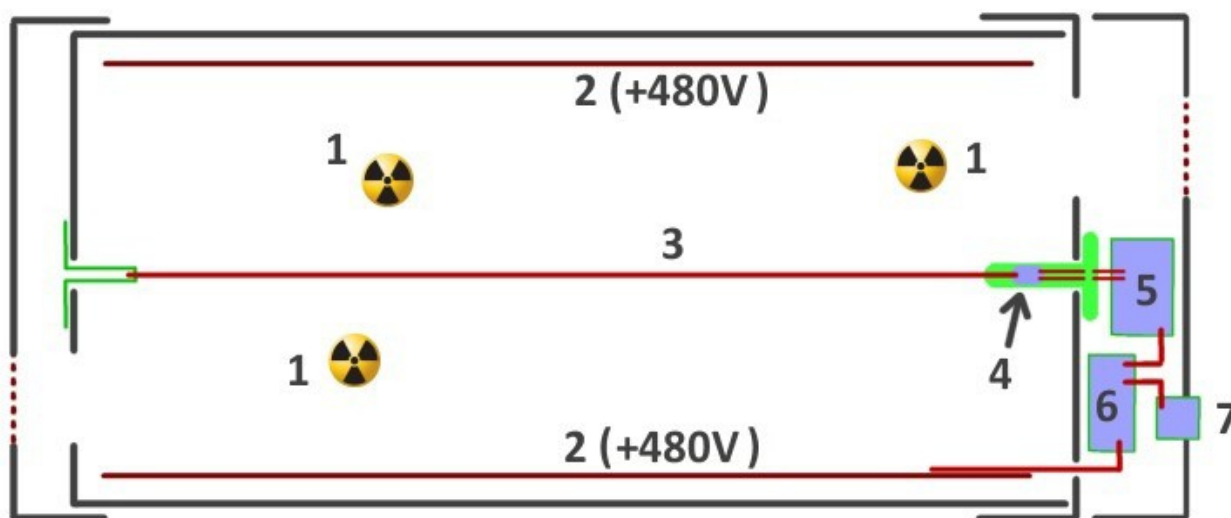
Alla fine abbiamo trovato la soluzione ideale, le fascette di nylon!

Sono perfettamente isolanti, resistono a ogni trazione senza allungarsi e senza strapparsi. Sono piatte, si piegano facilmente e hanno anche le righe che aiutano a non farle scivolare mentre si fissano.

Si devono usare fascette molto piccole, larghe circa due millimetri e lunghe circa sei centimetri.



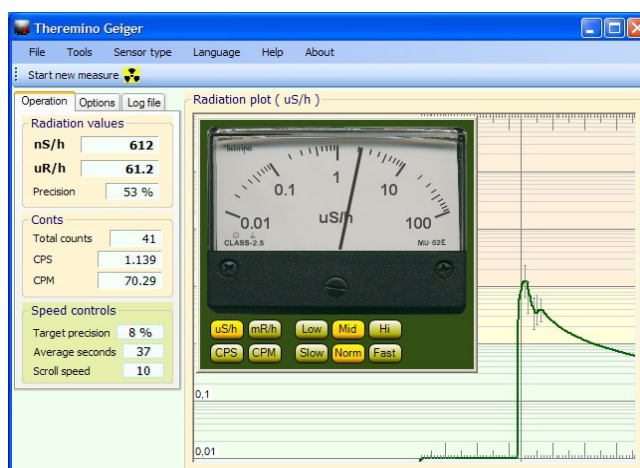
Schema elettrico funzionale



Ogni disintegrazione del Radon **(1)** ionizza l'aria e produce migliaia di coppie elettrone-ione. Il forte campo elettrico presente nella camera attrae velocemente gli ioni verso l'elettrodo centrale **(3)** e gli elettroni verso il rivestimento **(2)**. In pochi millisecondi tutti gli elettroni prodotti dalla singola disintegrazione attraversano il generatore di alta tensione **(6)**, l'amplificatore **(5)** e il FET **(4)** e si ricombinano con gli ioni positivi.

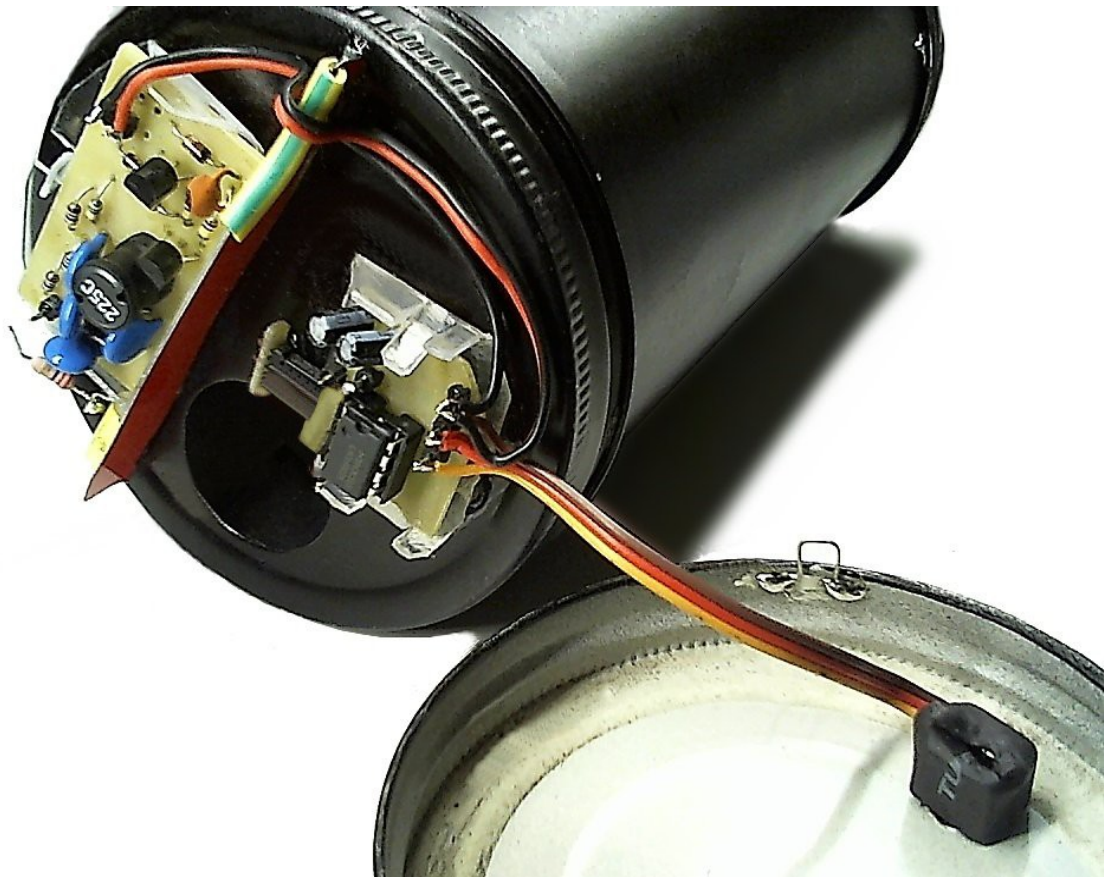
La debole corrente degli elettroni viene prima amplificata dal FET. Poi l'amplificatore e discriminatore della ampiezza degli impulsi **(5)**, scarta gli impulsi di bassa energia e isola le sole disintegrazioni alfa, prodotte dal radon e dai suoi discendenti.

Il connettore di uscita **(7)** è collegabile direttamente a un **PIN standard configurato come semplice "Counter"** (non "FastCounter" che sarebbe sprecato per i pochi impulsi al secondo del Radon).



Normalmente si usa un modulo Theremino_Master che provvede l'alimentazione per la camera a ioni e invia i conteggi al software Theremino_Geiger, via USB. Un solo Master può alimentare fino a sei camere a ioni, con collegamenti lunghi anche centinaia di metri e raccogliere contemporaneamente tutti i dati. Alcune di queste sei camere potrebbero essere sostituite con sonde Geiger per raggi Alfa, Beta e Gamma o con sensori ambientali, per misurare, ad esempio, i millimetri di pioggia, la temperatura e l'umidità.

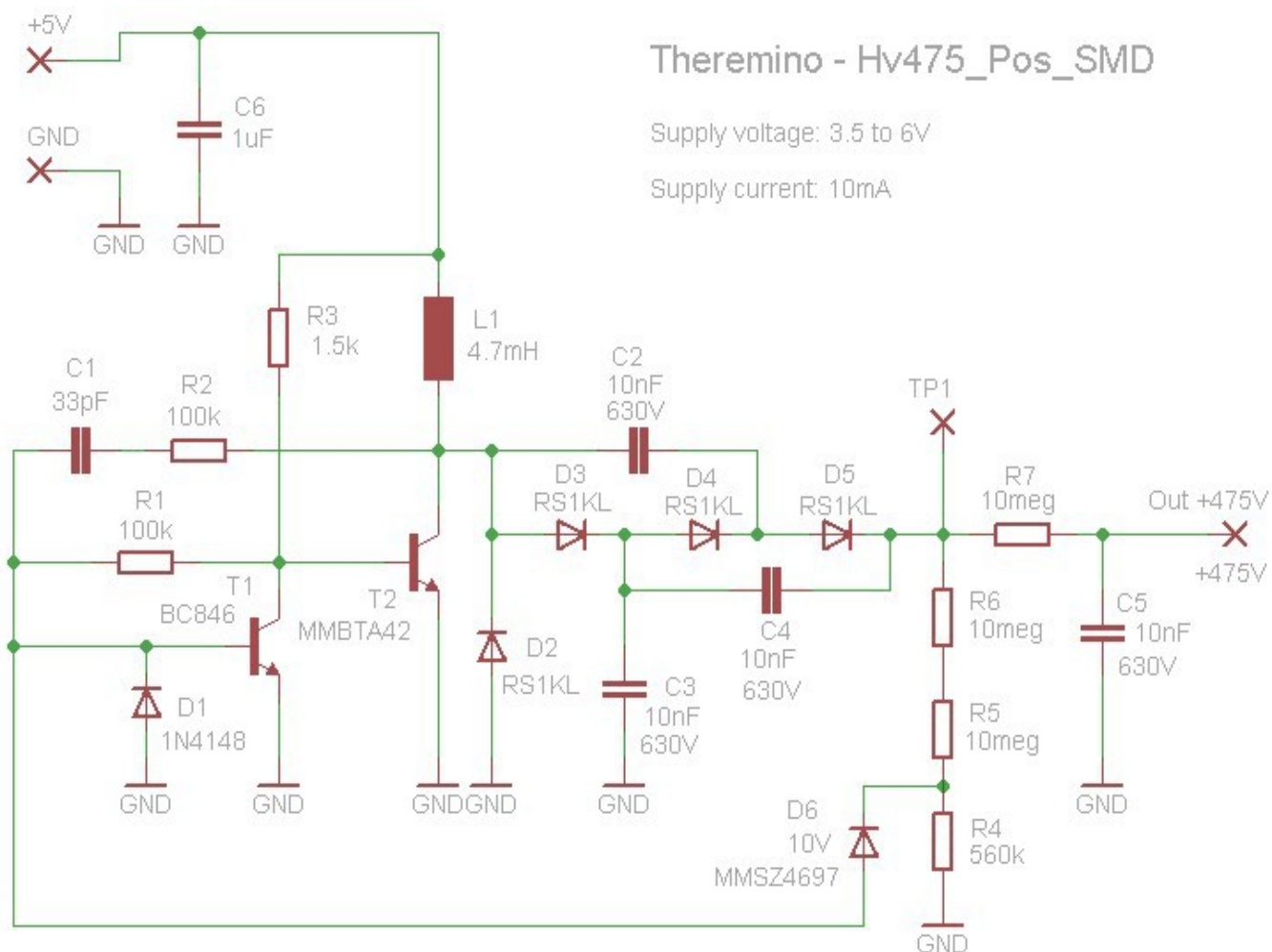
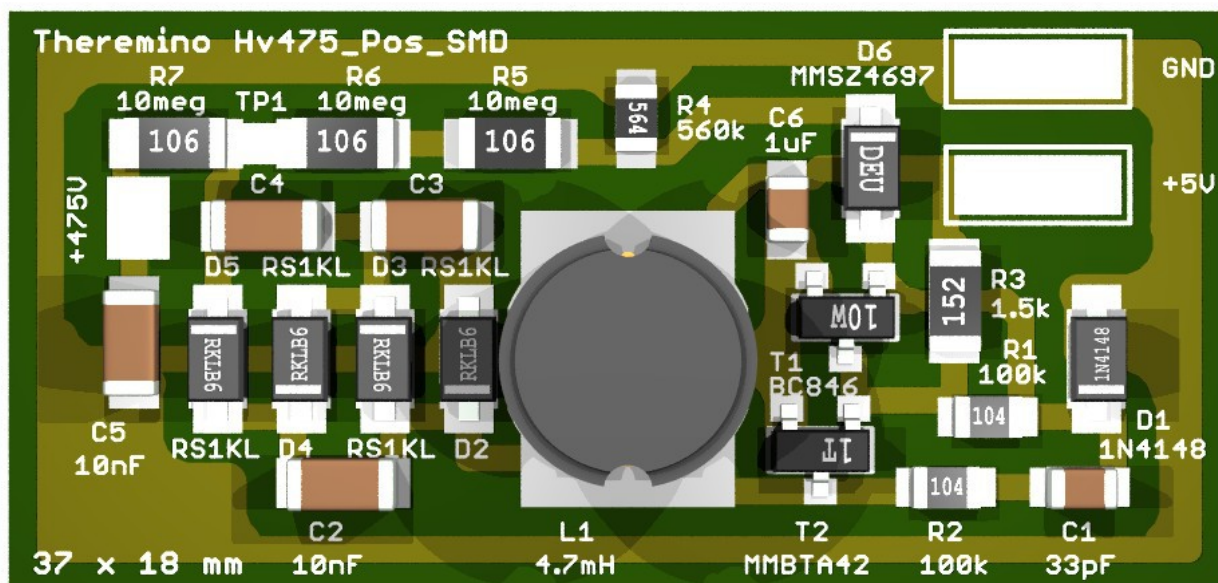
Vista di insieme dei collegamenti



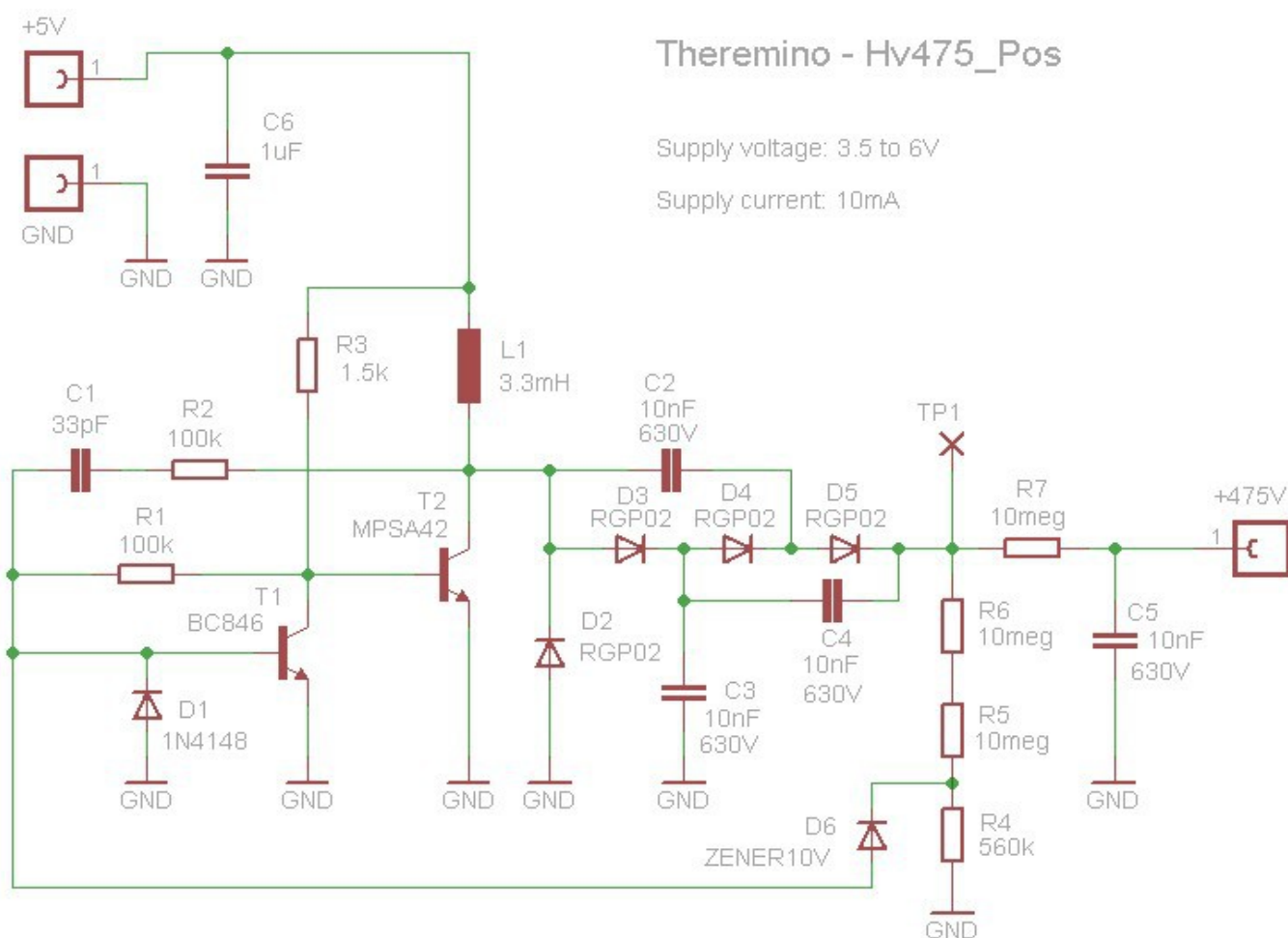
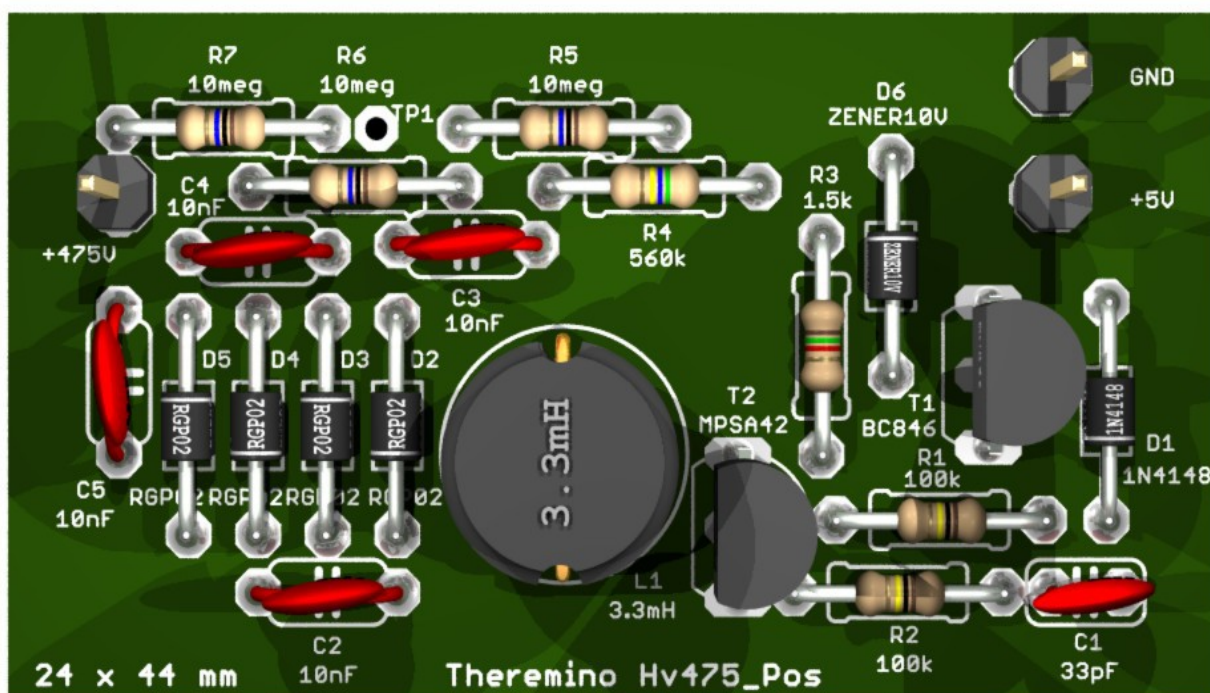
In questa immagine si vede il nuovo cablaggio semplificato. Nelle prime versioni i moduli erano interconnessi con connettori, ma era difficile farli stare nel piccolo spazio a disposizione.

Eliminando i connettori il cablaggio è diventato molto semplice. E anche senza connettori si può intervenire sui moduli facilmente, basta sfilarli e ruotarli sottosopra. Nel caso si debbano fare operazioni difficili, basta dissaldare il resistore dell'alta tensione e si possono separare tutti i moduli dalla camera.

Generatore di alta tensione - Versione SMD



Generatore di alta tensione - Versione ThruHole



Generatore di alta tensione - Note

Esistono due versioni del generatore di alta tensione. Qualcuno preferisce farlo completamente in SMD, altri preferiscono i resistori tradizionali. Per tutte e due le versioni lo schema elettrico è lo stesso, i connettori sono nella stessa posizione e anche la disposizione dei componenti è molto simile.

Questi circuiti si chiamano Hv400 perché inizialmente si usava una tensione di 400 Volt ma in seguito abbiamo deciso di alzare questa tensione e abbiamo stabilito un valore nominale di 475 Volt.

La tensione di uscita di circa 475 Volt non è critica, il numero di conteggi cambia pochissimo con tensioni da 450 a 500 Volt, ma se possibile si dovrebbe controllarla. Sarebbe anche bene provare che sia in grado di salire almeno a 600 Volt. Questo margine garantisce che la stabilizzazione continui a funzionare, anche con temperature ambiente estreme. (evitare comunque di far lavorare la camera all'aperto per lunghi periodi perché patisce l'umidità).

Non è possibile misurare la tensione con un normale tester, usare la sonda di questa pagina:
<http://www.theremino.com/blog/gamma-spectrometry/hardware-tests#hv>

Controllare che la tensione possa salire a 600 Volt e oltre

Per fare questo controllo si mantiene collegato il misuratore di tensione e si collega un secondo resistore da 680k in parallelo a R4. In questo modo si dimezza R4 e la tensione dovrebbe salire fino a 1000 Volt.

Normalmente la tensione non salirà fino a 1000 Volt ma circa a 600 - 700 Volt. Se la tensione supera i 600 Volt si può stare tranquilli che la stabilizzazione funzionerà sempre bene, se non li supera questo potrebbe essere dovuto a una L1 troppo bassa (2.2 mH) oppure ad altri componenti un po' fuori caratteristiche.

Per aumentare questa tensione ridurre R3 a 1k o 820ohm (se anche con 820 ohm non si raggiungono i 600 volt allora ci deve essere un errore o un componente difettoso).

Quando tutto è a posto si toglie il resistore in parallelo a R4, la tensione si stabilizza tra 450 e 500 Volt e questo controllo è finito.

Modificare R3 fa variare anche la tensione di lavoro, si dovrà ricontrollarla e probabilmente si dovrà anche ritoccare R4.

Controllare che tensione di lavoro sia tra 450 e 500 Volt

Il valore nominale della tensione è 475 Volt. Una tensione inferiore a 450 o superiore a 500 Volt potrebbe essere causata dallo zener, non esattamente da 10 Volt o da altri componenti.

- ◆ Per aumentare la tensione ridurre R4 a 560k, 470k, 390k.
- ◆ Per diminuire la tensione aumentare R4 a 820k, 1Mega e oltre.

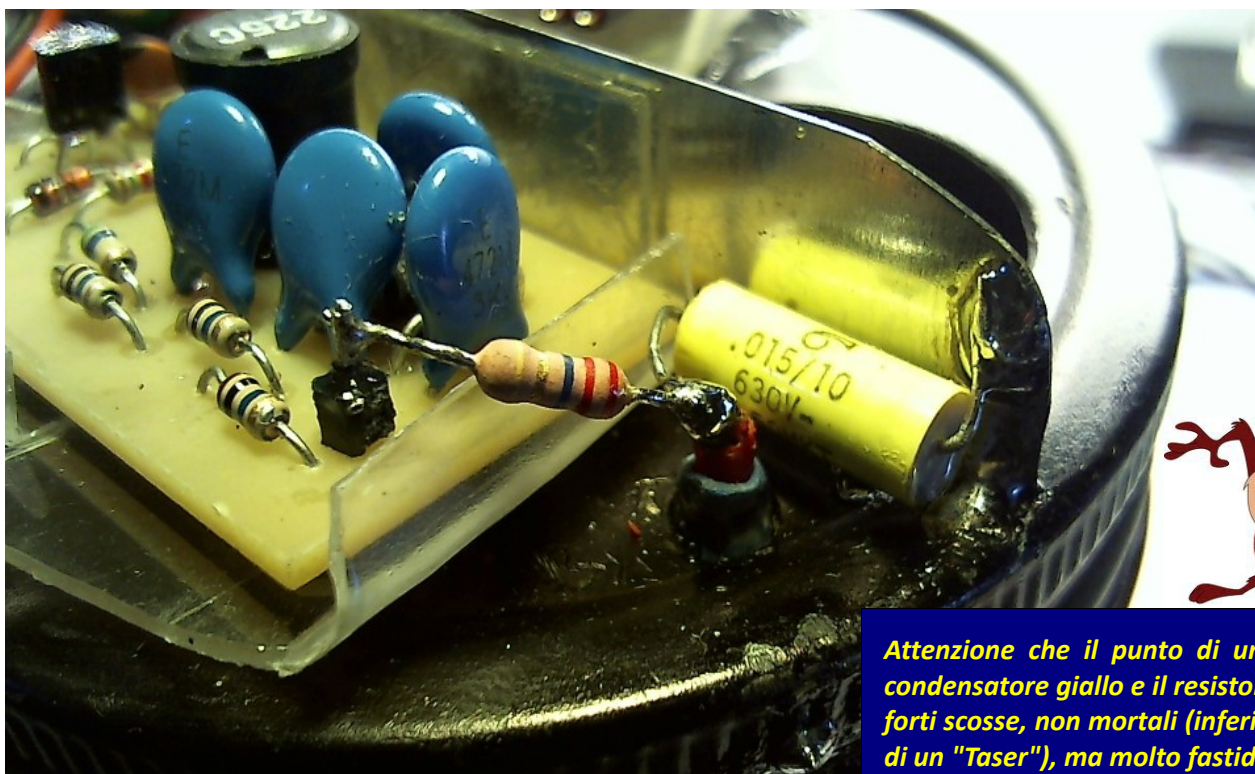
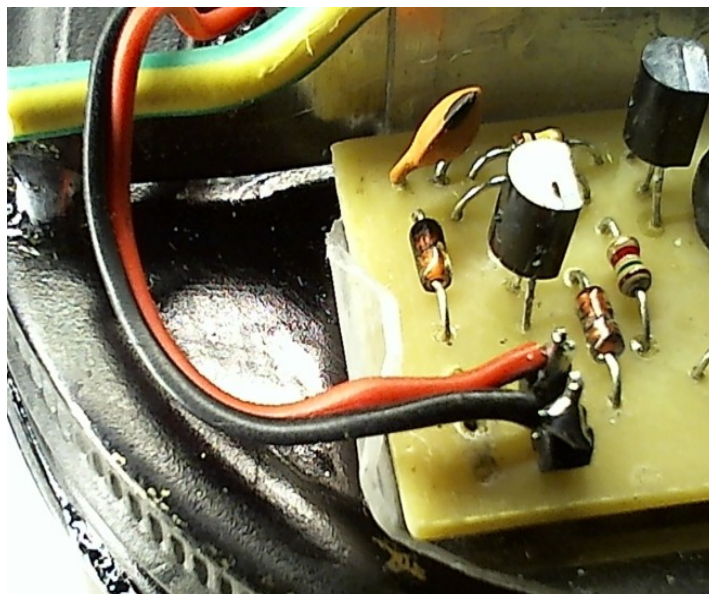
Per tarare la tensione con maggiore precisione, si usa per R4 il valore standard più vicino, ma superiore, in modo che la tensione sia un po' bassa. Poi gli si appoggia in parallelo un resistore tra 1 e 10 Mega, fino a portare la tensione a circa 475-480 Volt. Infine si salda questo resistore in parallelo a R4.

Generatore di alta tensione - Collegamenti

Qui si vede il nuovo metodo di cablaggio, con i fili saldati, senza connettori.

Il generatore di alta tensione è collegato con due soli fili:

- ◆ Filo nero = Massa
- ◆ Filo rosso = +5V



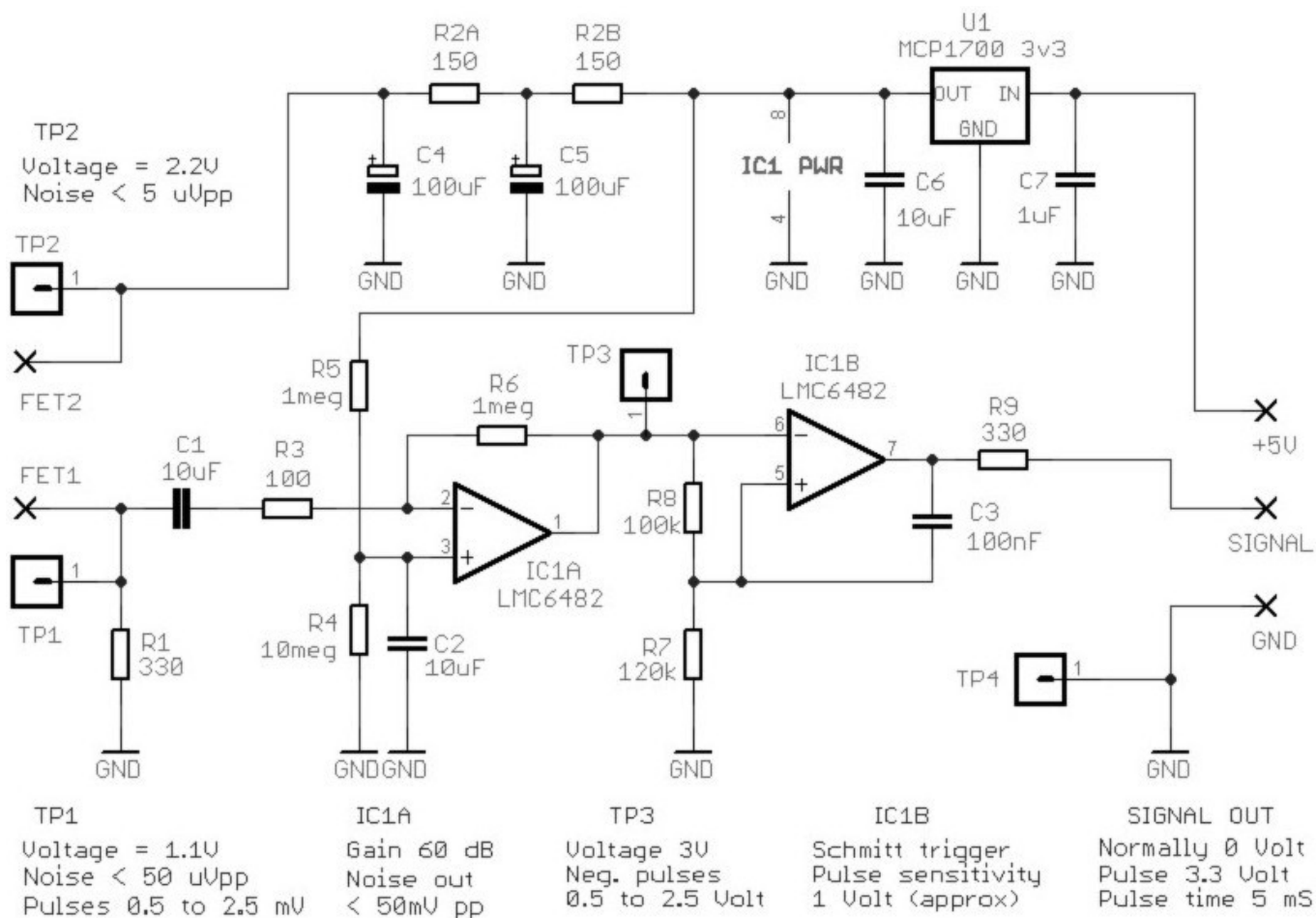
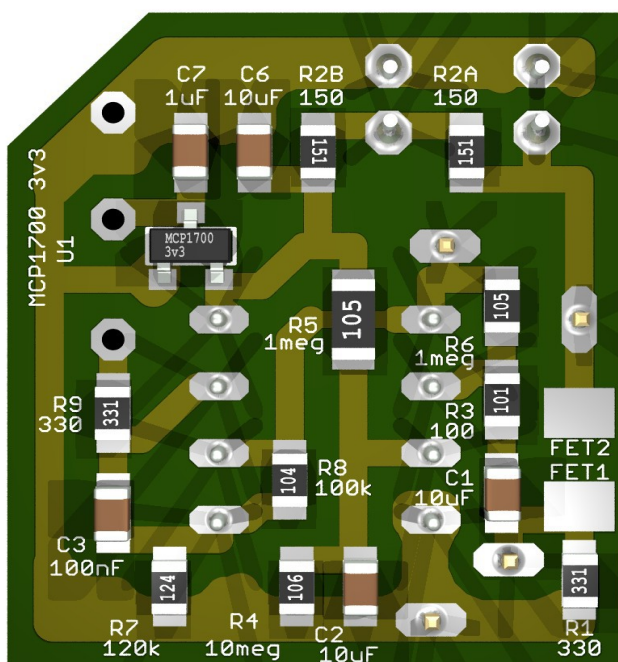
Attenzione che il punto di unione tra il condensatore giallo e il resistore può dare forti scosse, non mortali (inferiori a quelle di un "Taser"), ma molto fastidiose.

L'uscita dell'alta tensione è collegata con un solo resistore da 22 Mega ohm (se non lo si trova, potrebbe andare bene anche un solo resistore da 10 Mega ohm, oppure due in serie).

Tra il terminale della alta tensione e la massa del barattolo si salda un condensatore da almeno 600 Volt e da almeno 10 nF (meglio ancora se lo si trova da 15 nF, 33nF o anche maggiore, fino a 100 nF).

*Per minimizzare la captazione di disturbi elettrici si devono **mantenere cortissimi** i collegamenti della giunzione tra resistore, terminale alta tensione e condensatore.*

Amplificatore del segnale - Schema



Amplificatore del segnale – Funzionamento

Il regolatore **U1** trasforma il 5 Volt della USB, che è molto rumoroso (anche 100 mV di rumore), in un 3.3 Volt molto stabile e con rumore intorno ai 500 uV. **R2A**, **R2B**, **C4** e **C5** filtrano ulteriormente il 3.3 Volt e alimentano il **FET** con una tensione di 2.2 Volt quasi esente da rumore (meno di 5 uV picco-picco).

Il **FET** amplifica circa 5000 volte i debolissimi impulsi di corrente (circa 1 pA), prodotti dalle ionizzazioni e produce impulsi alti circa 5 uA. Questi impulsi attraversano **C1** che elimina la componente continua e lascia passare solo le variazioni. Gli impulsi di corrente vengono poi amplificati da **IC1A** e trasformati in impulsi di tensione negativi di alcuni Volt di ampiezza.

R3 agisce da “ammortizzatore”. Se si abbassa **R3** (ad esempio a 10 ohm), i fronti degli impulsi su **TP3** diventano più ripidi, se la si alza (ad esempio a 1000 ohm) gli impulsi si ammorbidiscono. E' bene che gli impulsi siano abbastanza squadrati ma senza troppo “overshoot”. Un resistore **R3** da 30 a 100 ohm è un buon compromesso. Chi volesse fare il perfezionista potrebbe abbassare **R3** per cercare di ottenere la migliore forma possibile per gli impulsi. Ma si tratta più che altro della soddisfazione di vederli belli all'oscilloscopio, il funzionamento e il numero di conteggi non cambiano.

R5, **R4** e **C2** producono una tensione ben filtrata di 3 Volt che stabilisce un riferimento preciso per **IC1A**, che quindi si stabilizza con una tensione di uscita di 3 Volt.

All'uscita di **IC1A** sul punto **TP3** sono presenti gli impulsi prodotti dalle disintegrazioni ma non sono tutti della stessa ampiezza. I più deboli scendono dai 3 Volt di base fino a 2.5 Volt, i più forti scendono fino a zero. Questo accade perché alcune disintegrazioni avvengono vicino alla parete esterna o nelle zone terminali del cilindro, dove il campo elettrico è più debole.

R8, **R7**, **C3** e **IC1B** agiscono da “schmitt trigger” che lascia passare solo gli impulsi che superano un certo voltaggio. La tensione limite è data dal valore di **R7**.

Con **R7** = 100k si contano solo gli impulsi che scendono di almeno un Volt e mezzo.

Con **R7** = 220k si contano solo gli impulsi che scendono di almeno 1 Volt.

Con **R7** = 330k si contano solo gli impulsi che scendono di almeno 0.7 Volt.

Con **R7** = 470k si contano solo gli impulsi che scendono di almeno mezzo Volt.

Aumentando il valore di **R7** aumenta anche la sensibilità della camera perché si raccolgono anche gli eventi che accadono nelle zone terminali del cilindro dove il campo elettrico è più debole. Ma aumentando la sensibilità si rende anche la camera più sensibile ai disturbi meccanici. Meglio non superare i 220k, altrimenti la camera diventerebbe troppo sensibile ai rumori esterni e alle vibrazioni.

Nelle ultime camere a ioni abbiamo adottato per **R7** un valore standard di **220k**.

All'uscita di **IC1B** gli impulsi sono positivi e standardizzati sia in altezza che in larghezza (3.3 Volt e circa 5 mS)

Il resistore **R9** porta il segnale al cavo di uscita e isola **IC1B** dalla capacità del cavo stesso. In questo modo non si generano autooscillazioni e overshoots anche con cavi lunghissimi. Si possono quindi usare cavi fino a lunghezze di molte centinaia di metri.

Amplificatore del segnale – Cavi di collegamento

Se il cavo che va al PIN del Theremino Master è corto si possono usare le normali prolunghe maschio femmina non schermate. Si possono anche collegare più prolunghe in serie per aumentare la lunghezza.

Se il cavo è più lungo di qualche metro è bene che sia schermato (un normale cavo microfonico con il cordino antistrappo e i due fili rosso e nero va benissimo).

Per motivi di sicurezza e secondo la legge, il cavo, anche se schermato, non deve passare nelle canaline, o nei tubi dell'impianto elettrico.

Importante: Se il cavo è più lungo di qualche metro, si deve interrompere il filo del segnale e collegarlo attraverso un resistore da 100k, posizionato entro pochi centimetri dal PIN del Master. Questo evita che disturbi provenienti dal cavo possano superare la tensione tollerabile dai Pin di input (3.3 Volt massimi). Se si superano i 3.6 Volt, con corrente superiore a 100 uA, il microcontrollore interrompe la comunicazione con l'USB. Se si interrompe la comunicazione è necessario poi ripristinarla manualmente sulla applicazione HAL, premendo il pulsante "Riconosci"

Amplificatore del segnale – Controllare le tensioni

Per assicurarsi che la camera funzioni bene, basta montarla con cura e testarla con ThereminoGeiger. Ma, disponendo di un tester, non sarebbe male dare anche una controllata alle tensioni.

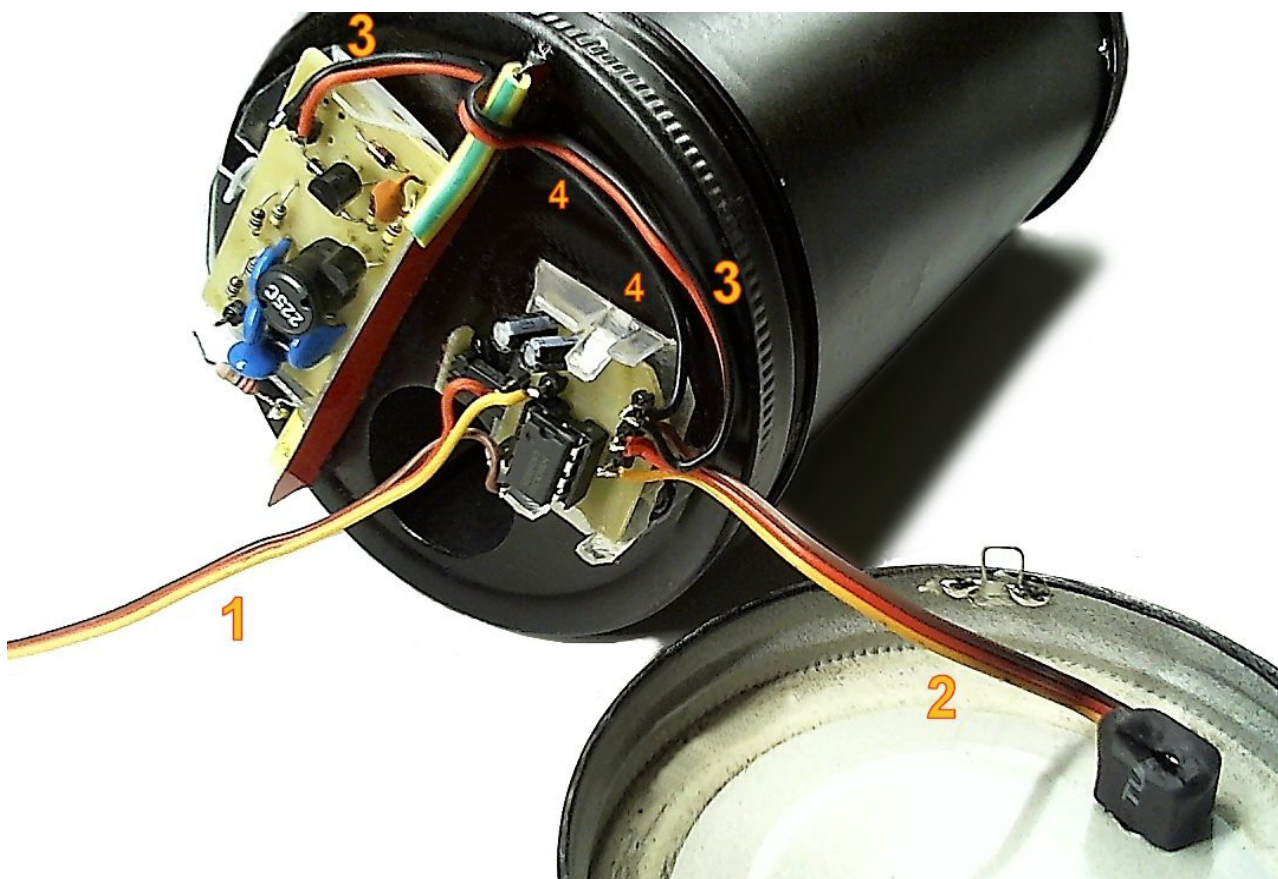
Accendere, attendere trenta secondi e poi controllare con un tester la tensione tra GND e i punti TP1, TP2 e TP3.

Durante questo controllo, dato che si sta tenendo il coperchio superiore aperto, si deve cercare di non disturbare il FET. Non avvicinare la mano al foro, allontanare eventuali lampade a risparmio energetico. Evitare di scuotere la camera e magari collegare il tester con dei fili e attendere 30 secondi, senza muovere niente, che le tensioni si stabilizzino. Cercare anche di schermare la parte superiore, chiudendo parzialmente il coperchio. Tutti i coperchi e il barattolo devono essere messi a massa. Quelli inferiori con le loro ancorette saldate e quello superiore con un filo provvisorio, in modo da poterlo aprire e chiudere durante le prove.

- Sul TP1 ci deve essere circa 1.1 Volt (minimo 1 Volt e massimo 1.2 Volt)
- Sul TP2 ci devono essere circa 2.2 Volt (minimo 2 Volt e massimo 2.4 Volt)
- Sul TP3 ci devono essere circa 3 Volt (minimo 2.9 Volt e massimo 3.1 Volt)

Disponendo di un oscilloscopio si potranno sia misurare il rumore sul TP3 che visualizzare gli impulsi, come spiegato nelle ultime pagine di questo documento.

Amplificatore del segnale - Collegamenti



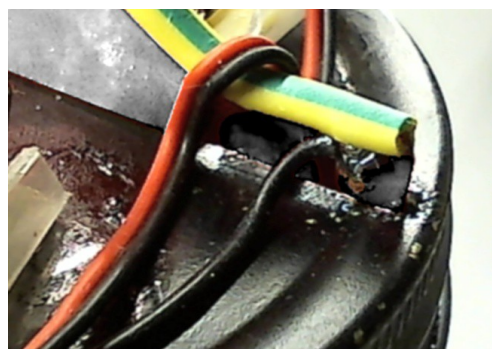
(1) I tre fili che si vedono sulla sinistra sono provvisori, si passano nella fessura tra cilindro e coperchio e servono per collegare un oscilloscopio ai punti di test. In questa immagine sono stati saldati a MASSA, TP2 e TP3 ma sarebbe meglio collegarli a MASSA, TP3 e SEGNALE di uscita. Questi tre fili verranno dissaldati alla fine dei test, prima di chiudere definitivamente la camera.

(2) I fili del SEGNALE (giallo o bianco), del +5V (rosso) e della MASSA (marrone o nero) vanno dal modulo amplificatore al connettore sul coperchio.

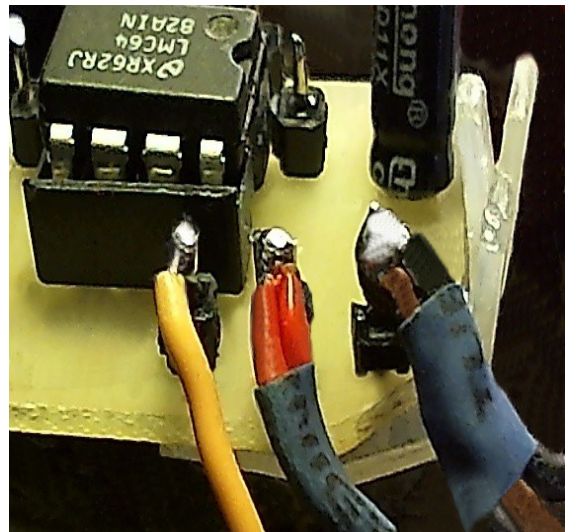
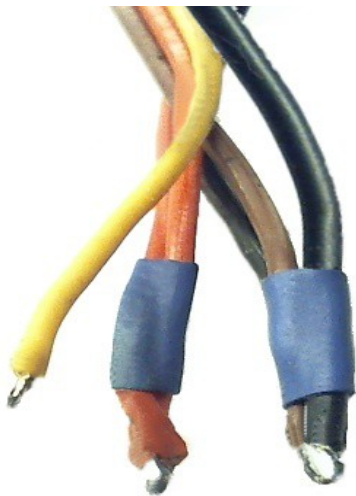
(3) Dal modulo dell'amplificatore parte anche un cavo a due fili: +5V (rosso) e MASSA (nero), che porta l'alimentazione al generatore di alta tensione.

(4) Dalla massa dell'amplificatore parte anche un filo nero (poco visibile), che collega a massa i contenitori.

Nella immagine qui a destra si vede il filo nero che collega il cilindro con la massa del circuito stampato. Il filo è saldato sul lamierino verticale sotto all'isolante giallo verde.



Saldare i fili



Quando i fili sono due (o tre) è bene tenerli uniti con un pezzetto di guaina. Questo rende molto più facile saldarli e dissaldarli dai terminali dei circuiti stampati.

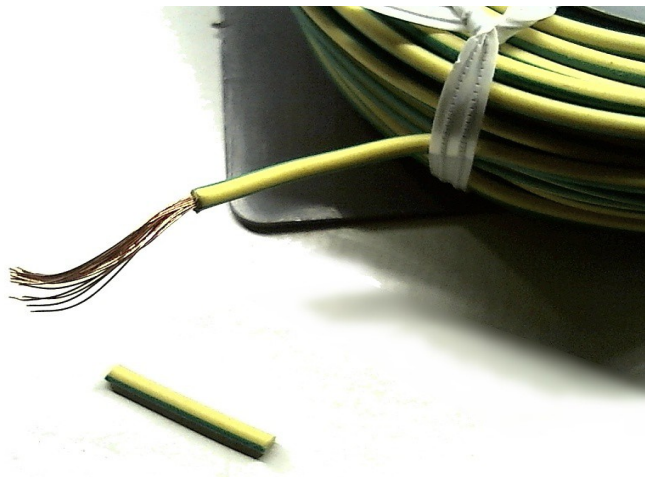


Prima di fare i collegamenti tutti i fili devono essere **spellati, arricciolati e stagnati uno per uno**. Lo stagno **deve essere con piombo**, con disossidante e sottile (mezzo millimetro). Anche i terminali dei circuiti stampati devono essere preparati, stagnandoli con una bella pallina lucida.

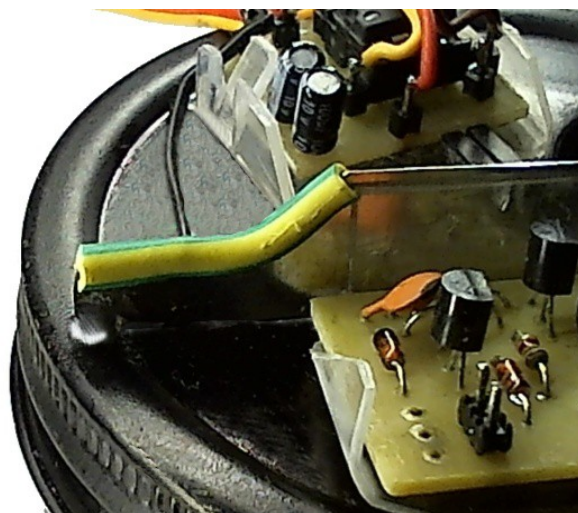
Quando si salda non si deve “spennellare” con il saldatore. Il saldatore va **appoggiato e tenuto fermo per alcuni secondi in modo da scaldare bene**. Mentre si scalda si aggiunge un po' di stagno fresco. Appena smette di fumare si allontana il saldatore. Se si fa nel modo giusto la saldatura viene lucida e tondeggiante.

Protezione sul separatore metallico

Questa protezione serve per evitare che il lamierino possa tagliare i fili che gli passano sopra.



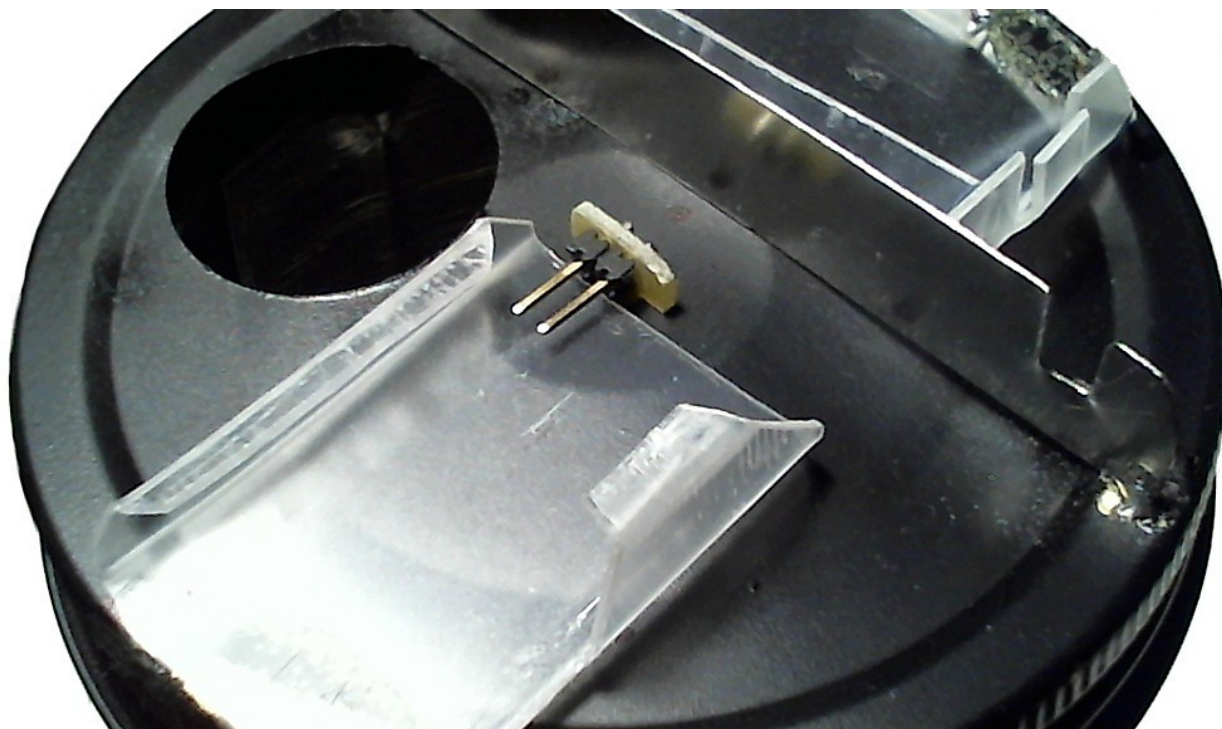
Spellare qualche centimetro di filo per impianto elettrico e tagliarlo per lungo con le tronchesine.



Versare due gocce di Attack nel tubetto e incollarlo sulla zona di passaggio dei fili.

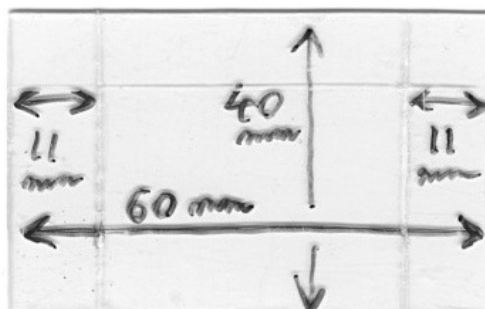
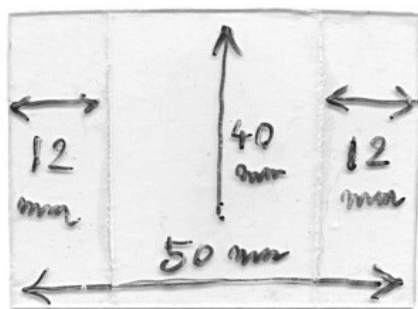
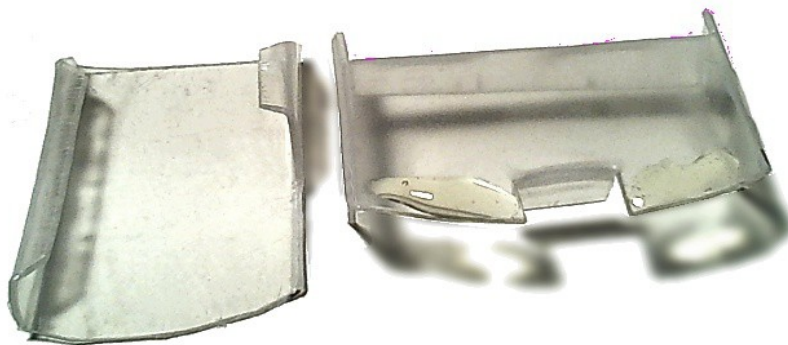
Gli isolatori in plastica

Usare plastica sottile (da 0.4 a 0.8 mm) altrimenti diventa difficile piegarla. Se la plastica è spessa non mantiene le pieghe, fa troppa forza, strappa la vernice e si scolla facilmente.



Come colla si può usare il Bostik, meglio se trasparente, oppure l'Attack o, meglio ancora, una colla bicomponente.

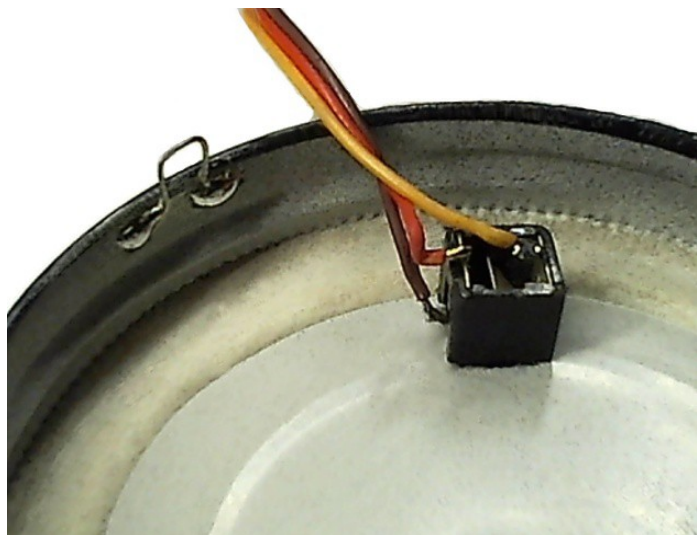
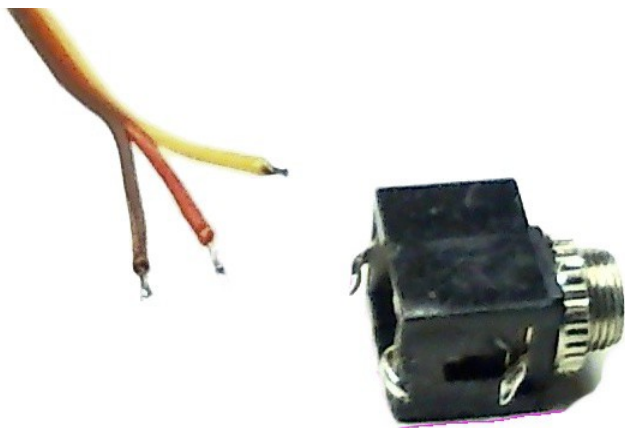
Gli isolatori vanno incollati solo sul bordo esterno per lasciare libero il centro del coperchio. Il coperchio ha una importante funzione di elasticità e deve potersi muovere in verticale.



Preparare il jack

I fili di buona qualità si ricavano dalle prolunghe maschio-femmina, **ci si deve abituare a sacrificarle**. Da una sola prolunga si ricava una femmina con 15 cm di cavo e uno spezzone di cavo da 15 cm (il maschio di solito non serve e lo si butta via). Sacrificare le prolunghe costa meno che comprare cavi e connettori separati.

Prima di tutto spellare, arricciolare e stagnare bene i tre fili.



Accorciare i terminali della presa jack femmina con le tronchesine, stagnarli bene e infine saldare i tre fili alla presa. Controllare che il filo marrone sia collegato alla base, il filo rosso al polo centrale e il filo giallo alla punta del jack. Eventualmente inserire un jack e controllare con il tester.



Inserire un pezzo di guaina termo-restringente, scaldarlo con l'accendino o ancora meglio con una pistola ad aria calda o con un Phon modificato (con un tubo di uscita metallico per ridurre le dimensioni del flusso di aria in uscita).

Il connettore deve essere ben isolato e il cavo deve uscire dalla base. Tagliare la parte superiore della guaina, scaldare ancora e schiacciare. Minimizzare le dimensioni del connettore. Se è troppo grande diventerà difficile chiudere il coperchio.

Collegare a massa i coperchi

Le ancorette che collegano i coperchi con il barattolo non hanno solo una funzione meccanica, ma servono anche per collegarli elettricamente a massa.



Prima di fare i test elettrici, si devono collegare sia il coperchio inferiore, che i due coperchi superiori. Si consiglia di saldare tutte le ancorette del primo coperchio superiore e di saldarne almeno una per ognuno degli altri due.

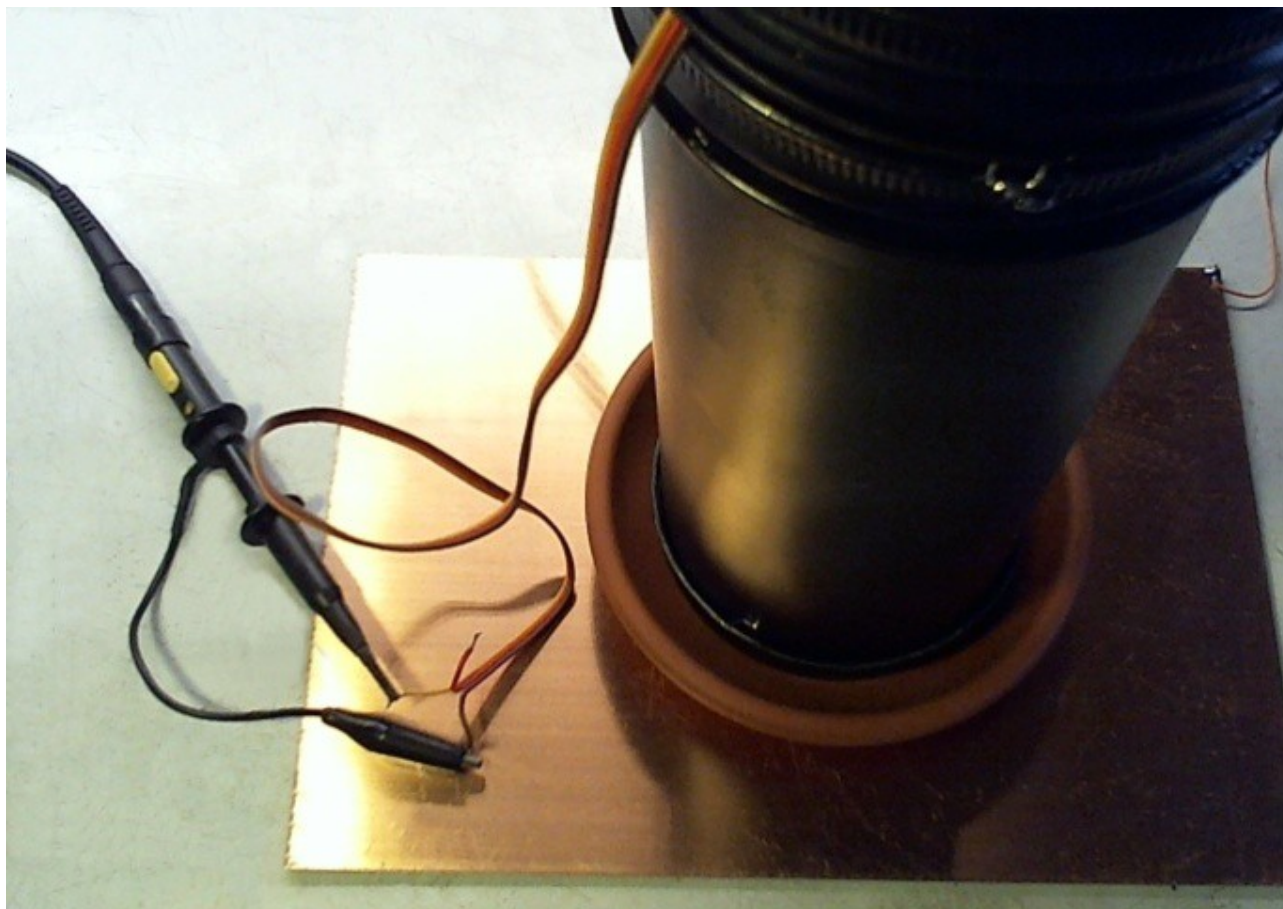
La camera a ioni è terribilmente sensibile ai campi elettrici. Se manca parte della schermatura non funziona, o genera impulsi aggiuntivi, che non provengono dal Radon ma dall'ambiente circostante.



Se manca parte della schermatura anche i test di rumore sul TP3 con l'oscilloscopio non saranno significativi e si vedrà una forte ondulazione alla frequenza di rete (20 mS di ciclo pari a 50Hz).

Testare la camera con l'oscilloscopio

Per assicurarsi che la camera funzioni bene basta montarla con cura e testarla con ThereminoGeiger ma chi disponesse di un oscilloscopio potrebbe anche fare alcuni test aggiuntivi.



Per non introdurre disturbi si fa passare un cavetto nella fessura tra i due coperchi superiori e si chiude il coperchio. Se possibile la camera dovrebbe anche essere posata su un piano metallico collegato a massa con un filo. Si può usare un foglio di alluminio, di ferro oppure un foglio di vetronite ramata.

Normalmente si collega un cavetto a tre fili su GND, TP3 e OUTPUT.

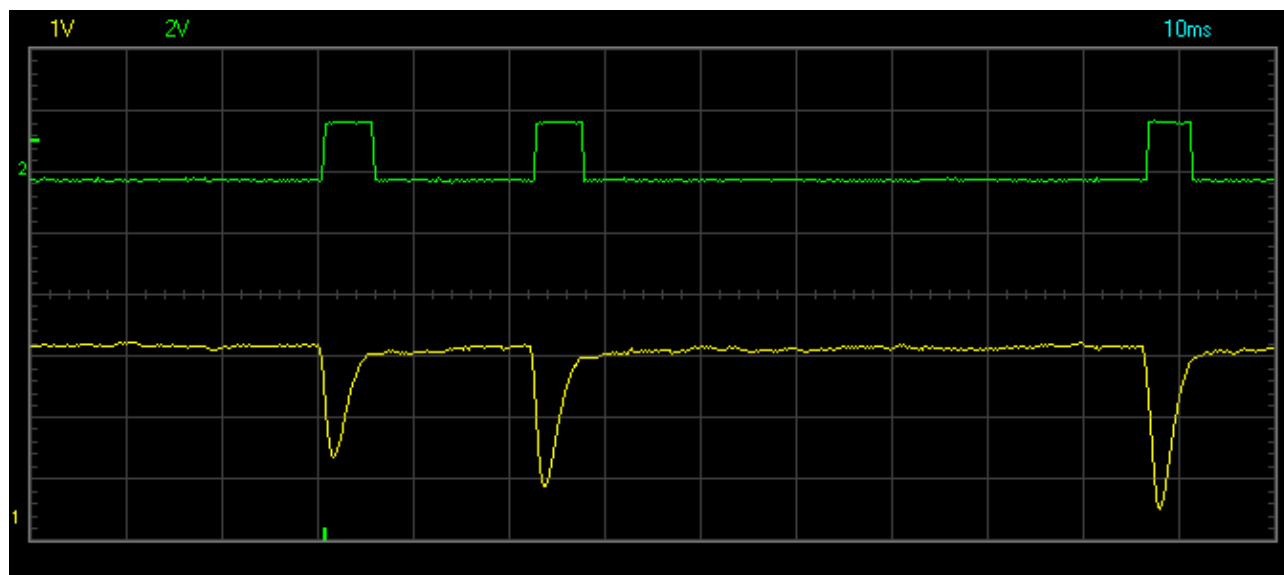
Invece se si vuole misurare la tensione sul FET, si collega TP2 al posto di OUTPUT. In questa immagine si vede un cavetto a tre fili collegato a GND (marrone), TP2 (rosso) e TP3 (giallo).

Nota 1 – Non collegare mai TP1. Se si collega TP1 a un filo lungo si introducono disturbi che impediscono di misurare bene il segnale sul TP3.



Testare la camera con l'oscilloscopio - 2

Nel test con l'oscilloscopio si deve verificare soprattutto che il segnale sia esente da rumore cioè che le parti di segnale senza impulsi siano piatte. Se la camera è ben costruita il rumore dovrebbe essere inferiore ai 100mV (meno di un decimo di quadretto nel grafico giallo, che è impostato a 1 Volt per quadretto).



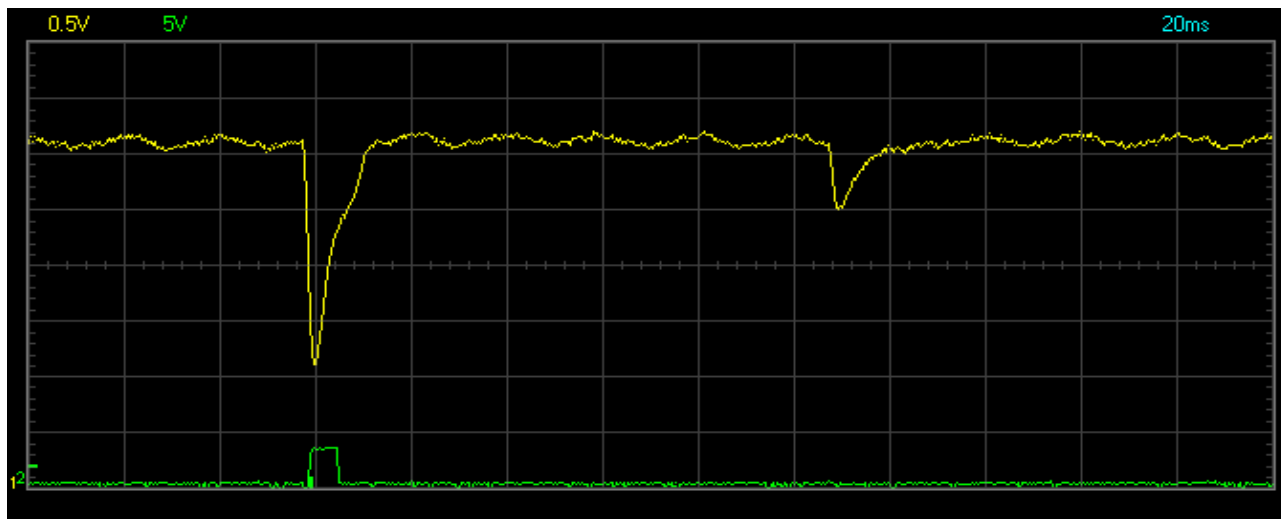
La traccia gialla è il segnale sul TP3. In questo punto gli impulsi prodotti dal Radon sono larghi alcuni millisecondi e scendono di qualche volt, rispetto alla tensione normale che è circa 3 Volt.

Alcuni impulsi scendono solo di mezzo volt, altri possono essere molto più forti e scendere fino a zero Volt ma gran parte degli impulsi dovrebbe scendere di un Volt o due.

Gli impulsi di ampiezza superiore a circa 1 Volt, producono un impulso positivo in uscita, largo circa 5 o 10 mS (traccia verde). Per vedere anche l'impulso di uscita si deve collegare uno dei puntali dell'oscilloscopio al segnale di uscita, chiamato "Signal" nello schema elettrico.

Testare la camera con l'oscilloscopio - 3

Il grafico seguente mostra una camera a ioni con il coperchio superiore leggermente sollevato per aumentare appositamente i disturbi. La traccia gialla (che corrisponde al TP3) è stata impostata a mezzo volt per quadretto in modo da evidenziare le ondulazioni.



In questa immagine i disturbi provenienti dall'impianto elettrico provocano evidenti ondulazioni alte circa 150 mV e con periodo di 20 mS (50 Hz della rete elettrica). Nella traccia si vedono anche piccoli gradini molto fitti, prodotti dalle commutazioni dell'alimentatore.

I massimi disturbi tollerabili sono di circa 500 mV picco-picco, oltre si possono verificare falsi conteggi prodotti dal rumore e anche la perdita di alcuni impulsi del Radon.

Se i disturbi superano i 200 mV (in pratica quando cominciano a diventare evidenti all'oscilloscopio) si dovrebbe cercare di capire da dove entrano e trovare il modo di eliminarli.

Traccia molto rumorosa

Può succedere che la traccia sia rumorosa, con disturbi casuali anche molto ampi. La traccia dondola in modo incontrollato e in alcuni momenti provoca raffiche di conteggi. Le raffiche di impulsi sono ben riconoscibili a orecchio. Il loro aspetto nel grafico del Theremino Geiger è mostrato nelle prossime pagine (Appendice 3).

I motivi che provocano questi rumori possono essere molti:

- ◆ Filo centrale non ben fissato che sta scorrendo nel foro o molto allentato.
- ◆ Scintillamenti provocati da umidità o da sezioni di rivestimento non collegate elettricamente.
- ◆ Assestamenti della meccanica.
- ◆ Polvere o altre piccole particelle (moscerini) che vengono attratti e poi respinti dall'alta tensione.
(le particelle si caricano e scaricano ripetutamente come in questi: [Video1](#) – [Video2](#) - [Video3](#))

Una camera appena costruita o maneggiata è più rumorosa. Dopo un certo tempo l'alta tensione incolla tutte le particelle alle pareti e la meccanica si stabilizza. Se non succede pulire bene l'interno con aria compressa e ricontrollare la meccanica, le saldature e il rivestimento conduttivo interno.

Testare la camera con il torio - 1

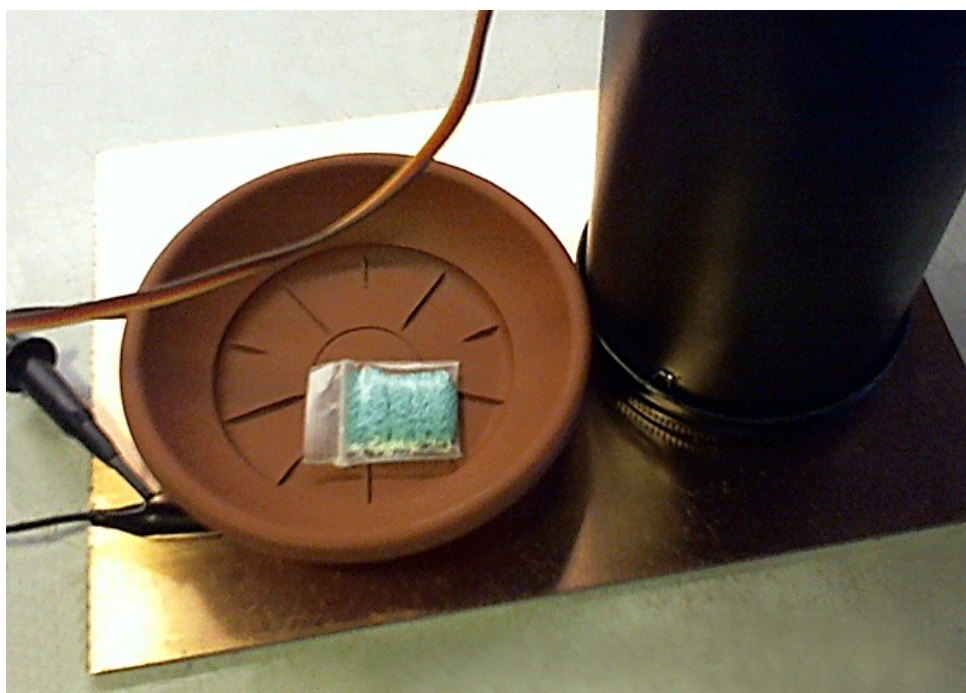
Normalmente la camera genera circa un impulso ogni due minuti, quindi fare dei test e vedere segnali con l'oscilloscopio è piuttosto noioso. Fortunatamente oltre al Radon ($Rn222$) esiste anche il suo isotopo Thoron ($Rn220$) che sembra fatto apposta per testare le camere a ioni. Il Thoron si comporta come il Radon ma lo si può generare e rimuovere velocemente. Il Thoron decade anche molto più velocemente del Radon (circa 1 minuto invece di 4 giorni).

Il Radon discende dal Radio e dall'Uranio (relativamente abbondanti nell'ambiente naturale) e il Thoron discende dal Torio, anche lui presente in natura e facilmente reperibile con buona concentrazione, nelle reticelle per le lampade da campeggio.

Le reticelle si possono comprare su eBay per pochi Euro, cercare parole come: "Thorium", "Mantle", "Geiger counter test source", "Torio", "Reticella campeggio". Esistono anche reticelle che non contengono Torio quindi assicurarsi di acquistare quelle giuste. In caso di dubbio scrivere al venditore, che dovrà confermare esplicitamente, che la reticella è leggermente radioattiva.



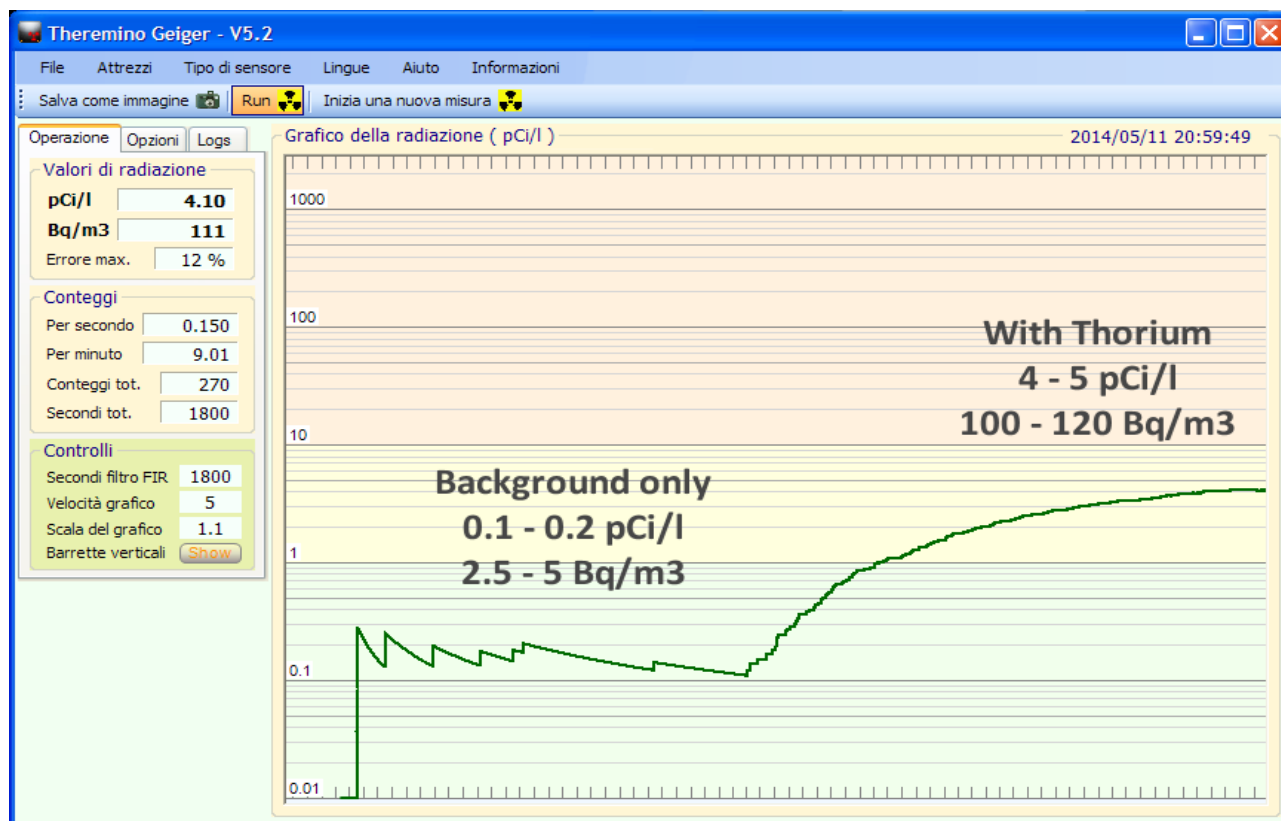
Le reticelle non sono pericolose se si evita di spargere in giro i loro frammenti, di respirarli o di mangiarli. Le reticelle possono perdere frammenti e polvere di torio, quindi sigillarle subito in bustine di plastica spessa e non aprirle mai. Quando non sono in una busta di plastica si deve maneggiarle con cura. Se si vuole dividerle in più campioni attrezzarsi bene. Usare una mascherina per non respirare i frammenti, coprire il tavolo con un foglio di carta. Non soffiare o respirare forte mentre si lavora. Alla fine il foglio di carta, piegato accuratamente, conterrà polvere e frammenti microscopici che sono innocui se diluiti nell'acqua o sotto terra (è da lì che provengono).



Per riempire la camera a ioni di Thoron si deve agire in modo un po' strano. Il Thoron (e anche il Radon) sono gas molto volatili e basta pochissimo per disperderli nell'aria. Pertanto si deve tenere la reticella chiusa in una zona senza correnti d'aria. L'ideale è un sottovaso che calzi bene sul barattolo della camera, si posa la reticella nel sottovaso e poi si posa la camera sopra. In questo modo il Torio si trova in una camera quasi sigillata e la riempie lentamente di Thoron.

Testare la camera con il torio - 2

Il Thoron è più pesante dell'aria, quindi riempie prima il sottovaso e poi comincia a riempire il barattolo partendo dal basso. Nel giro di qualche minuto gli impulsi prodotti dalla camera aumentano notevolmente di frequenza e dopo qualche decina di minuti la camera è completamente piena di Thoron.



In questo grafico si vede che nella zona a sinistra, senza reticella, gli impulsi sono da uno al minuto a uno ogni molti minuti. Dopo aver posizionato la reticella gli impulsi si infittiscono quasi immediatamente. Ma la salita è molto lenta perché il tempo di integrazione impostato è di 1800 secondi, pari a 30 minuti. Volendo una risposta più rapida, si dovrebbe premere "Nuova misura", subito dopo aver posizionato la reticella.

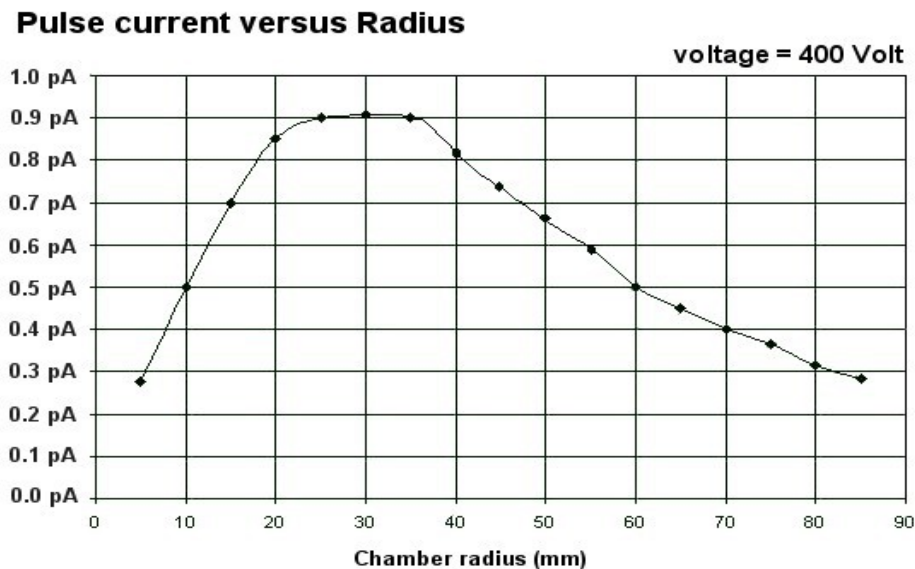
Se il sottovaso chiude bene e non ci sono forti correnti d'aria, il numero di conteggi può aumentare anche oltre i 300 Bq/m3 (oltre 10 pCi/l). In certi momenti si dovrebbero sentire anche due o tre tick, in un solo secondo.

Per fare la controprova si toglie il sottovaso e si fa passare aria pulita nella camera, tenendola sollevata e sventolando un cartoncino. Meglio non soffiare nella camera perché l'umidità non le fa bene.

Facendo queste prove si scopre che ci vuole un certo tempo per pulire bene la camera. Probabilmente il Thoron si incolla per effetto elettrostatico alle pareti e la camera resta "sporca" a lungo. Questo stesso effetto si verifica se si fanno misure in locali poco radioattivi, dopo aver misurato un locale molto radioattivo. Il Radon ha un decadimento molto più lento del Thoron per cui la camera può restare contaminata per settimane. Si consiglia quindi, prima di ogni misura importante, di posizionare la camera all'aperto o in un locale molto aerato e controllare che il numero di impulsi per minuto sia basso. Attendere che gli impulsi scendano, oppure pulire la camera con molta aria. Meglio usare un Phon con aria fredda e non l'aria compressa che sarebbe troppo violenta.

Appendice 1 - Dimensioni e campo elettrico

La letteratura sulle camere a ioni indica che per avere il massimo segnale elettrico il raggio della camera a ioni deve essere paragonabile, o maggiore, del cammino medio dei raggi alfa nell'aria (circa 4 cm), Inoltre il campo elettrico deve essere sufficiente a trasportare velocemente elettroni e ioni, prima che si ricombinino.



Secondo questo grafico sono necessari almeno 110 Volt per centimetro e la camera deve avere un raggio di almeno 25 mm.

Abbiamo verificato questi dati anche con la nostra camera da un litro e 40 mm di raggio:

Chamber voltage (1)	Volt/cm	Pulse voltage (2)	Pulse rise time
20 Volt	5	0.6 Volt	15.0 mS
40 Volt	10	1.0 Volt	9.0 ms
100 Volt	25	1.2 Volt	4.0 mS
150 Volt	38	1.5 Volt	3.0 mS
200 Volt	50	1.5 Volt	2.5 mS
300 Volt	75	1.6 Volt	2.0 mS
400 Volt	100	1.7 Volt	1.5 mS
500 Volt	125	1.8 Volt	1.1 mS
800 Volt	200	1.9 Volt	1.0 mS

(1) chamber radius = 40 mm

(2) voltage amplified by 1000

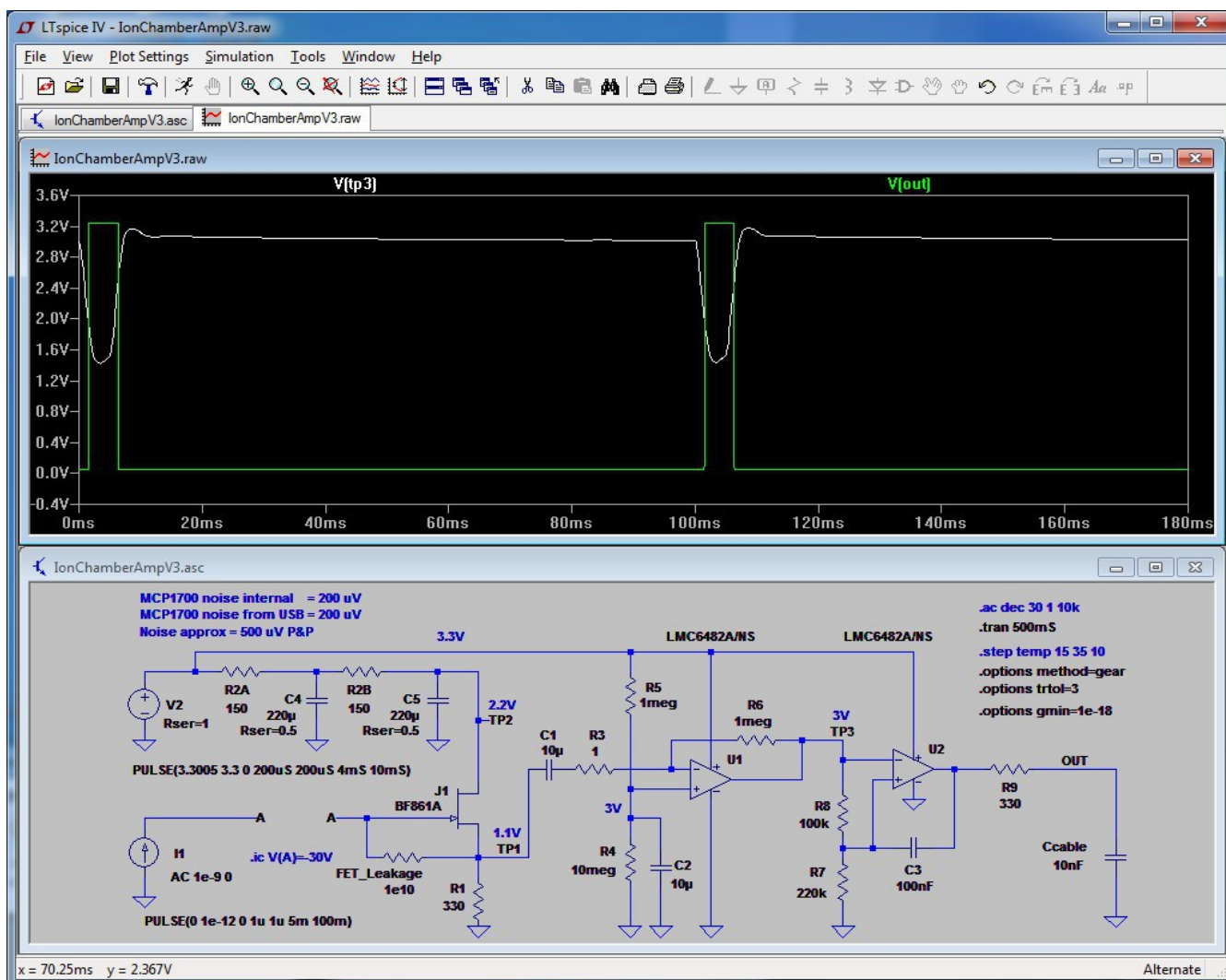
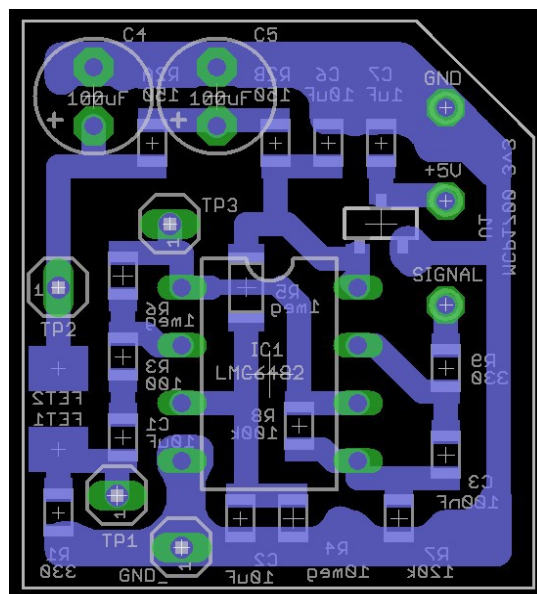
Pertanto abbiamo deciso di usare un campo elettrico di circa 120 Volt per centimetro e, dato che il raggio della nostra camera è 4 cm, la tensione deve essere circa 480 Volt.

Appendice 2 - Simulazioni e circuiti stampati

Nel File: "Theremino_IonChamber_PCB.zip" sono disponibili gli schemi elettrici e i PCB in formato Eagle, i rendering di Eagle3D e le simulazioni elettriche in formato LTSpice.

L'ultima versione di questo file è scaricabile da qui:

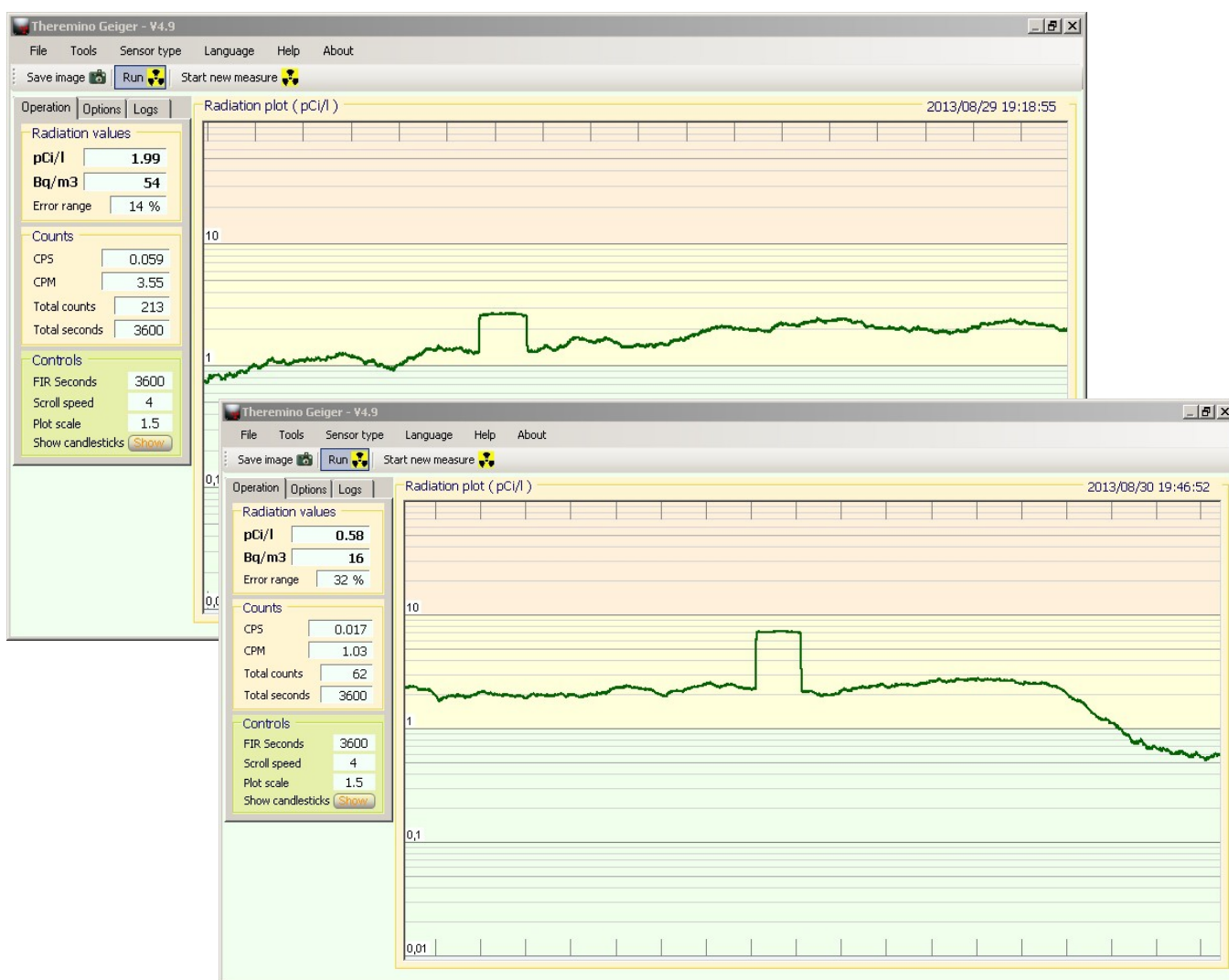
<http://www.theremino.com/hardware/inputs/radioactivity-sensors>



Appendice 3 - Impulsi non causati dal Radon

Vari meccanismi possono produrre impulsi spuri, non causati dalle disintegrazioni del Radon. Ad esempio il filo centrale non ben teso che dondola o che si allunga con il cambiare della temperatura e striscia nei fori di passaggio. Oppure potrebbe entrare una particella di polvere (la polvere saltella tra i due elettrodi e crea molti problemi). O un veicolo pesante di passaggio potrebbe produrre forti vibrazioni.

In tutti questi casi si producono raffiche di molti impulsi concentrati in un tempo breve. Questi eventi sono facilmente distinguibili perché causano nei grafici un gradino di durata pari al filtro impostato. Nelle prossime immagini il filtro era 3600 secondi (un'ora) e si vede che allo scadere del tempo del filtro la curva torna al suo livello normale.



Per evitare questi problemi, usare filtri per la polvere sui due coperchi esterni, interporre un isolamento per le vibrazioni, con gommapiuma morbida e posizionare la camera sul pavimento vicino a una parete o in un angolo riparato. In casi difficili si potrebbe pensare di preparare un piano isolato con una grossa piastrella pesante, di granito o marmo, sospesa su uno strato di gommapiuma. Evitare anche che nell'ambiente sotto misura si producano forti rumori, che animali o bambini possano muovere la camera e evitare anche di aprire violentemente le finestre e sbattere le porte.

Appendice 4 – Filtri per la polvere



I filtri per la polvere sono due, sui fori dei due coperchi esterni. Ecco un modo semplice ed efficace per fissarli. Si salda un secondo quadretto di reticella di ottone, su un solo angolo. Sull'angolo opposto si salda una piastrina metallica o un pezzetto di filo rigido. In questo modo il filtro potrà essere messo e tolto facilmente. Si posiziona il filtro stando attenti a coprire bene il foro e si ripiega la piastrina per fissarlo.

Il filtro può essere di gommapiuma a celle aperte (provare a soffiare per vedere se l'aria passa bene). Oppure potrebbe essere di carta da filtro per aspirapolvere o anche un pezzo di tela sottile.

La presenza di una seconda reticella di ottone, aumenta di molto la schermatura per i campi elettromagnetici. Con la doppia reticella, anche avvicinando una mano al foro, i disturbi a frequenza di rete (misurati sul TP3 con l'oscilloscopio) non aumentano in modo apprezzabile.

