

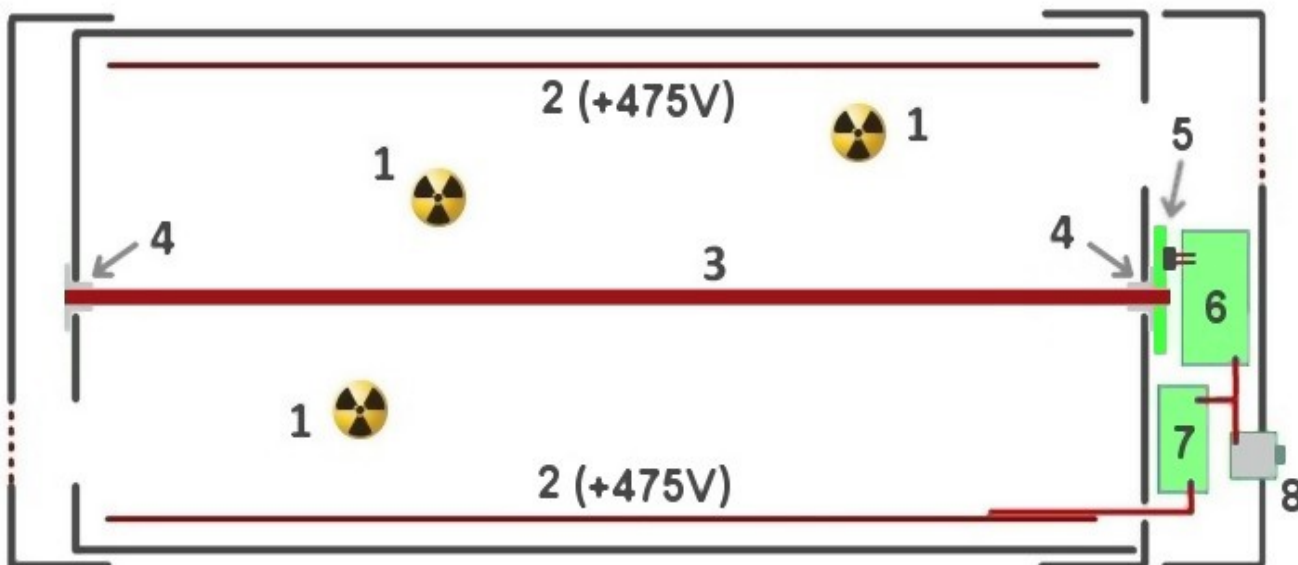
**theremino**  
•the•real•modular•in-out•

**Sistema** theremino

# **Elettronica della camera a ioni**

## **Versione 7**

## Schema elettrico funzionale

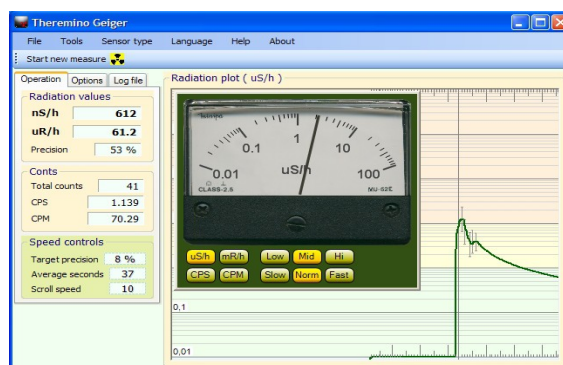


Ogni disintegrazione del Radon **(1)** ionizza l'aria e produce migliaia di coppie elettrone-ione. Il forte campo elettrico presente nella camera attrae velocemente gli ioni verso l'elettrodo centrale **(3)**, isolato con i passanti in plastica **(4)** e collegato elettricamente al FET **(5)**.

Gli elettroni invece vengono attratti verso il rivestimento **(2)**. In pochi millisecondi tutti gli elettroni prodotti dalla singola disintegrazione attraversano il generatore di alta tensione **(7)**, l'amplificatore **(6)** e il FET **(5)** e si ricombinano con gli ioni positivi.

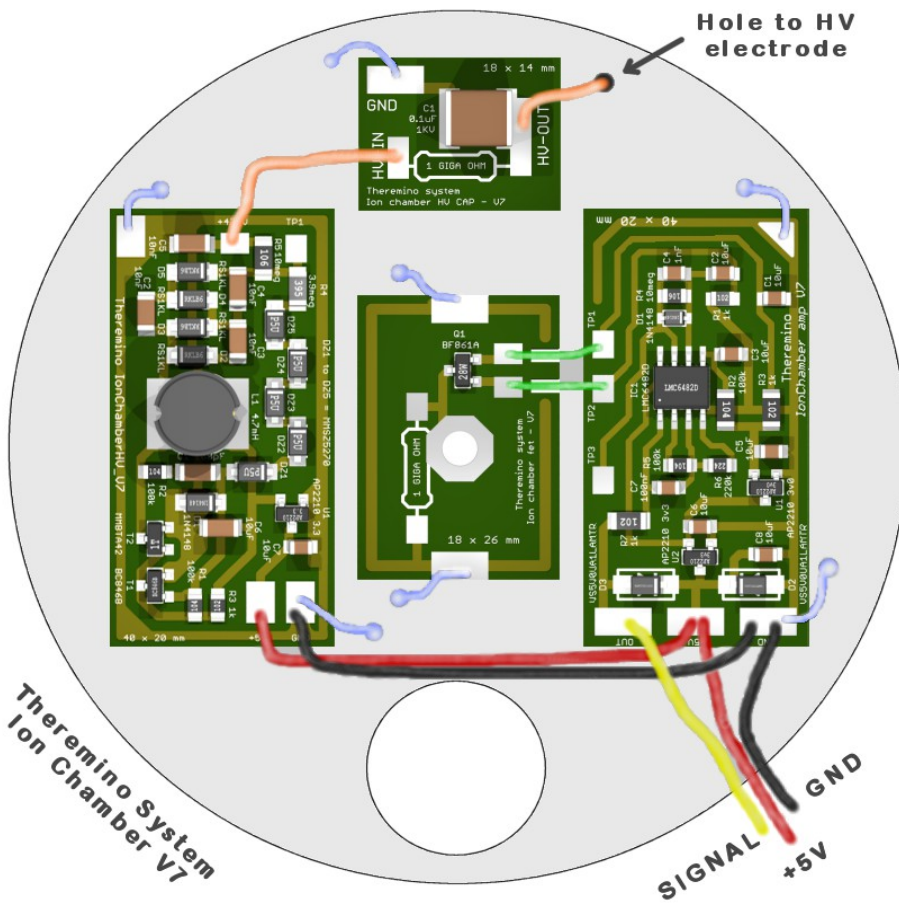
La debole corrente degli elettroni viene prima amplificata dal FET. Poi l'amplificatore e discriminatore della ampiezza degli impulsi **(6)**, scarta gli impulsi di bassa energia e isola le sole disintegrazioni alfa, prodotte dal radon e dai suoi discendenti.

Il connettore di uscita **(8)** è collegabile direttamente a un PIN standard configurato come semplice "Counter" (non "FastCounter" che sarebbe spreco 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 dodici 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 della versione 7.

Connessioni e montaggio sono semplificati.

Nelle prime versioni i moduli erano interconnessi con connettori, ma era difficile farli stare nel piccolo spazio a disposizione.

Nelle versioni seguenti i moduli avevano i fori passanti, per cui si doveva isolare la parte posteriore ed era difficile fissarli.

I moduli PCB sono diventati così piccoli e leggeri che si può fissarli con fili rigidi di rame stagnato (azzurri in questa immagine).

I fili di ancoraggio si saldano sulla superficie di lamiera stagnata (o sulla superficie rivestita di nastro di rame nelle versioni professionali della camera).



Inoltre (ma lo vedremo meglio in seguito), coprendo il FET con uno schermo rettangolare e il foro con una fine reticella di ottone, è possibile far lavorare la camera aperta, con l'elettronica completamente accessibile, come la si vede in questa immagine. E questa è una grande comodità quando si devono fare misure sui componenti prima di chiudere la camera.



# Generatore di alta tensione - Note

Questa nuova versione "IonChamberHV\_V7" è notevolmente più stabile delle precedenti, la tensione prodotta varia di soli uno o due volt, con variazioni di temperatura di +/- 30 gradi centigradi. Invece le versioni precedenti nelle stesse condizioni variavano anche di 50 volt e oltre.

Inoltre anche la precisione della tensione è aumentata e ci si può attendere che, in assenza di difetti o errori, tutti gli esemplari diano una tensione di 475 +/- 2volt, senza bisogno di taratura.

Probabilmente non è necessario ma nel seguito di questa pagina spieghiamo come controllare la tensione e come controllare che lo stabilizzatore abbia una buona riserva di tensione.

## Controllare la tensione

La tensione di uscita di circa 475 Volt non è critica, il numero di conteggi cambia poco con tensioni da 450 a 500 Volt, ma volendo si può controllarla. Per misurare la tensione prodotta **non è possibile utilizzare un normale tester**, ci vuole la sonda di questa pagina:

<http://www.theremino.com/blog/gamma-spectrometry/hardware-tests#hv>

## Modificare la tensione

Il valore nominale della tensione è 475 Volt. Una tensione inferiore a 470 o superiore a 480 Volt potrebbe essere causata dagli zener o da altri componenti difettosi.

Se la tensione non è giusta prima di tutto si dovrebbe cercare il componente difettoso, comunque se necessario si può modificare la tensione agendo su R3 e su R4

- ◆ Alzando di valore R3 la tensione diminuisce (ma è bene non variare R3 di molto)
- ◆ Alzando di valore R4 la tensione aumenta (meglio agire su R4 che su R3, ma anche in questo caso non è bene variarla di molto)

## Controllare che la tensione possa salire a 600 Volt e oltre

Questo controllo garantisce che la stabilizzazione continui a funzionare, anche con tensione di alimentazione bassa e con temperature ambiente estreme (evitare comunque di far lavorare la camera all'aperto per lunghi periodi perché patisce l'umidità).

Per fare questo controllo si mantiene collegato il misuratore di tensione e si mette in corto il diodo D1, facendo questo la tensione dovrebbe salire molto.

Normalmente la tensione salirà fino a circa a 600 - 700 Volt. Se la tensione supera i 600 Volt si può stare tranquilli che la stabilizzazione funziona con molto margine, se non li supera questo potrebbe essere dovuto a una L1 troppo bassa (sotto i 3 mH) oppure ad altri componenti un po' fuori caratteristiche.

Per aumentare questa tensione ridurre R3 a 820 ohm (se anche con 820 ohm non si raggiungono i 600 volt allora ci deve essere un errore o un componente difettoso). Modificare R3 fa variare anche la tensione di lavoro, si dovrà ricontrollarla e probabilmente si dovrà ritoccare R4.

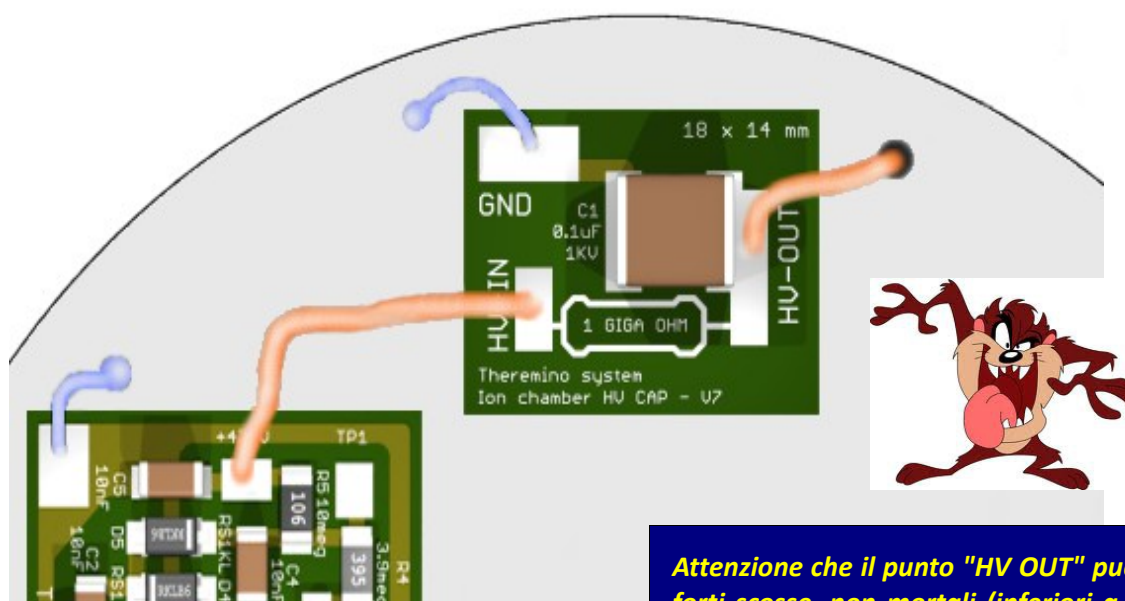


## Generatore di alta tensione - Collegamenti

L'uscita del modulo generatore dell'alta tensione viene collegata al modulo "HV CAP V7" con un filo isolato (arancione in questa immagine).

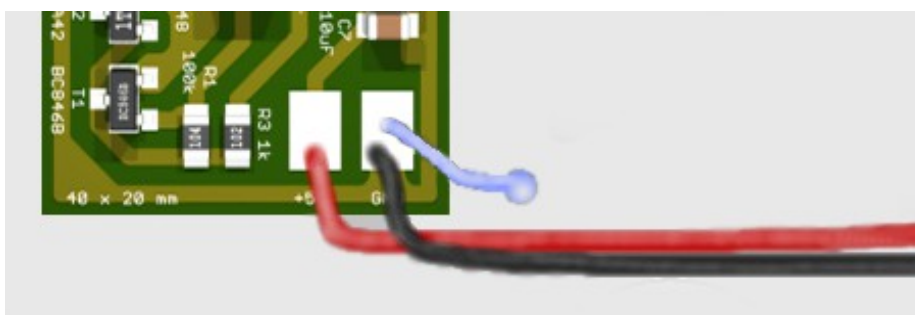
Il modulo HV CAP elimina ogni rumore residuo proveniente dalle commutazioni del generatore per mezzo di un resistore da 1 giga ohm e di un condensatore da 0.1 uF 1000 V.

Un secondo filo isolato porta la tensione filtrata ad alimentare l'elettrodo circolare esterno della camera, passando attraverso un foro. Chi desidera costruire con la massima affidabilità potrebbe anche aggiungere un tubetto di guaina isolante nel punto di passaggio, per aumentare l'isolamento e per evitare che le pareti del foro possano incidere il rivestimento isolante del filo.



**Attenzione che il punto "HV OUT" può dare forti scosse, non mortali (inferiori a quelle di un "Taser"), ma molto spiacevoli.**

Il modulo generatore (come tutti gli altri moduli) viene fissato per mezzo di due fili nudi, di colore azzurro in questa immagine, saldati alla base in lamiera stagnata o ricoperta di nastro di rame adesivo.



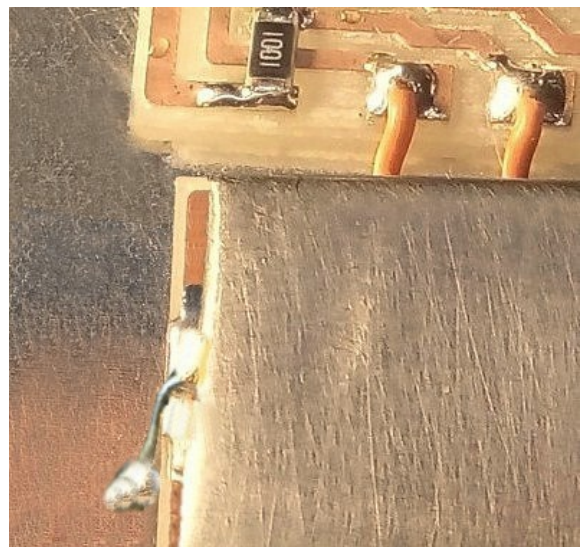
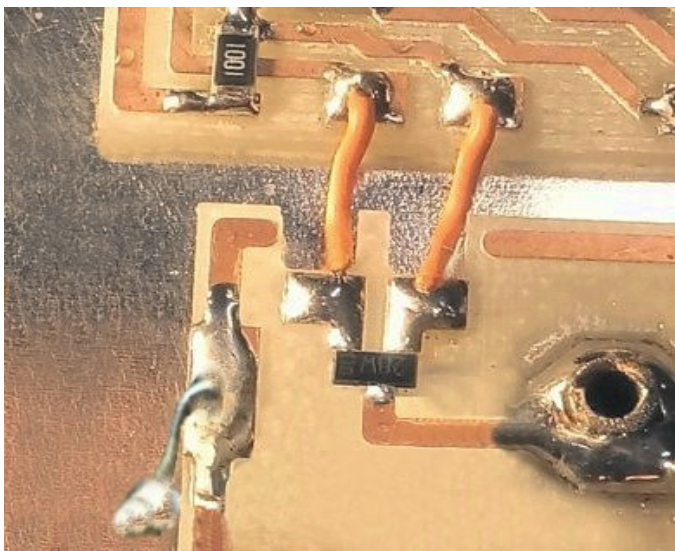
La tensione di alimentazione del modulo generatore arriva dal 5 volt fornito dalla USB, per mezzo dei due fili isolati di colore rosso e nero.

## Il FET e l'elettrodo centrale

Il GATE del FET e l'elettrodo centrale sono le parti più sensibili di tutta la camera. Vanno quindi preparate, saldate e schermate con cura.



Il modulo del FET (come tutti gli altri moduli) viene fissato per mezzo di due fili nudi saldati alla base in lamiera stagnata o ricoperta di nastro di rame adesivo. Questo modulo viene poi coperto con uno schermo in latta (lamierino di ferro stagnato) e il coperchio viene saldato sui due lati.



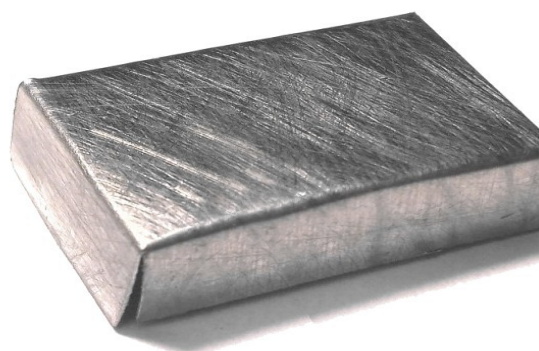
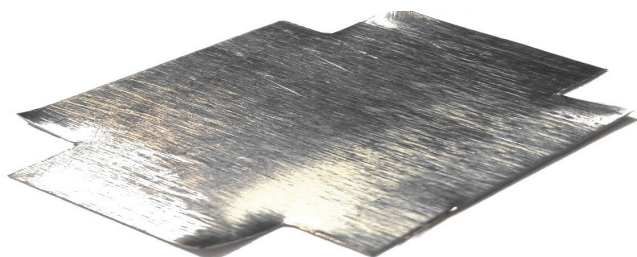
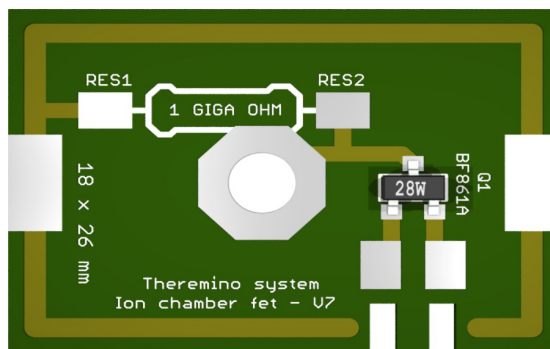
Nella immagine di sinistra si vede il FET senza schermatura, con i due fili che portano il segnale all'amplificatore.

Nella immagine di destra si vede che lo schermo è stato applicato. Qui si vede solo la saldatura di sinistra ma per robustezza lo schermo deve essere saldato a tutte e due le piazzole.

## Schermature

Lo schermo da applicare sul FET deve essere da 17 x 22 mm.

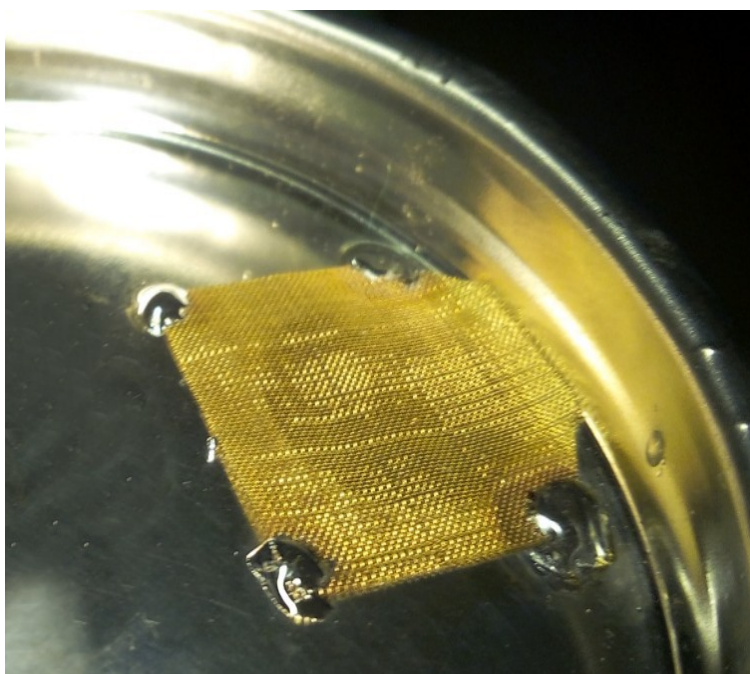
Lo si prepara tagliando con le forbici il lamierino di latta e poi piegandolo con le pinze.



Oltre al circuito del FET anche l'elettrodo interno è molto sensibile ai disturbi in arrivo dall'impianto elettrico.

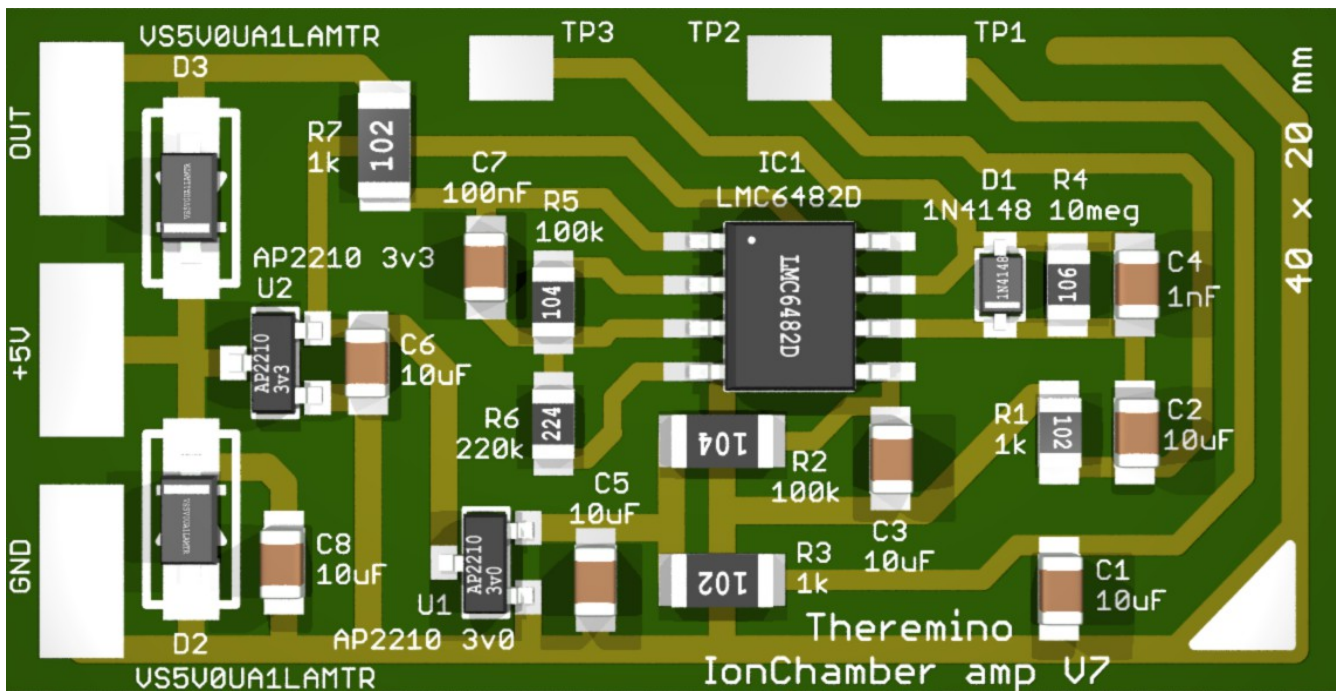
Pertanto, se non si schermano i fori, basta avvicinare le mani e si provocano forti disturbi. Diventerebbe quindi impossibile fare test e misure con la camera aperta.

Per schermare l'elettrodo interno si salda un quadrato di rete fine di ottone sui fori, come si vede nella immagine qui a destra.

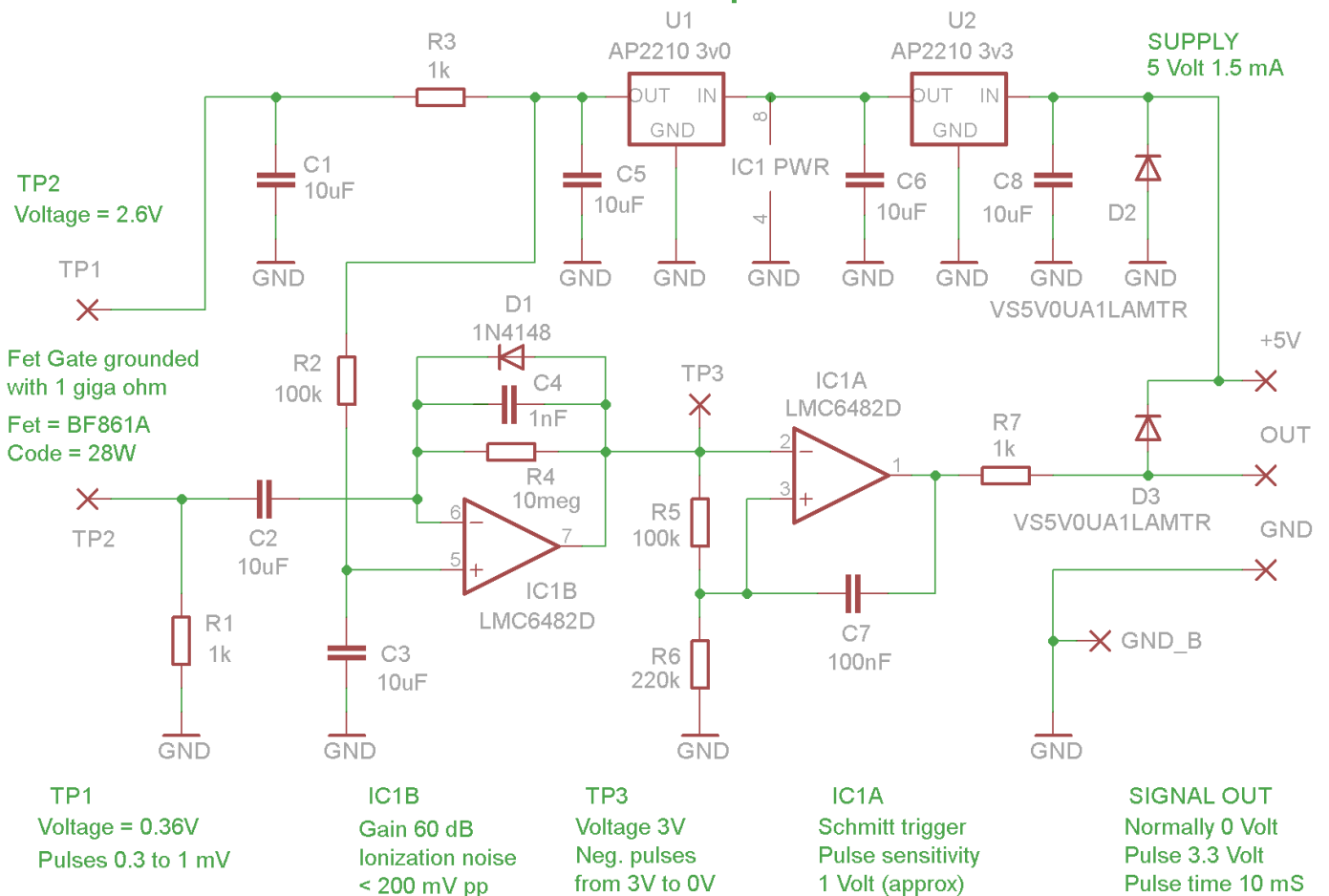




# Amplificatore del segnale - Versione 7



## Theremino - Ion chamber amp - V7



# Amplificatore del segnale – Funzionamento

Il regolatore **U2** 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. Il regolatore **U1** produce un 3 volt ulteriormente stabilizzato. **R3** e **C1** filtrano il rumore e alimentano il **FET** con una tensione di 2.6 Volt quasi esente da rumore (solo alcuni microvolt).

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 **C2** che elimina la componente continua e lascia passare solo le variazioni. Gli impulsi di corrente vengono poi amplificati da **IC1B** e trasformati in impulsi di tensione negativi di alcuni Volt di ampiezza.

**R2** e **C3** filtrano la tensione di 3 Volt dal rumore residuo. La tensione di 3 volt sul piedino 5 stabilisce un riferimento preciso per **IC1A**, che quindi si stabilizza con una tensione di uscita di 3 Volt.

**C4** limita la banda passante e aumenta il rapporto tra segnale e rumore. **R4** limita il guadagno e **D1** limita la sovra-oscillazione degli impulsi quando tornano alla linea di base.

All'uscita di **IC1B** 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.

**R5**, **R6**, **C7** e **IC1A** agiscono da “schmitt trigger” che lascia passare solo gli impulsi che superano un certo voltaggio. La tensione limite è data dal valore di **R6**.

Con **R6** = 100k si contano solo gli impulsi che scendono di almeno un Volt e mezzo.

Con **R6** = 220k si contano solo gli impulsi che scendono di almeno 1 Volt.

Con **R6** = 330k si contano solo gli impulsi che scendono di almeno 0.7 Volt.

Con **R6** = 470k si contano solo gli impulsi che scendono di almeno mezzo Volt.

Aumentando il valore di **R6** 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 **R6** un valore standard di **220k**.

All'uscita di **IC1A** gli impulsi sono positivi e tutti uguali sia in altezza che in larghezza (3.3 Volt e circa 5 mS).

Il resistore **R7** 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.

I diodi **D2** e **D3** sono componenti speciali che proteggono l'elettronica durante i temporali, bloccando eventuali extra-tensioni in arrivo dal cavo di collegamento. In passato alcune camere, che avevano cavi molto lunghi, hanno raccolto abbastanza energia magnetica dai fulmini da bruciarsi. Con questi diodi non succederà più.

## 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.

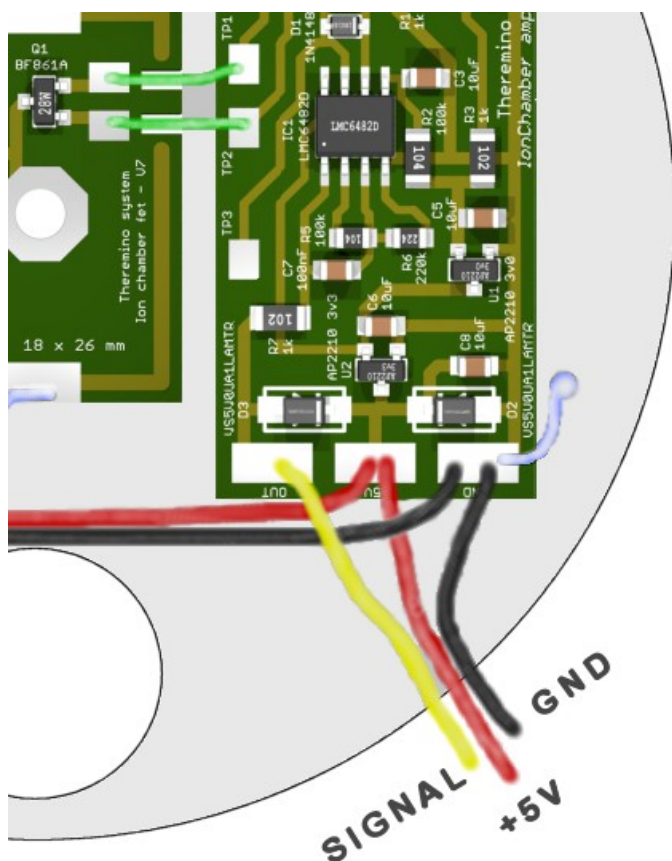
- Sul TP1 ci deve essere circa 2.6 Volt
- Sul TP2 ci devono essere circa 0.36 Volt
- Sul TP3 ci devono essere circa 3 Volt

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

Il modulo amplificatore riceve il segnale dal FET per mezzo di due piccoli fili isolati (verdi in questa immagine).

Notare che questi fili passano in due fessure scavate nel circuito stampato del FET. Le due fessure verranno poi coperte dal lamierino di schermatura.



Il modulo amplificatore (come tutti gli altri moduli) viene fissato per mezzo di due fili nudi, di colore azzurro in questa immagine, saldati alla base in lamiera stagnata o ricoperta di nastro di rame adesivo.

I tre fili in basso (giallo, rosso e nero) vanno al connettore di uscita e da lì proseguiranno con un cavo schermato fino ai Pin di un modulo Theremino Master.

Per fare i cablaggi si utilizzano piccoli fili isolati da circa 1.2 - 1.5 mm di diametro esterno.

Su eBay si trovano ottimi fili colorati ricoperti in silicone.

Il vantaggio di questi fili è che sono morbidi e con un gran numero di fili di rame all'interno.

Inoltre il rivestimento isolante è facile da spellare e non si scioglie durante le saldature.

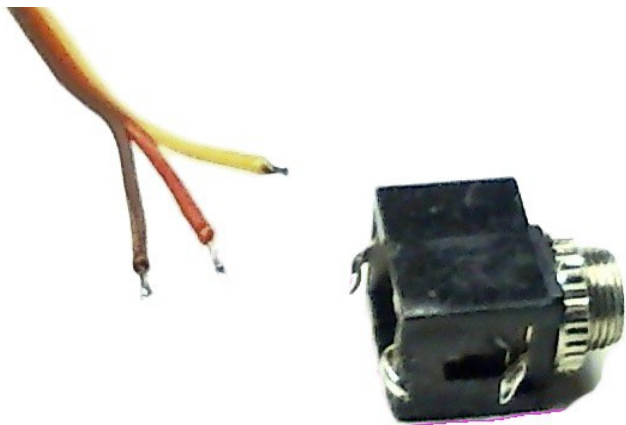
Se vi abituate a usarli non potrete più farne a meno.



## 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 deve collegare il coperchio inferiore. Si consiglia di saldare tutte le ancorette del primo coperchio superiore e di saldarne almeno una per ognuno degli altri due.

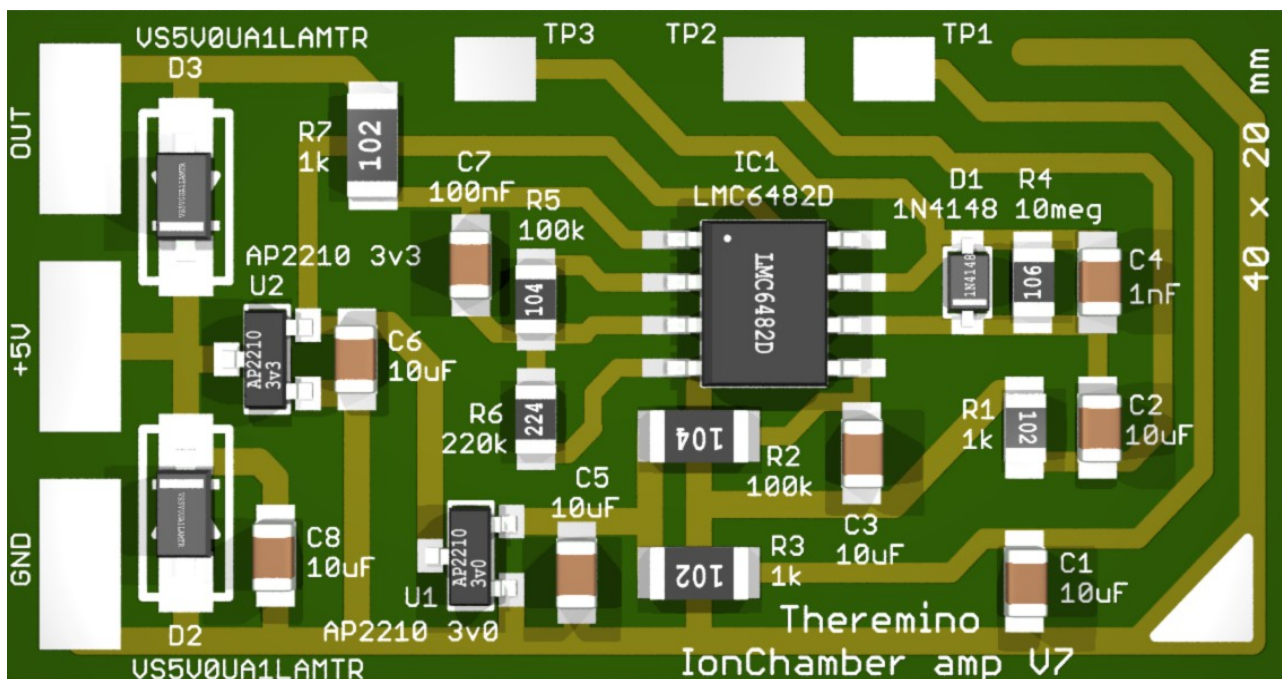
La camera a ioni è terribilmente sensibile ai campi elettrici. Se manca parte della schermatura non funziona, o genera impulsi aggiuntivi, che non provengono dal Radon ma dall'ambiente circostante.



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.



Con la versione 7 è possibile fare misure anche con la camera aperta, sempre che i fori verso la camera interna siano ben coperti con reticella di ottone fine e che il circuito centrale del FET sia coperto con lo schermo metallico messo a massa.

Inoltre per minimizzare i disturbi provenienti dall'impianto elettrico sarebbe bene lavorare su un grande piano metallico collegato a massa con un filo. Si può usare un foglio di alluminio o di ferro, oppure un grande foglio di vetronite ramata.

Normalmente si utilizza l'oscilloscopio o a volte il tester per misurare le tensioni.

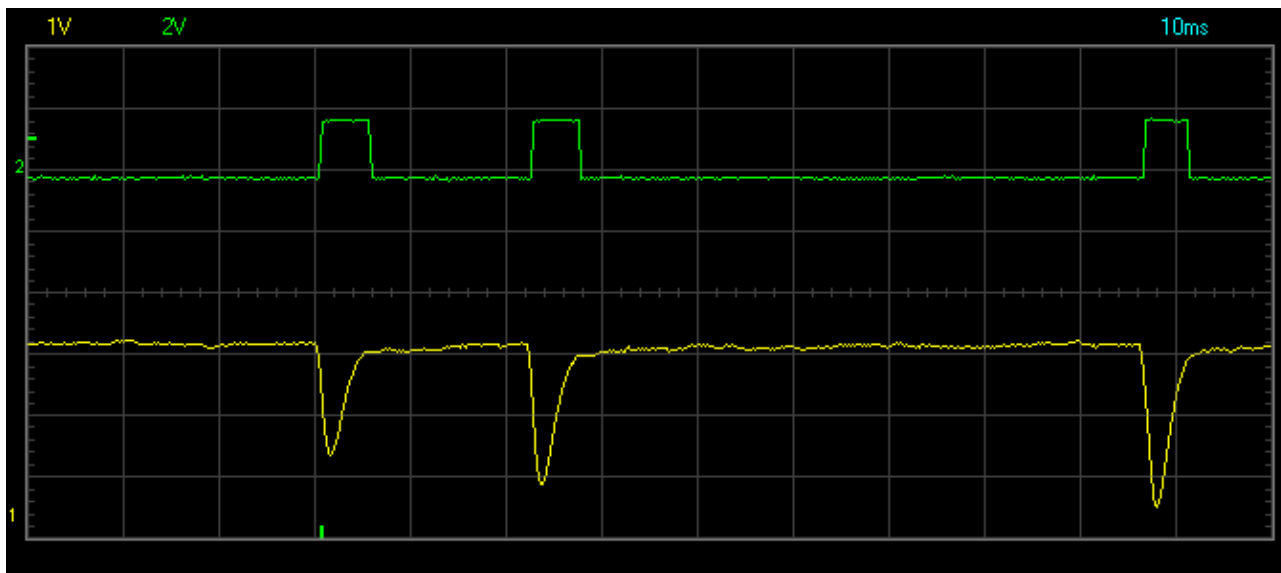
I punti principali dove fare le misure sono:

- ◆ **GND** che si utilizza come riferimento di tensione zero.
- ◆ **TP3** dove c'è il segnale prodotto dal radon prima di essere squadrato.
- ◆ **OUTPUT** che è il segnale di uscita squadrato.
- ◆ **TP1 e TP2** per misurare le tensioni sul FET (circa 2.6V e circa 0.36V)
- ◆ Lato superiore di **C6** per controllare il 3.3 volt prodotto dal regolatore U2
- ◆ Lato superiore di **C5** per controllare il 3 volt prodotto dal regolatore U1



## 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.

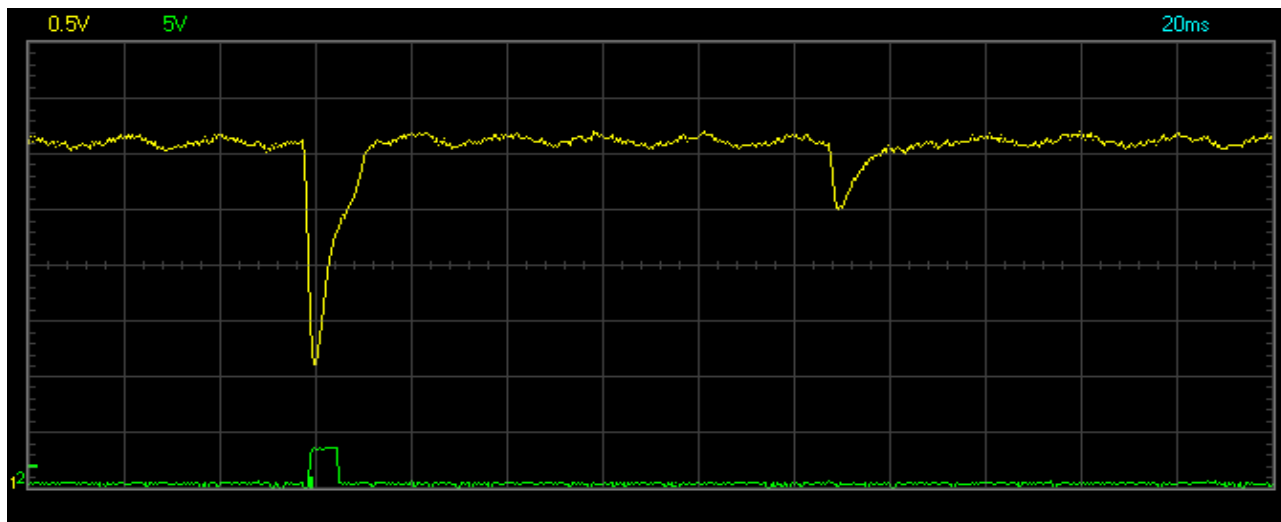
Alcuni impulsi scendono solo di mezzo volt, altri possono essere molto più forti e scendere fino a zero Volt ma gran parte degli impulsi dovrebbe scendere di un Volt o due.

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 "OUT" 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:

- ◆ Elettrodo centrale non ben fissato che balla nel foro terminale.
- ◆ Scintillamenti provocati da umidità o da sezioni di rivestimento non collegate elettricamente.
- ◆ Assestamenti della meccanica.
- ◆ Polvere o altri 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 ricontrattare la meccanica, le saldature e il rivestimento conduttivo interno.

## Testare la camera con il torio - 1

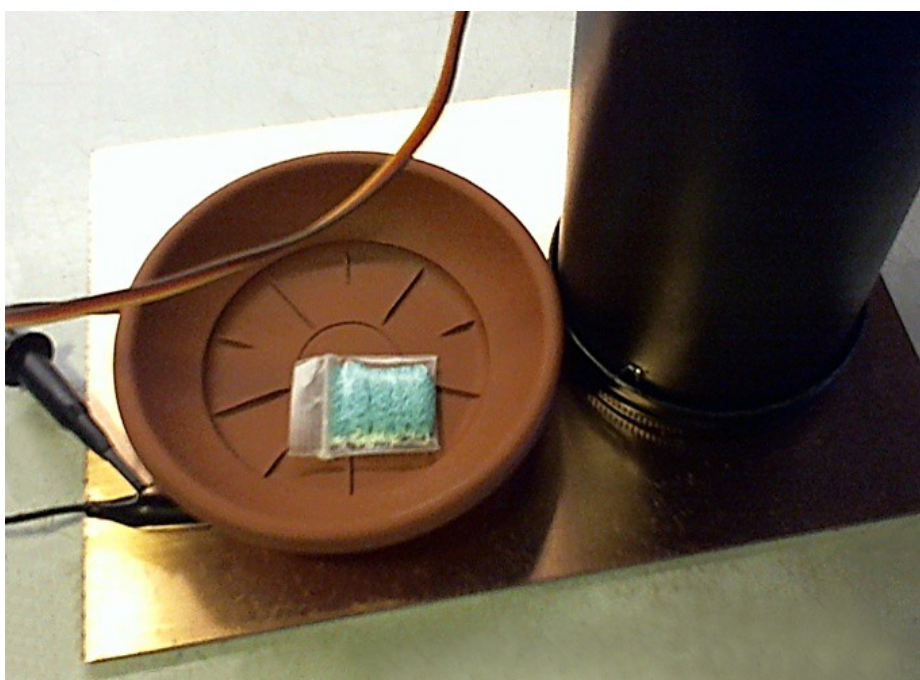
Normalmente la camera genera circa un impulso ogni due minuti, quindi fare dei test e vedere segnali con l'oscilloscopio è piuttosto noioso. Fortunatamente oltre al Radon (Rn222) esiste anche il suo isotopo Thoron (Rn220) che sembra fatto apposta per testare le camere a ioni. Il Thoron si comporta come 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.



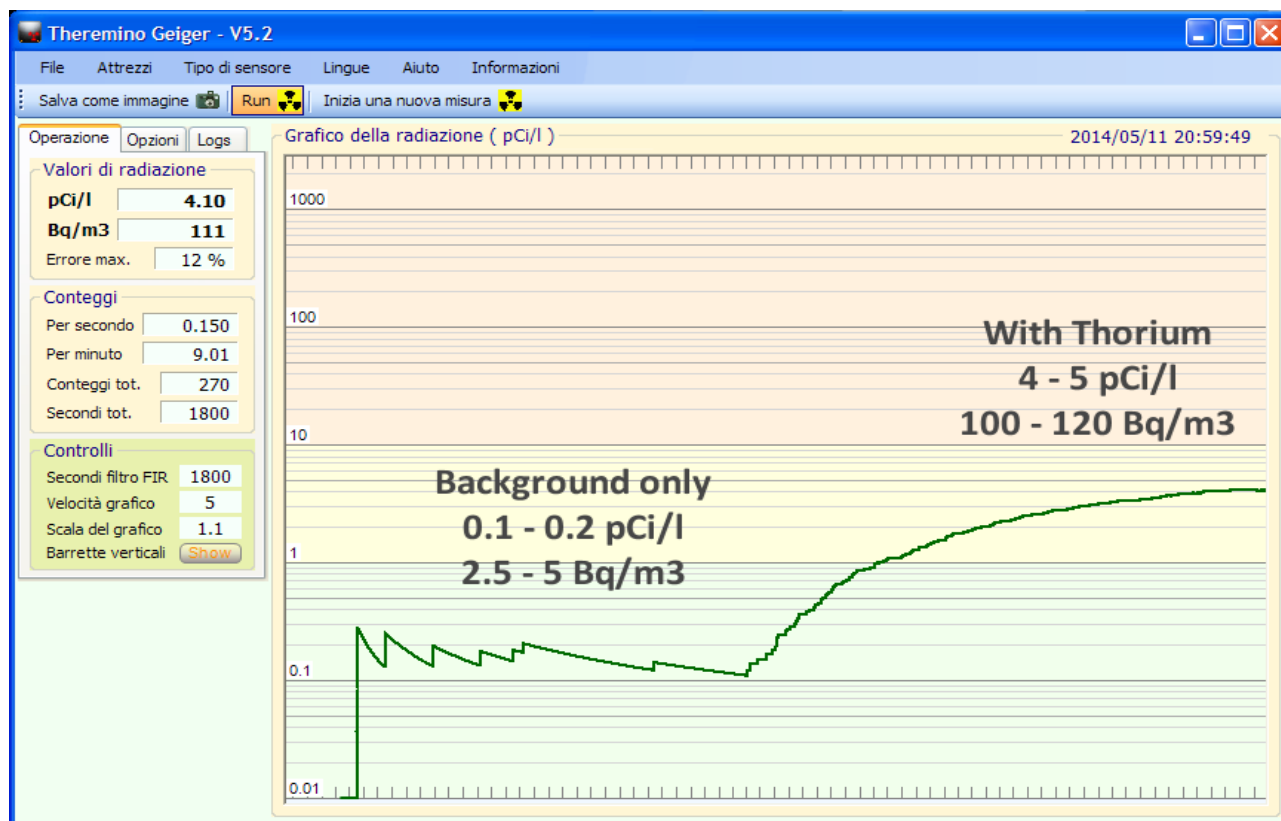
Le reticelle non sono pericolose se si evita di spargere in giro i loro frammenti, di respirarli o di mangiarli. Le reticelle possono perdere frammenti e polvere di torio, quindi sigillarle subito in bustine di plastica spessa e non aprirle mai. Quando non sono in una busta di plastica si deve maneggiarle 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.

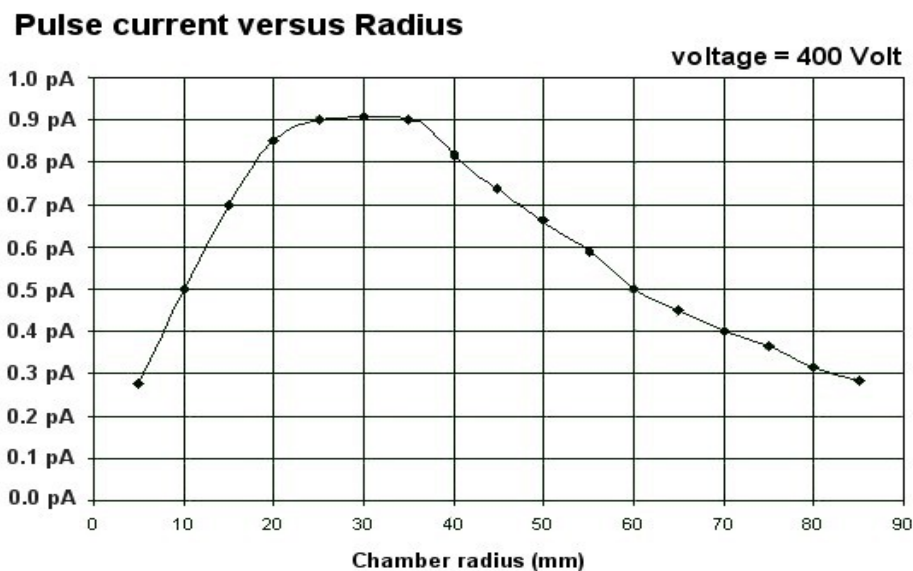
Se il sottovaso chiude bene e non ci sono forti correnti d'aria, il numero di conteggi può aumentare anche oltre i 300 Bq/m3 (oltre 10 pCi/l). In certi momenti si dovrebbero sentire anche due o tre tick, in un solo secondo.

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

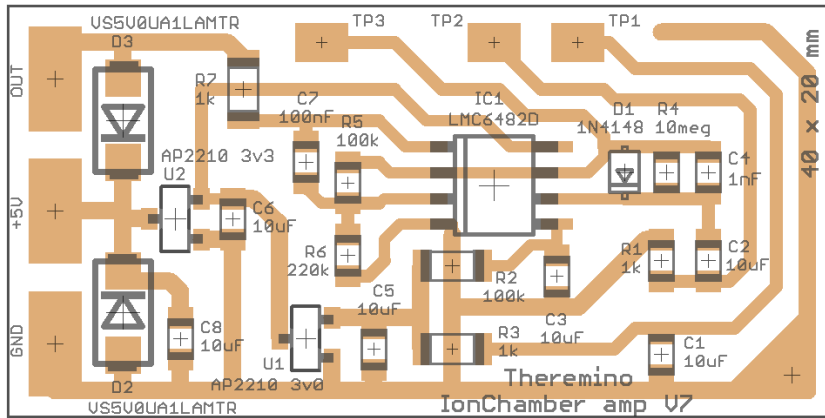
Pertanto abbiamo deciso di usare un campo elettrico di circa 110 - 120 Volt per centimetro e, dato che il raggio della nostra camera è 4 cm, la tensione deve essere circa 440 - 480 Volt.

Infine, il voltaggio standardizzato che abbiamo deciso di utilizzare è 475 +/- 5 volt.



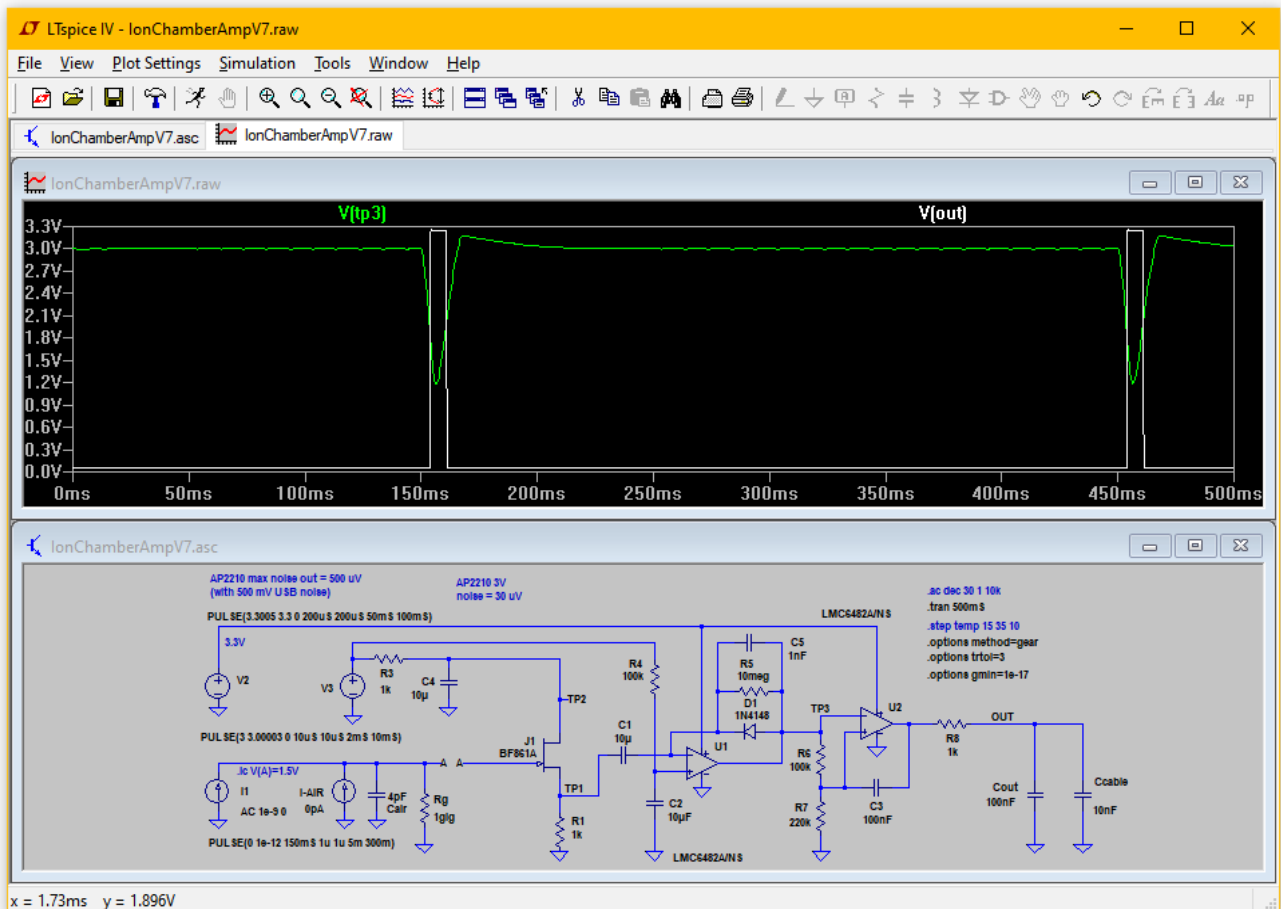
# Appendice 2 - Simulazioni e circuiti stampati

Nel File [IonChamberV7.zip](#) sono disponibili gli schemi elettrici e i PCB in formato Eagle, i rendering di Eagle3D e le simulazioni elettriche in formato LTSpice.



Le versioni più recenti di tutti i file sono scaricabili da qui:

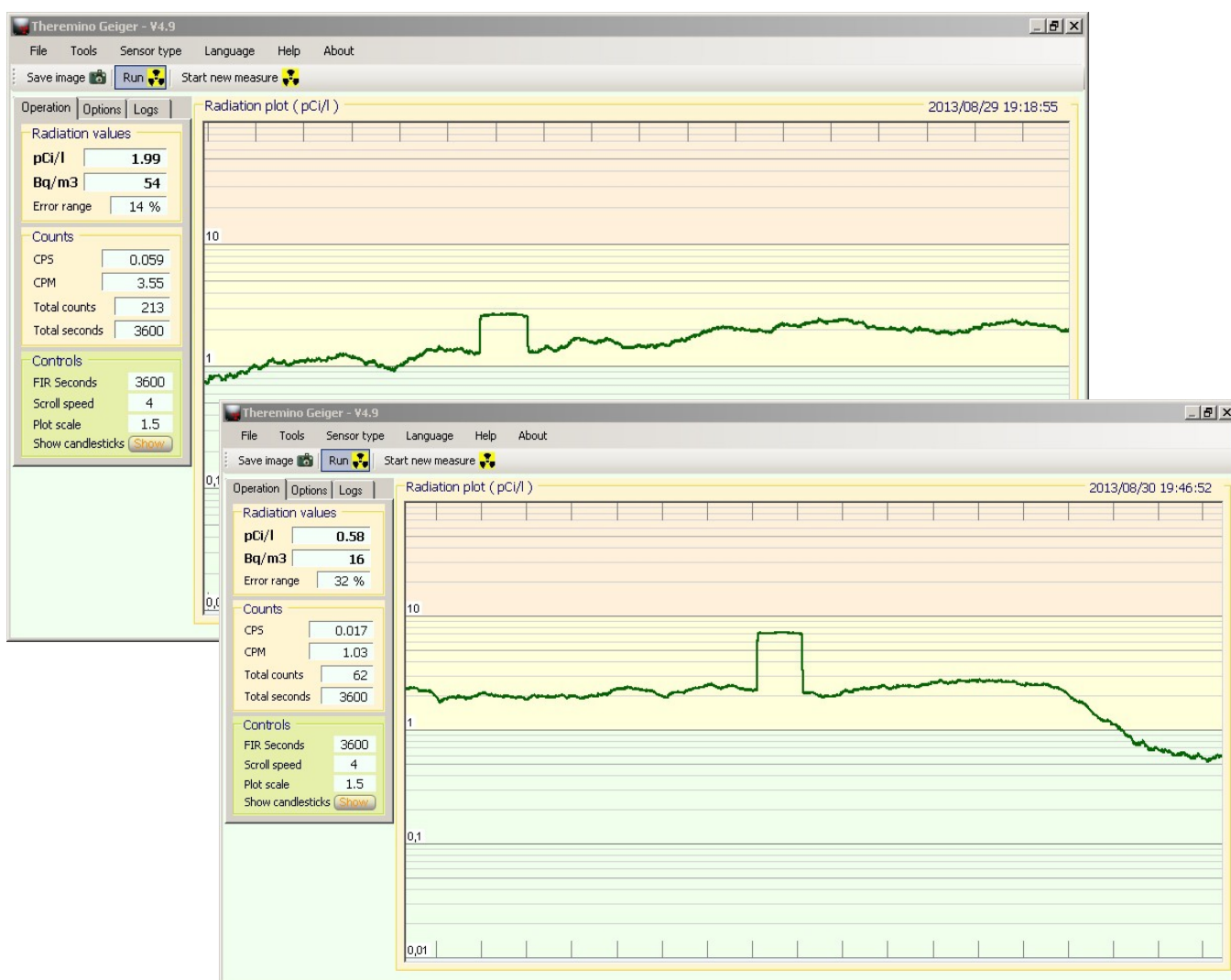
[www.theremino.com/blog/geigers-and-ionchambers/ionchamber-improvements#version7](http://www.theremino.com/blog/geigers-and-ionchambers/ionchamber-improvements#version7)



## Appendice 3 - Impulsi non causati dal Radon

Vari meccanismi possono produrre impulsi spuri, non causati dalle disintegrazioni del Radon. Ad esempio l'umidità che rende l'aria conduttiva. 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. Oppure forti disturbi elettrici causati dai fulmini.

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.

