

ELETTROTHERAPIA



MICROCURRENT GENERATOR CES – MENS – FREMS



Testo di Marco Montanari



www.fieldsforlife.org

Copyright © 2010

LICENZA PUBBLICA GENERICA (GPL) DEL PROGETTO GNU

**L'APPARECCHIO ELETTROMEDICALE
QUI DESCRITTO
NON E'UN GIOCATTOLO**

**LA SUA RIPRODUZIONE
È CONSENTITA
SOLO A SCOPO SCIENTIFICO
E/O SPERIMENTALE
NON A SCOPO COMMERCIALE
E/O INDUSTRIALE**

INDICE

Pagina:

- 4 PREMESSA**
- 5 UN APPARECCHIO MEDICALE PROTEIFORME**
- 6 PRIMO MODULO : ALIMENTATORE DEL GENERATORE DI
CORRENTE COSTANTE**
- 8 SECONDO MODULO : GENERA GLI IMPULSI DI CONTROLLO AC/DC**
- 11 TERZO MODULO : IL GENERATORE DI CORRENTE COSTANTE**
- 15 QUARTO MODULO : IL MODULATORE
GENERATORE DI RUMORE BIANCO (WN)**
- 20 CENNI STORICI RIGUARDANTI L'ORIGINE DELLO STUDIO
DELLE MICROCORRENTI**

PREMESSA

La **Stimolazione Elettroterapica Craniale (CES)**, è stata anche denominata **Stimolazione Elettrica Craniale**.

Queste definizioni pur vere, non sono rappresentative delle numerose applicazioni terapeutiche che particolari apparecchi medicali sono in grado di esercitare, poiché le suddette denominazioni si riferiscono unicamente ad **una** delle possibili applicazioni degli elettroterapici progettati **anche** per la pratica della CES, ad esempio per la terapia biofisica della depressione. In quest'ottica, l'apparecchio medicale che viene descritto in queste pagine, compendia ed aumenta notevolmente gli indirizzi terapeutici degli elettromedicali descritti negli articoli: “*Generatore galvanico di corrente costante (2 mA)*” e l'omologo “*Generatore galvanico di corrente costante (2 mA) Alimentato a 4,8 – 6 V*”. Nell'ottica dell'Autore tutto ciò equivale a perfezionare il concetto di idoneità terapeutica associato alla stimolazione craniale in corrente continua (tDCS).

Sul piano storico sia la CES sia l'applicazione craniale della corrente galvanica ebbero una radice comune che originò in Russia dopo la seconda guerra mondiale e si protrasse fino agli anni Cinquanta del secolo scorso, col particolare intento pseudoscientifico di radicalizzare l'esperienza di Pavlov nella psichiatria di quel tempo. Alcuni psichiatri pavloviani furono indotti dal regime a studiare la possibilità di **decondizionare** il cervello umano. Essi ricorsero all'uso di deboli correnti elettriche (continue e ad impulsi) che, in modo “*dolce*”, avrebbero *resettato* o modificato certi condizionamenti culturali e comportamentali ritenuti inutili o addirittura dannosi, anche perché il massiccio ricorso all'elettrochoc non si era manifestato idoneo a promuovere il *recupero sociale* dei dissidenti. L'indirizzo propriamente terapeutico non faceva parte degli obiettivi della ricerca ed eventuali riscontri in tal senso non subirono adeguata valutazione, ma furono considerati come effetti collaterali. Successivamente, quando negli anni Sessanta decadde il segreto militare che occultava la suddetta ricerca sperimentale, in Europa una delle prime definizioni di queste metodiche fu quella di chiamarle in modo generico come “*Correnti russe*” e, per il fatto che venivano utilizzate delle deboli correnti elettriche, un'altra definizione fu quella di “*Microcorrenti*”. Attualmente, la vera ricerca scientifica ha evidenziato che le microcorrenti non sono inutili, ma esprimono numerose proprietà terapeutiche decisamente innovative al punto di essere sorprendenti.

UN APPARECCHIO MEDICALE PROTEIFORME

L'unica certezza che riguarda gli apparecchi medicali generatori delle cosiddette *microcorrenti* è il fatto che quella erogata (corrente impulsiva) non supera il millesimo di ampere. Il *range* andrebbe da 10 μA a circa 800 μA . Il *duty cycle* potrebbe essere del 30% fino al 70%; che è come dire che un rubinetto può essere quasi aperto o quasi chiuso. La frequenza potrebbe avere una escursione ancora più vasta, da 0,5 Hertz fino a 15 Khz. Alcuni impiegano cicli di correnti continue da 300 μA a 1 mA e altri fino a 4 mA. **Nella realtà le definizioni delle configurazioni degli apparecchi generanti le *microcorrenti* sono uguali al numero dei loro progettisti.** L'Autore nell'articolo "*Generatore galvanico di corrente costante (2 mA)*" insiste sulla necessità di **comprendere la biofisica delle convergenze terapeutiche**; che consiste nello studio (in un'ottica innovativa) di tutti gli apparecchi medicali che in modi e tempi diversi ottengono i medesimi effetti terapeutici. Tutti sono caratterizzati dall'uso di impulsi elettrici o magnetici costituiti da rapidi fronti di salita e/o di discesa; non è certo un caso che l'onda quadra la fa da padrona. Anche il denigrato Zapper della Clark impiega l'onda quadra e molte delle sue proprietà terapeutiche sarebbero del tutto sovrapponibili a quelle prodotte dai generatori di *microcorrenti*. Lo Zapper apparirebbe come un "*figlio illegittimo*", essendo nato in un contesto non ritenuto scientifico e soprattutto estraneo alla Medicina ufficiale, per questo, contrariamente alle *microcorrenti*, è stato oggetto in modo aprioristico di ostracismo e di denigrazione perché nella sua ostentata semplicità o rozzezza (per alcuni), non vi si riconosce nessuna *nobile origine*.

L'Autore, durante lo studio che ha preceduto la progettazione dell'apparecchio medicale in oggetto, ha compreso la necessità di non presentare un ennesimo *falso definitivo generatore di microcorrenti*, ma un circuito adatto alla sperimentazione biofisica che contempla la possibilità di combinare tra loro differenti generatori di impulsi. L'apparecchio dispone anche del funzionamento in sola corrente continua costante.

Al fine di semplificare l'analisi del circuito elettrico, l'apparecchio medicale si articola in diversi moduli che poi verranno collegati tra loro.

PRIMO MODULO

ALIMENTATORE DEL GENERATORE DI CORRENTE COSTANTE

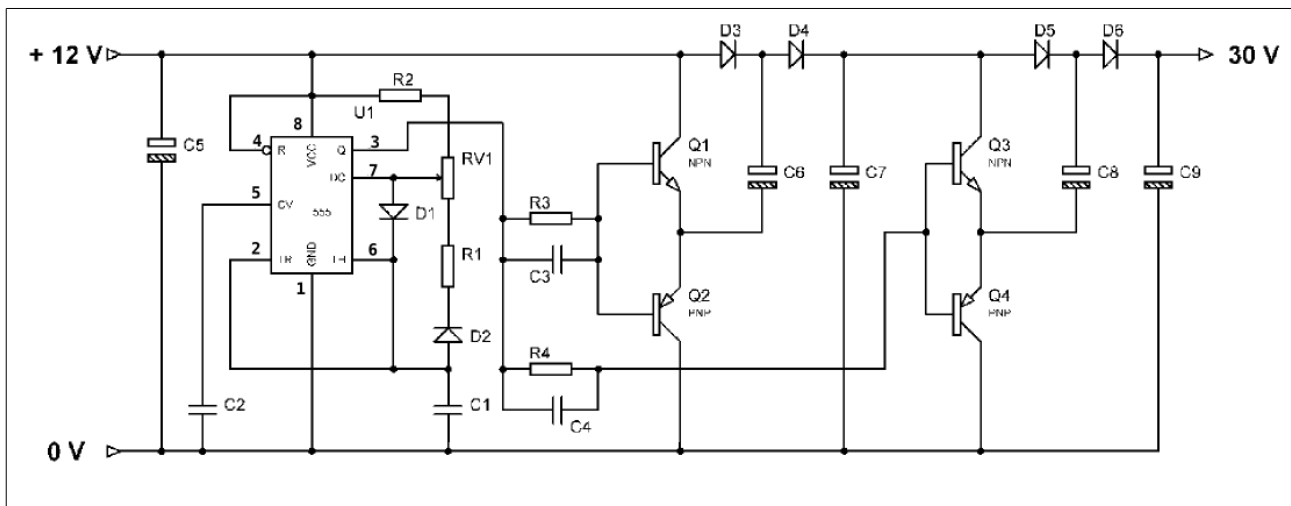


Figura 1: Schema elettrico dell'alimentatore del generatore di corrente costante.

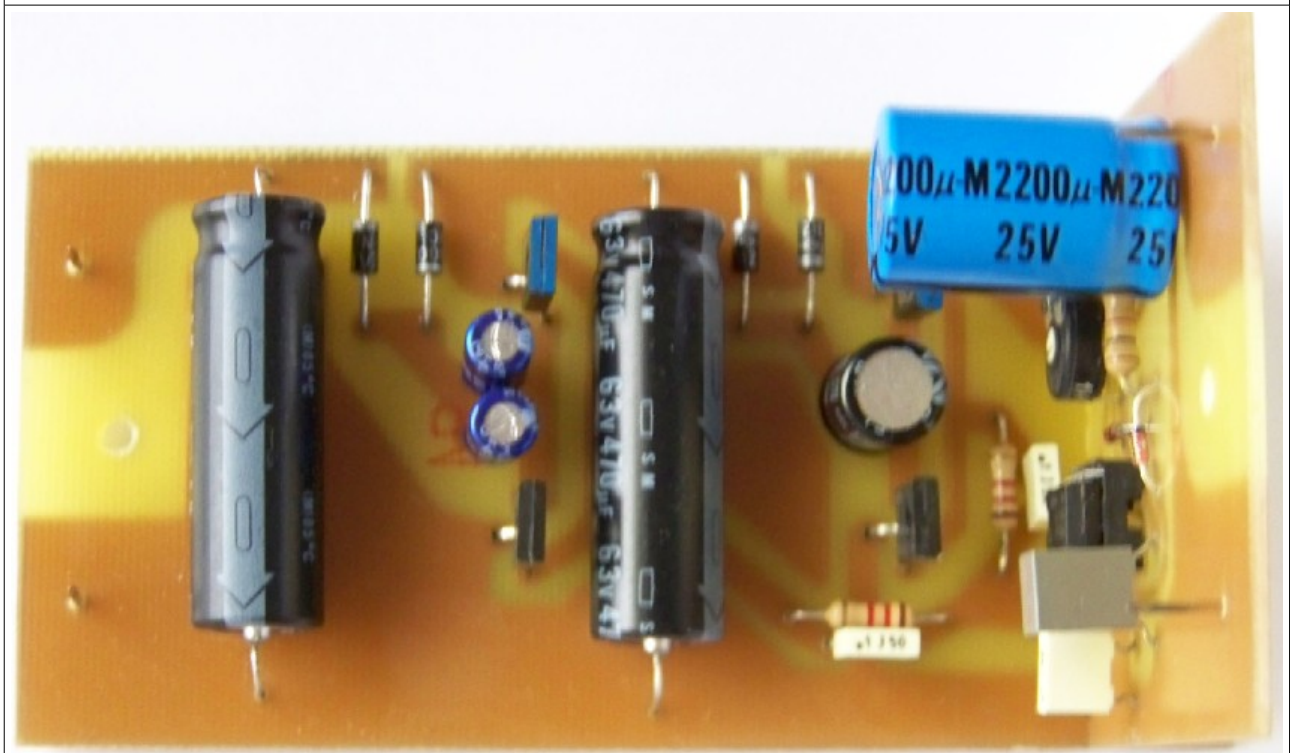


Figura 2: Realizzazione pratica dello schema di Figura 1.

L'Autore nell'articolo: “*Alimentazione degli elettroterapici operanti in regime di corrente costante*” descrive il convertitore DC/DC (da 12V a 30V) che viene adottato per alimentare il generatore di corrente costante che controlla l'intensità delle *microcorrenti*. Per i dettagli costruttivi si rimanda il lettore alla consultazione del suddetto articolo.

La tensione di 30V consente di veicolare tutte le *microcorrenti* mediante elettrodi di piccole o piccolissime dimensioni che si possono applicare in qualunque parte del corpo.

SECONDO MODULO

GENERA GLI IMPULSI DI CONTROLLO AC/DC

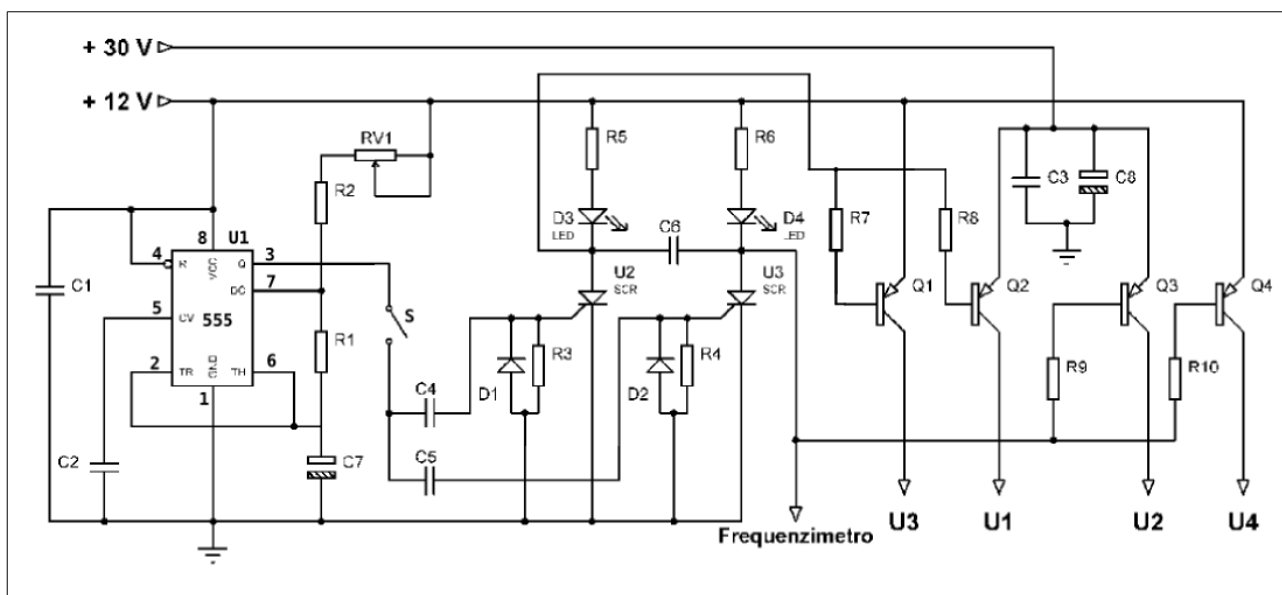


Figura 3: Schema elettrico del secondo modulo che genera gli impulsi di controllo del convertitore AC e il passaggio da da AC a DC. (Progetto dell'Autore)

ELENCO COMPONENTI

R1 = 1 K	C1 = 0,1 uF poliestere	Q1 - Q2 - Q3 - Q4 = BC327
R2 = 1 K	C2 = 10 nF poliestere	U1 = NE555
R3 = 330 ohm	C3 = 0,1 uF poliestere	U2 - U3 = C103YY (SCR)
R4 = 330 ohm	C4 = 1 nF ceramico	D1 - D2 = 1N4148
R5 = 1,2 K	C5 = 1 nF ceramico	D3 - D4 = Led (vedi testo)
R6 = 1,2 K	C6 = 0,1 uF poliestere	S = triplo deviatore (vedi testo)
R7 = 10 K	C7 = 10 uF tantalio 35 V	BNC = connettore da pannello
R8 = 10 K	C8 = 220 uF 50 V	
R9 = 10 K		
R10 = 10 K		
RV1 = 1 M lin. (vedi testo)		

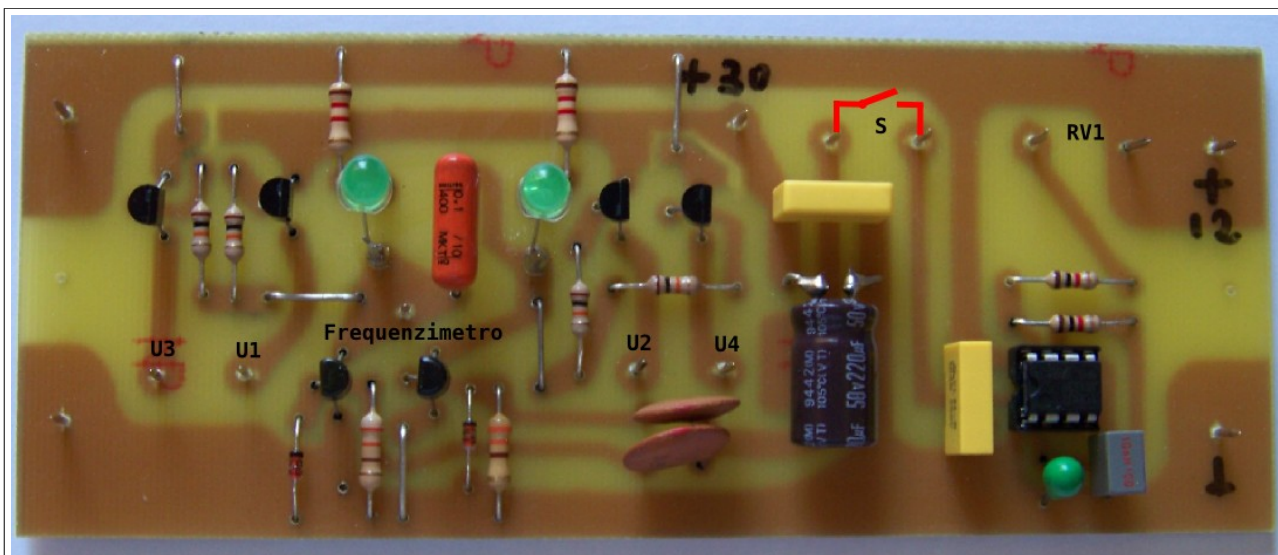


Figura 4: Realizzazione in forma sperimentale dello schema di Figura 3. Sono riconoscibili tutti i componenti tracciati nello schema elettrico. (Fotografia dell'Autore)

Questo modulo è stato progettato all'insegna della semplicità e al contempo della efficienza. U1 è il solito 555 in configurazione astabile che, con R1 ed R2 da 1000 ohm, oscilla alla massima frequenza di circa 52 Hertz.

U2 e U3 sono due piccoli SCR (C103YY) montati in configurazione bistabile (flip-flop) che, senza tante complicazioni, dividono per due la frequenza generata da U1 (26 Hertz) e producono una perfetta onda quadra simmetrica (*duty cycle 50%*).

La durata del massimo semiperiodo è di circa 5 secondi e il minimo semiperiodo è di circa 20 millisecondi. Il potenziometro RV1 è previsto da 1 megaohm, la cui escursione include tutte le basse frequenze utilizzate nella CES e ciò consente di sperimentare frequenze più basse o più alte del “*range convenzionale*” da 0,5 Hertz a 10 Hertz.

I LED rendono visibile lo stato logico delle uscite, mentre i transistor PNP Q1 – Q2 e Q3 – Q4 commutano con logica invertente. Le uscite U1 – U2 funzionano come generatori di tensione (30 V) che, nel Terzo Modulo, alimenteranno le interfacce biofisiche, mentre U3 – U4 (12 V) abiliteranno o disabiliteranno i circuiti deputati alla formazione dell'involuppo da inviare agli elettrodi.

L'interruttore S (triplo deviatore), se è aperto, blocca il bistabile in uno dei due stati logici, consentendo l'immediata commutazione delle interfacce biofisiche da corrente alternata (AC) a corrente continua (DC). La seconda e terza sezione del deviatore serviranno per abilitare i moduli che gestiscono le funzioni in corrente alternata o in corrente continua (vedi oltre).

Il colore dei Led dipende dal gusto personale. Il circuito completo del generatore sperimentale di Microcorrenti (inferiori a 1 mA) e Macrocorrenti (superiori a 1 mA) prevede l'uso saltuario di strumenti di misura esterni. In questo modulo si deve creare un ancoraggio in corrispondenza dell'anodo di un SCR e un altro a massa (vedi Figura 4), a cui collegare un cavetto bipolare terminante in una presa BNC da pannello. La giunzione di Gate dell'SCR C103YY è particolarmente sensibile e quest'ultimo si può sostituire con uno cablato seguendo lo schema seguente:

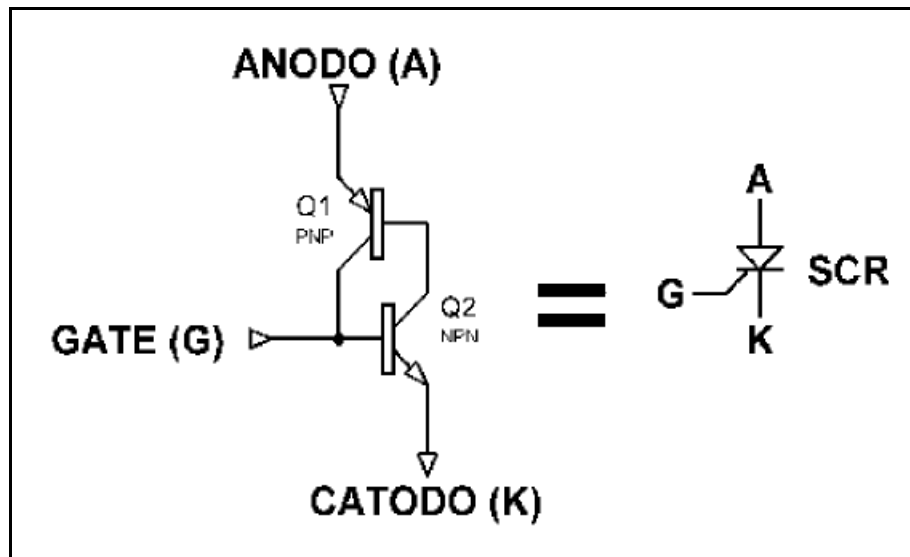


Figura 5: SCR cablato il cui funzionamento è identico a quello monolitico.

Q1 = BD140 (PNP) Q2 = BC547C (NPN)

Segue la descrizione del Terzo Modulo: **Il generatore di corrente costante.**

TERZO MODULO

IL GENERATORE DI CORRENTE COSTANTE

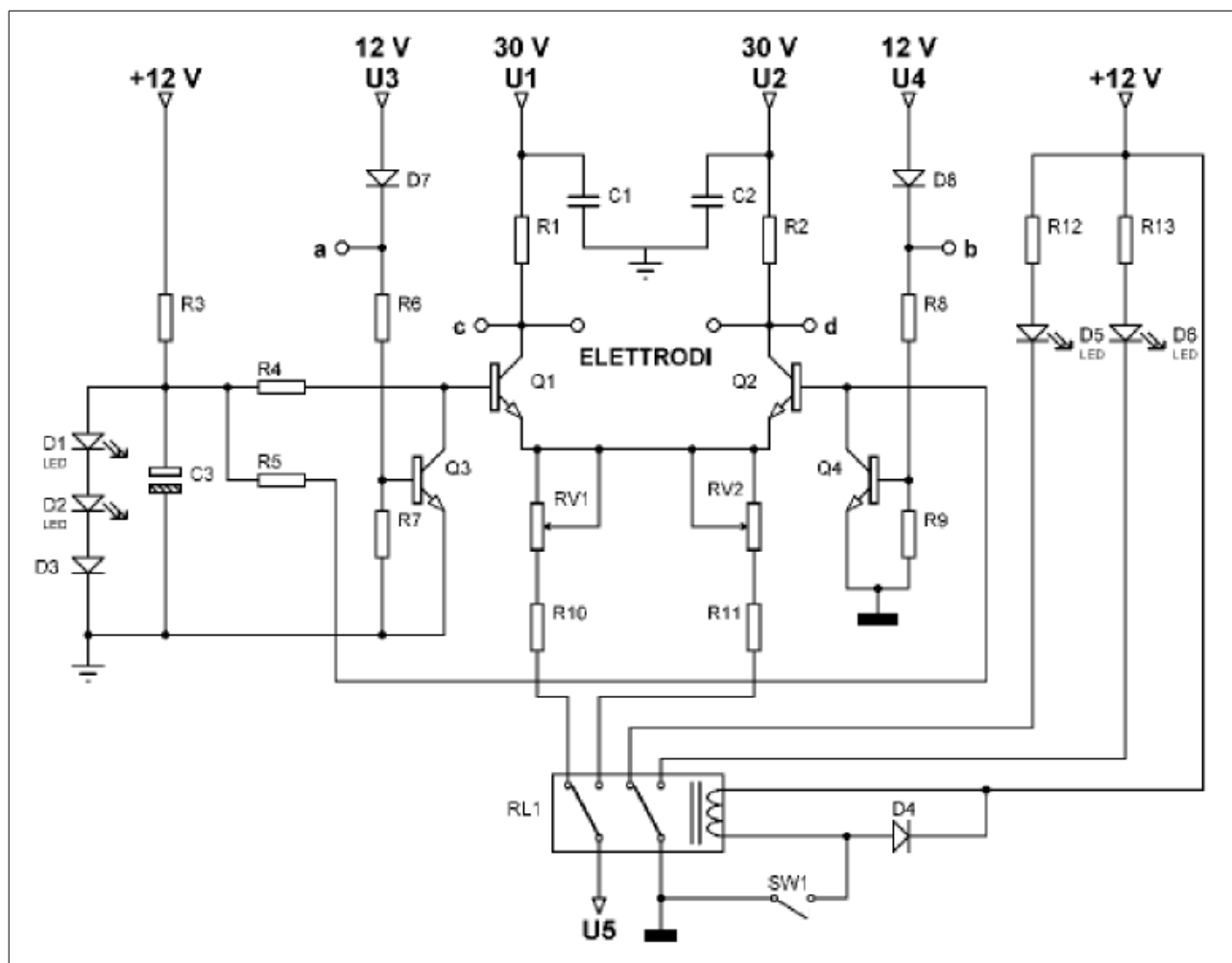


Figura 6: Doppio generatore di corrente costante tipo Sink in grado di presentare agli elettrodi la corrente alternata o la corrente continua. (Progetto dell'Autore)

Questo modulo è composto da due generatori di corrente costante di tipo Sink speculari (Q1 – Q2). La tensione di riferimento viene generata dai LED verdi D1 – D2 e dal diodo D3 che compensa la caduta di tensione prodotta dalla V_{be} di Q1 – Q2 (circa 0,7 V). La resistenza R3 polarizza i LED verdi con una corrente di 9 mA e la serie D1 - D2 produce una tensione costante di 4,16 V. Il Generatore di Microcorrenti viene alimentato da una batteria ermetica al piombo da 12 V e, nel corso del ciclo di scarica, è costante la tensione ai capi dei suddetti LED. C3 è un condensatore al tantalio da 280 μF e le resistenze R4 ed R5 (120 K) polarizzano i transistor Q1 – Q2 (BC547C). L'esigua corrente di base (circa 3 microampere) è influente sul ciclo di lavoro dei generatori di

corrente. Questi ultimi sono stati scelti con elevato e identico Beta (540). Al costruttore si raccomanda di effettuare un'analoga selezione in cui l'identità (540) non è necessaria, lo è invece l'uguaglianza dei Beta di Q1 e Q2, a loro volta scelti tra i transistor col Beta maggiore. C1 – C2 e R1 – R2 disaccoppiano l'alimentazione dei generatori di corrente e, quando le uscite U3 e U1 del secondo modulo sono alte, Q3 interdice Q1 per cui la corrente costante fluisce tra gli elettrodi verso Q2 che è abilitato. Nel semiperiodo successivo si inverte la direzione della corrente tra gli elettrodi che rimane costante, essendo impostata dal valore ohmico delle resistenze di emittore RV1 e R10 ai cui capi **DOVREBBE** essere sempre presente una tensione costante di 4,16 V (**VEDI OLTRE**). **Il circuito, pur non essendo ancora completo (manca il quarto modulo), è già suscettibile di applicazioni terapeutiche se l'uscita U5 viene posta a massa e se l'interruttore S del primo modulo è chiuso, il circuito funziona in corrente alternata, alla frequenza impostata dal valore ohmico di RV1 del primo modulo.** Nel terzo modulo, RV1 ed R10 determinano il funzionamento nell'ambito delle microcorrenti con escursione da circa 9 microampere a circa 900 microampere. **Qualora si aprisse l'interruttore S del primo modulo, il circuito funziona come generatore di corrente galvanica, consentendo le corrispondenti applicazioni terapeutiche.** Alla chiusura di SW1 del modulo in oggetto, il relè commuta, inserendo RV2 e R11. La corrente erogabile può variare da 500 uA a circa 2,2 mA che alla frequenza di 26 Hz è avvertita come formicolio non fastidioso con proprietà antinfiammatoria e antidolorifica. L'Autore ha introdotto quest'ultima possibilità al fine di controllare (per confronto) se le microcorrenti esistono realmente come entità terapeutica. I LED D5 (verde) e D6 (rosso) indicano quale potenziometro è attivo. **Quegli sperimentatori che per la prima volta si cimentano nella costruzione di un elettromedicale generante deboli correnti continue o alternate, possono fermarsi alla realizzazione di questo modulo, poiché le possibilità terapeutiche non sono poche. Col terzo modulo le applicazioni nell'ambito della CES sono già fattibili, anche se non ancora in modo esteso; si può osservare se delle piaghe cicatrizzano (microcorrenti) o se il prurito ribelle svanisce oppure se viene stimolata la produzione del callo osseo e molto altro ancora. Ad esempio, se l'interruttore S del primo modulo è chiuso e se si pone a + 12 V uno dei due terminali (a) o (b), il circuito funziona anche come Zapper (vedi oltre). L'Autore, per anni ha osservato gli effetti di analoghi apparecchi medicali.**

ELENCO COMPONENTI

R1 - R2 = 1K

R3 = 820 ohm

R4 - R5 = 120 K

R6 - R8 = 10 K

R7 - R9 = 4,7 K

R10 = 1K + 150 ohm e 180 K in parallelo (VEDI TESTO)

R11 = 330 ohm + 100 ohm (VEDI TESTO)

R12 R13 = 1,2 K

RV1 = 470 K lineare

RV2 = 2,2 K lineare

C1 - C2 = 0,1 uF

C3 = 280 uF tantalio

(vedi testo)

D1 - D2 = LED verdi

D3 - D4 = 1N4007

D5 = LED verde

D6 = LED rosso

D7 - D8 = 1N4148

Q1 Q2 Q3 Q4 = BC547C

RL1 = relè 12V doppio deviatore

SW1 = interruttore da pannello

BNC = connettore da pannello

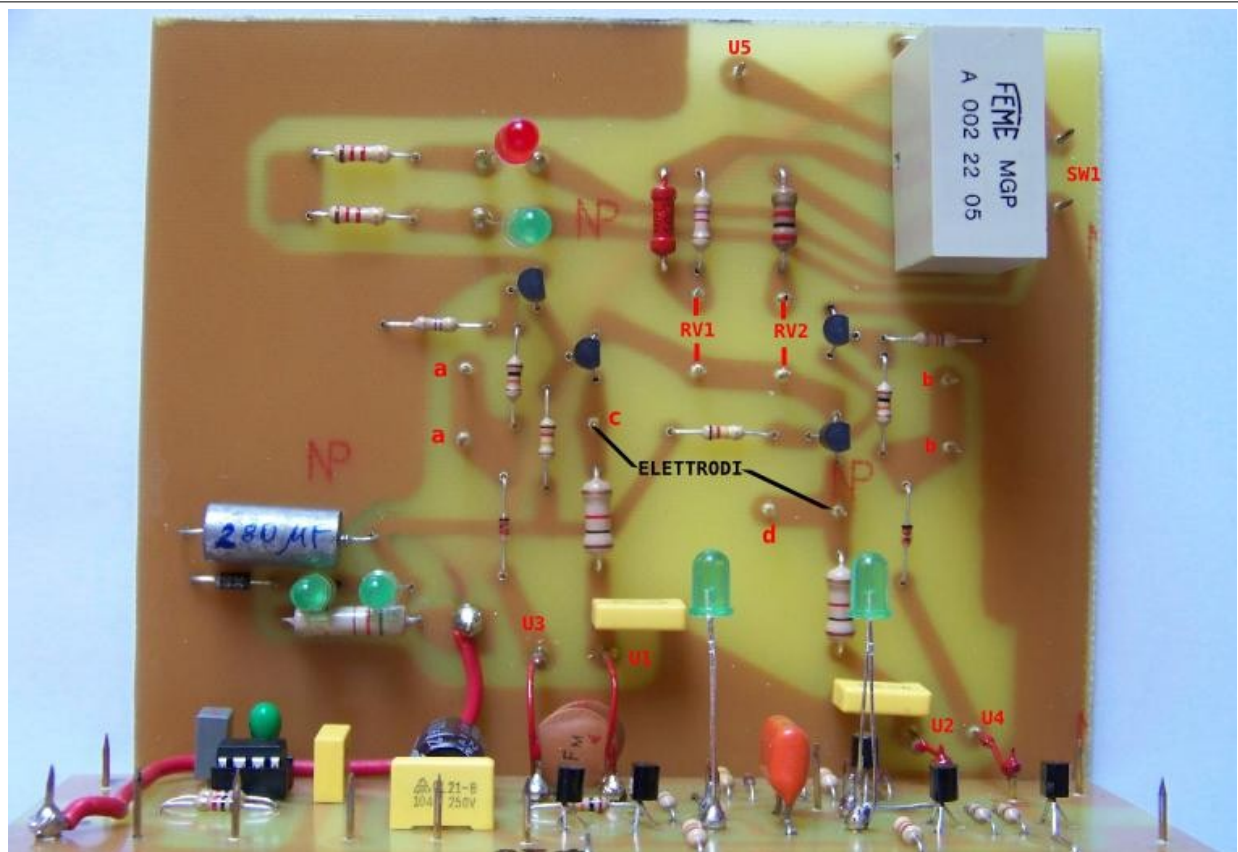


Figura 7: Realizzazione in forma sperimentale dello schema di Figura 6. Sono riconoscibili tutti i componenti tracciati nello schema elettrico. (Fotografia dell'Autore)

Anche questo modulo, come il precedente, può essere dotato di una uscita esterna per l'osservazione oscilloscopica (terminali c - d) mediante un connettore BNC da pannello.

Le relazioni che legano la costanza della corrente (I) in funzione della tensione (v) o della resistenza (r) , si possono sintetizzare come segue:

$$\mathbf{I = f(v) \quad I = f(r)}$$

Nel primo caso la resistenza è costante e varia la tensione e nel secondo la tensione è costante e varia la resistenza. Il primo caso è più adatto per generare intense correnti costanti, mentre il secondo è più adatto per generare piccole correnti costanti. Il secondo caso è applicato in questo modulo.

Qualora si intenda usufruire anche del quarto modulo (il modulatore), si dovrà osservare particolare attenzione nel cablaggio dei potenziometri che dovranno avere le connessioni più corte possibili. Il condensatore C3 si può sostituire con un normale elettrolitico da almeno 100 uF 16 V.

Durante il collaudo si è riscontrato che le correnti erogate non coincidevano con quelle previste.

È noto che la corrente costante erogata da un singolo transistor in configurazione Sink non è prevedibile con la medesima precisione ottenibile nel corso della progettazione di circuiti più complessi, ma il progetto prevede l'uso di elevate frequenze; in questo caso la semplicità circuitale è una garanzia. Il BC547 Fairchild viene dichiarato con una frequenza di transizione di 300 MHz e altri produttori dichiarano una $f(t)$ minima di 100 MHz.

Le resistenze R10 ed R11 sono state così modificate: **R10** è composta da due resistenze in serie una da 1000 ohm più una da 150 ohm. In parallelo alla serie vi è la resistenza di 180 K. Il *range* delle microcorrenti va da circa 940 microampere a circa 3 microampere. **R11** è composta da due resistenze in serie, una da 330 ohm e l'altra da 100 ohm. Il *range* delle macrocorrenti va da circa 2,3 milliampere a 500 microampere.

Il costruttore deve controllare accuratamente la propria realizzazione e, se è il caso, per via empirica deve modificare i valori di R10 e R11. Il controllo si effettua ponendo il generatore in DC, mettendo una resistenza da 1000 ohm in serie agli elettrodi, misurando con un voltmetro digitale la ddp ai capi di quest'ultima. Gli altri valori misurati sono: tensione ai capi di C3 (4,85 – 4,83 V); se RV1 ed RV2 sono cortocircuitati la tensione ai capi di R10 (3,25 V) e la tensione ai capi di R11 (2,95 V). In pratica bisogna decidere se usare o non usare il quarto modulo in cui Q5 e Q6 hanno una $V_{ce}(\text{sat})$ da 90 a 600 mV.

Segue la descrizione del Quarto Modulo: **Il modulatore.**

QUARTO MODULO

IL MODULATORE

Il modulatore è composto da due schede; la prima (denominata **WN**) genera il rumore bianco, la seconda scheda (denominata **PULSE**) produce impulsi rettangolari a diverse frequenze. In Figura 8 si osserva il generatore di rumore bianco (WN) che ha lo scopo di promuovere la risonanza stocastica.

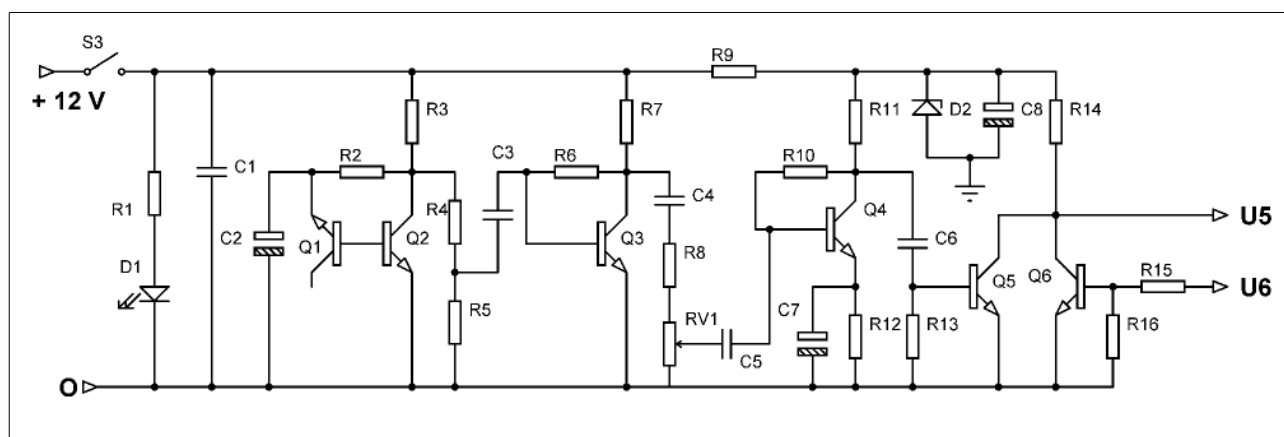


Figura 8: Schema elettrico del generatore di rumore bianco (WN) . (Progetto dell'Autore)

ELENCO COMPONENTI

R1 = 1,2 K - R2 = 56 K	C1 = 0,1 uF	Q1 - Q2 - Q3 - Q4 - Q5 - Q6
R3 = 2,2 K - R4 = 10 K	C2 = 10 uF 25 V elettrolitico	tutti BC547C
R5 = 4,7 K - R6 = 1 M	C3 = 1 uF poliestere	D1 = LED verde
R7 = 560 ohm - R8 = 2,2 K	C4 = 1 uF poliestere	D2 = 6,2 V 1 W zener
R9 = 330 ohm - R10 = 470K	C5 = 1 uF poliestere	S3 = interruttore da pannello
R11 = 4,7 K- R12 = 100 ohm	C6 = 0,1 uF poliestere	
R13 = 4,7 K - R14 = 4,7 K	C7 = 10 uF 25 V elettrolitico	
R15 = 10 K- R16 = 4,7 K	C8 = 470 uF 16 V elettrolitico	
RV1 = 2,2 K trimmer		

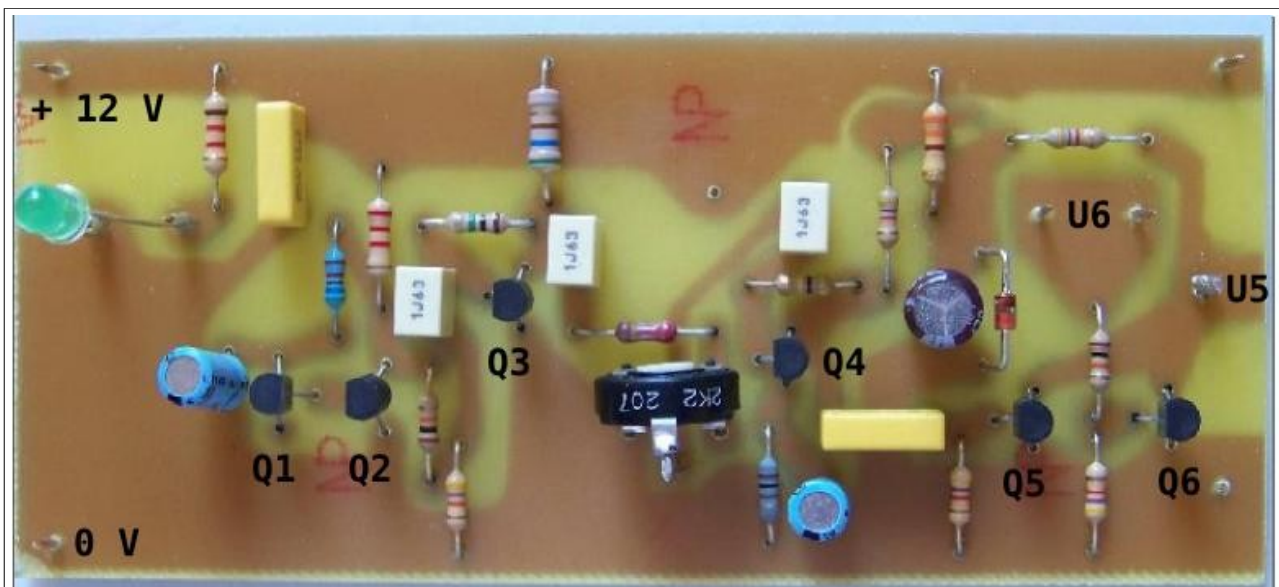


Figura 9: Realizzazione in forma sperimentale del quarto modulo relativo al generatore di rumore bianco (WN), sono riconoscibili i componenti tracciati nello schema elettrico. (Fotografia dell'Autore)

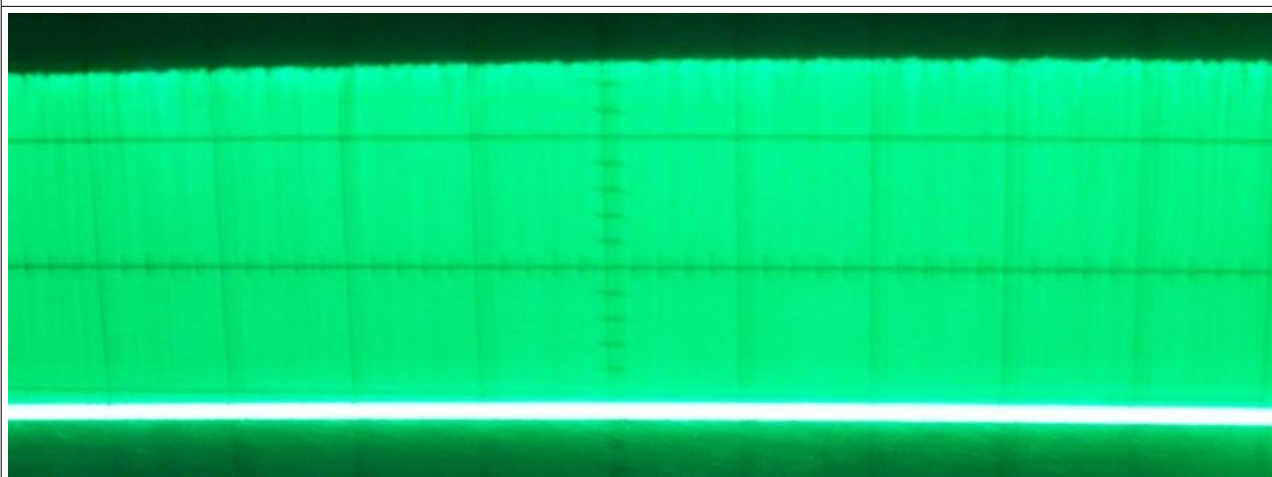


Figura 10: Traccia oscilloscopica osservata al terminale U5. Rumore bianco generato da Q1 e fortemente amplificato (ampiezza di 6,2 V). (Fotografia dell'Autore)

I transistor Q1 e Q2 sono montati in una configurazione che ha il pregio di essere particolarmente stabile e non necessita di regolazioni. La resistenza R2 (56 K) polarizza inversamente la giunzione base emittore di Q1 ed è bene non modificarla. Il rumore bianco viene amplificato da Q2; al collettore l'ampiezza è di circa 2 Vpp. Il transistor Q3 amplifica ulteriormente il segnale e disaccoppia il generatore di rumore dagli stadi seguenti. Il transistor Q4 è alimentato a 6,2 V che consente di mantenere costante l'ampiezza del segnale in uscita (U5) durante la scarica della batteria ermetica al pimbo.

Il trimmer RV1 si regola in modo che all'oscilloscopio si veda la banda di rumore come appare in Figura 10 anche con una tensione di alimentazione prossima a 10,5 V. Il transistor Q5 è il vero e proprio modulatore del rumore bianco annesso al generatore di corrente costante. Il transistor Q6, pilotato in continua (U6) tramite la scheda PULSE, genera i pacchetti di impulsi (*burst*) di rumore bianco; in ogni caso modula la corrente continua o alternata presente tra gli elettrodi con un'onda quadra disponibile in un ampio spettro di frequenza.

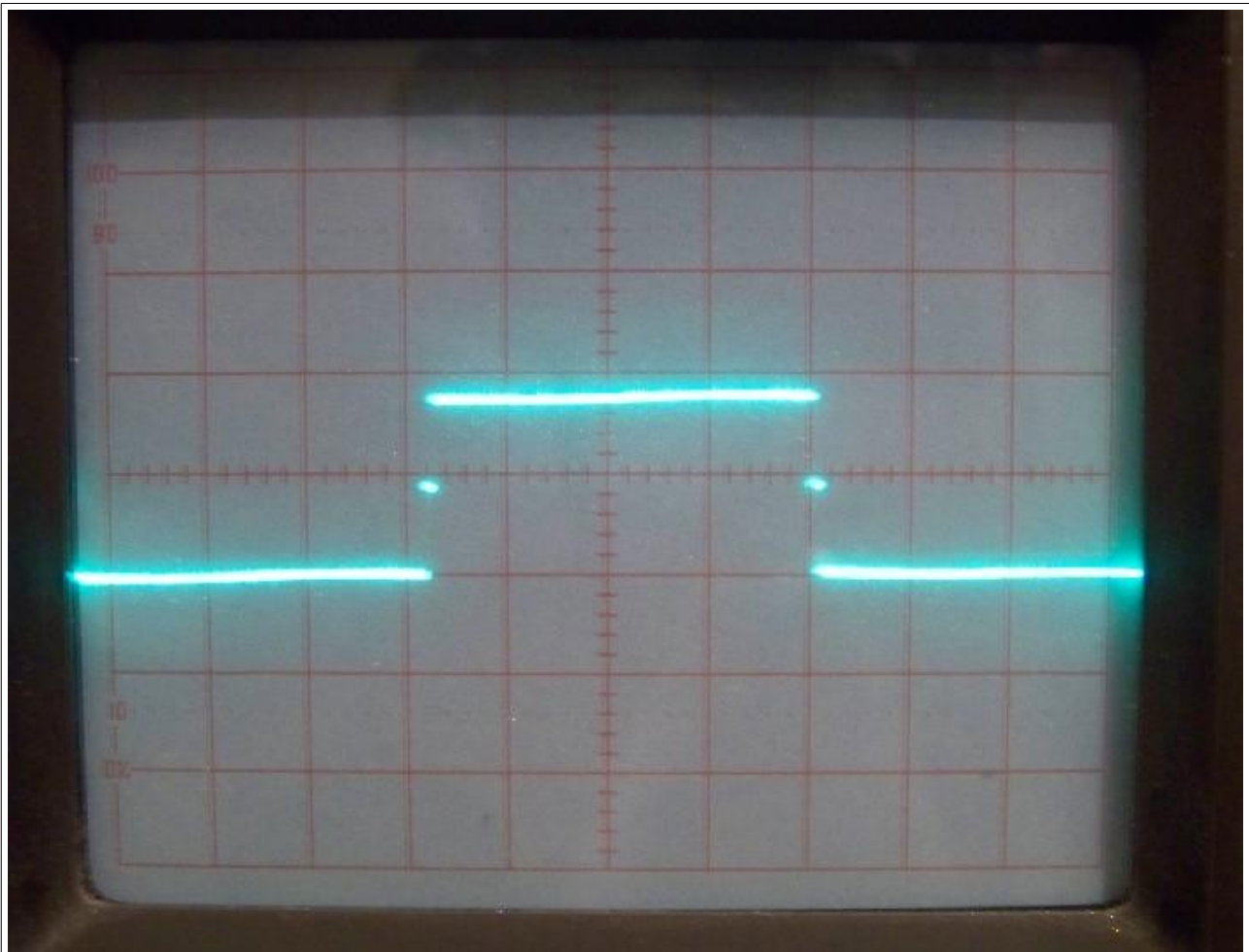


Figura 11: Traccia oscilloscopica della corrente alternata presente ai capi di una resistenza da 1000 ohm posta tra gli elettrodi. (Fotografia dell'Autore)

Nella precedente fotografia i punti luminosi presenti a metà dei fronti di salita e di discesa dell'onda quadra, evidenziano il momento in cui si inverte la direzione della corrente. L'ampiezza è di 1V per divisione (il segnale è circa 2Vpp) e la corrente erogata è di circa 950 microampere.

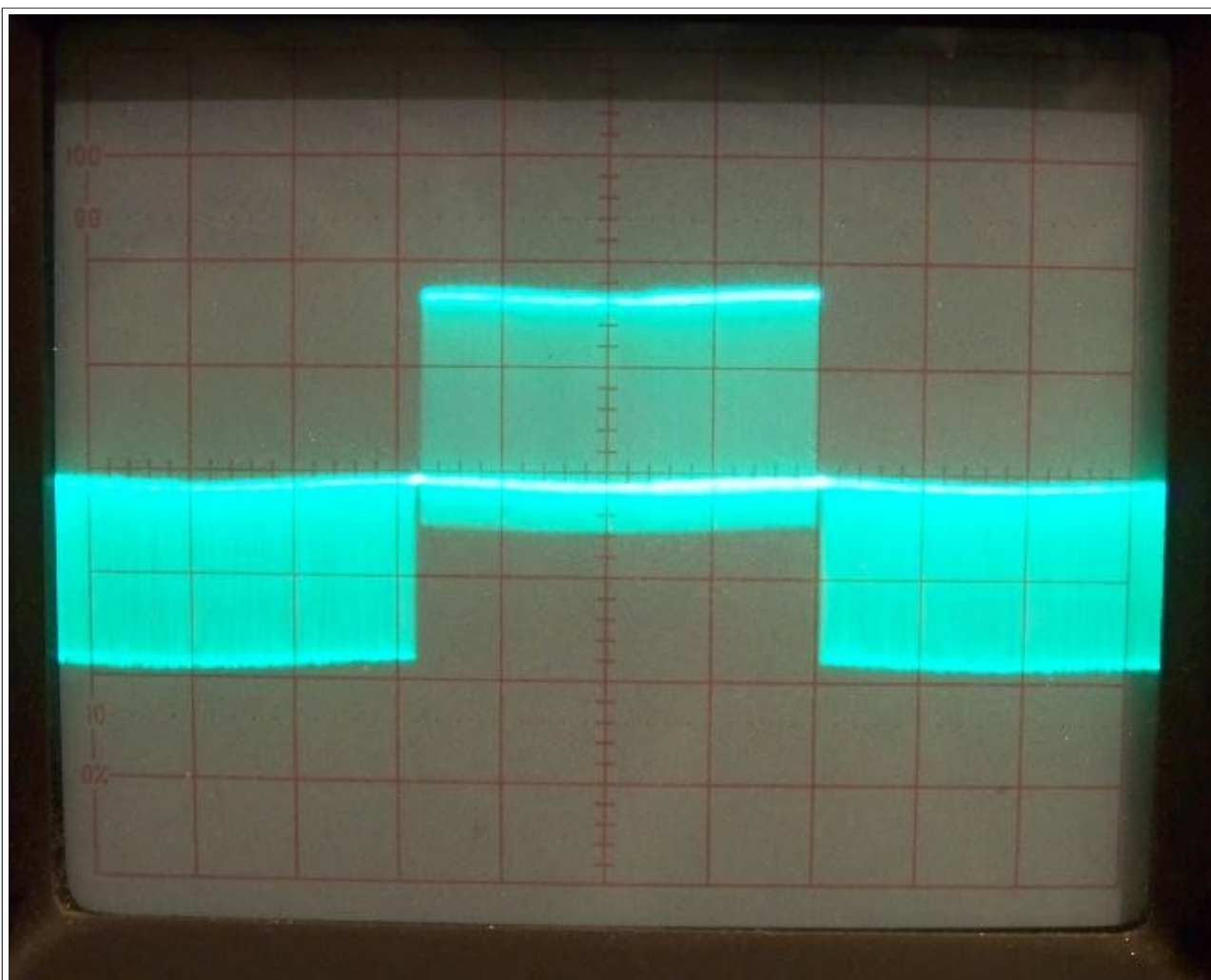
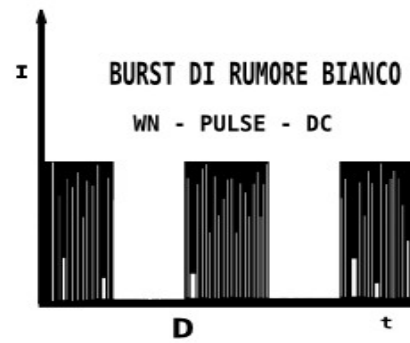
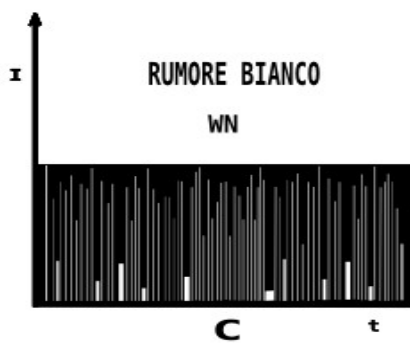
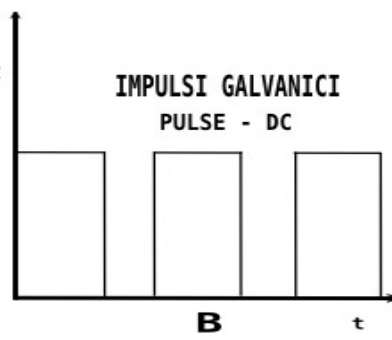
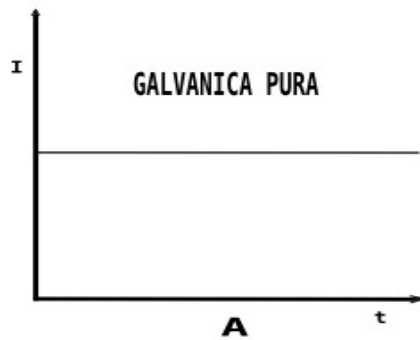
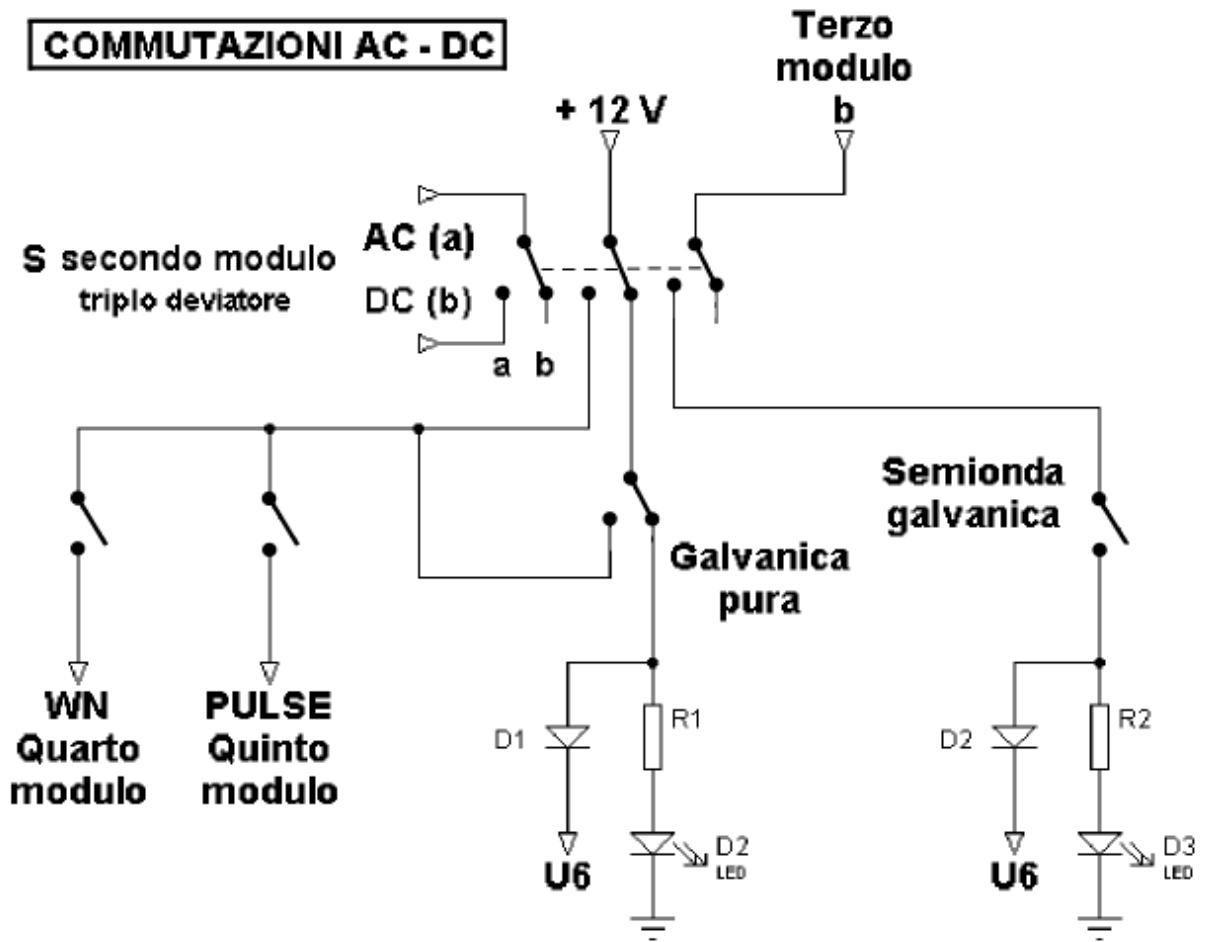


Figura 12: Traccia oscilloscopica della corrente alternata modulata dal rumore bianco presente ai capi di una resistenza da 1000 ohm posta tra gli elettrodi. (Fotografia dell'Autore)

La precedente fotografia mostra in modo inequivocabile l'elevatissimo contenuto armonico presente nel segnale biofisico che è immensamente superiore a quello prodotto da qualunque altro generatore emettente onde quadre a bassa o ad alta frequenza. I disegni seguenti mostrano come sono disposti i commutatori che consentono di preselezionare il segnale da convogliare agli elettrodi nel caso in cui si intenda utilizzare solo la galvanica e/o le sue varianti (commutazione DC, il triplo deviatore S del secondo modulo è aperto). Nel caso in oggetto la semionda galvanica è disabilitata, in quanto fa parte delle funzioni previste per la corrente alternata (commutazione AC).

I moduli WN e PULSE gestiscono le funzioni illustrate nei diagrammi indicati con **B – C – D**. La funzione indicata come Galvanica Pura (diagramma **A**) è autonoma ed è gestita da un apposito deviatore. Ad ogni azionamento corrisponde l'accensione o lo spegnimento di un LED.

COMMUTAZIONI AC - DC



CENNI STORICI RIGUARDANTI L'ORIGINE DELLO STUDIO DELLE MICROCORRENTI

- **1902:** Reduce e Roxelau in Francia iniziano a sperimentare la stimolazione transcranica a bassa intensità.
- **1910:** Lo scienziato russo Robinovich studia gli effetti della stimolazione elettrica transcranica nei pazienti con insonnia.
- **1918:** Bourguignon mette a punto la inoforesi (dielettrolisi) transcerebrale con Cloruro di Calcio 1% per sedare i malati con emiplegia spastica.
- **1947 – 1952:** Inizia e termina in Unione Sovietica la ricerca segreta psichiatrica (pavloviana) per fini politici sul possibile ruolo “decondizionante” o “ricondizionante” delle correnti elettriche transcraniche.
- **1953:** In Unione Sovietica Gilyarowski continua le ricerche di Robinovich e pubblica un libro dal titolo *Electrosleep* relativo alla terapia dell'insonnia.
- **1960:** e anni seguenti, negli Stati Uniti, nell'Università del Tennessee e successivamente presso la University Wisconsin Medical School si studiano sugli animali gli effetti delle correnti elettriche a bassa intensità. Successivamente seguirono trial clinici in ambito umano presso la Medical School nell'Università del Texas in San Antonio e parallelamente nella University Wisconsin Medical School.

CONTINUA

Articolo pubblicato per la prima volta in forma incompleta il 13 luglio 2010

Articolo aggiornato in forma incompleta il 15 luglio 2010

Articolo aggiornato in forma incompleta il 16 luglio 2010

Articolo aggiornato in forma incompleta il 17 luglio 2010

Articolo aggiornato in forma incompleta il 18 luglio 2010

Articolo aggiornato in forma incompleta il 20 luglio 2010

Articolo aggiornato in forma incompleta il 21 luglio 2010

Articolo aggiornato (modifica delle resistenze R10 e R11 del terzo modulo) e pubblicato in forma incompleta il 01 agosto 2010

Articolo aggiornato (modifica del titolo dell'articolo) in forma incompleta il 07 agosto 2010

Articolo aggiornato, ma in forma incompleta, fino a pag. 20 (.pdf) il 16 settembre 2010