

Hi, I am Tony **IOJX**

Autocostruzione di un Trasmittitore "Vera AM"

DESCRIZIONE DEL TRASMETTITORE

Premetto che per trasmettitore "vera AM" si intende un trasmettitore (tipicamente a valvole) appositamente realizzato per operare in AM (modulazione di ampiezza a portante intera e doppia banda laterale), e che quindi utilizza uno stadio finale in classe C modulato da un amplificatore BF, usualmente di forte potenza. E' tutt'altra cosa rispetto all'AM prodotta dai trasmettitori moderni, i quali spesso generano l'AM semplicemente reinserendo la portante sull'emissione SSB. Senza entrare poi in questioni di fascino....

Realizzare un trasmettitore "vera AM" nel 2010 può sembrare cosa senza molto senso, visto che l'AM è stata quasi abbandonata da lungo tempo. Dico quasi perchè crescente è il numero dei nostalgici che partecipano al net del sabato e della domenica mattina su 7.190 MHz, come pure elevato è il numero di stazioni USA che lavorano intorno 29.100 MHz (già cominciamo a risentirle grazie al ciclo solare che sale, anche se pian piano...).

Si tratta tipicamente di radioamatori i quali, appassionati dei vecchi trasmettitori "vera AM" (Johnson Geloso, Hallicrafters, ecc. ecc.) - usualmente denominati "boatanchors" - cercano tutte le occasioni per poterli utilizzare e non solamente tenerli in bella mostra nello shack. Ma nei net AM troviamo anche amatori che vi partecipano utilizzando ricetrasmittitori moderni.

Per me poi che di trasmettitori "vera AM" ne ho già svariati, costruirne uno in più può avere ancor meno senso. Varie sono state le ragioni che mi hanno spinto a farlo; innanzitutto la dovizia di pezzi che stavano da lungo tempo inutilizzati nel cassetto (in gran parte materiale Geloso), poi il voler rivivere un'esperienza già fatta da ragazzo (l'ultimo trasmettitore AM era stato da me realizzato nel 1965) ed infine la crisi di astinenza da costruzioni radio che mi spinge ad riprendere il saldatore quando siano trascorsi più di trenta giorni dall'ultima realizzazione pratica.

Devo dire che è stata un'esperienza interessante, anche perchè mi si sono presentate problematiche diverse dalle solite e in certo senso anche nuove. Dico nuove perchè cinquant'anni fa i trasmettitori AM si costruivano in maniera semplice e diretta, senza porsi tanti problemi, tanto funzionavano sempre. Magari con parametri sballati, ma comunque funzionavano. Con la mentalità di oggi invece ogni minima questione va studiata, ottimizzata, validata, ed il tempo da dedicarvi diventa così incredibilmente alto.

Parliamoci chiaro: il risultato non è nulla di speciale, ma la fatica è stata veramente tanta, al punto che se l'avessi intuita sin dall'inizio forse avrei desistito dall'impresa. Ma ora ... cosa fatta capo ha.

Nelle immagini che seguono potete vedere due diverse inquadrature del trasmettitore "vera AM" da 110W uscita, che è stato realizzato all'interno di un cassetto rack 19" da 8 unità. Sì, è grosso, ma alla fine è risultato esser pieno come un uovo, per cui non vi era comunque molto modo di risparmiare spazio.





La realizzazione meccanica è stata effettuata assicurando la facile smontabilità e separabilità di tutti i moduli componenti, cosa resa possibile dal largo uso di connettori e dal montaggio di alcuni componenti su contropannello.

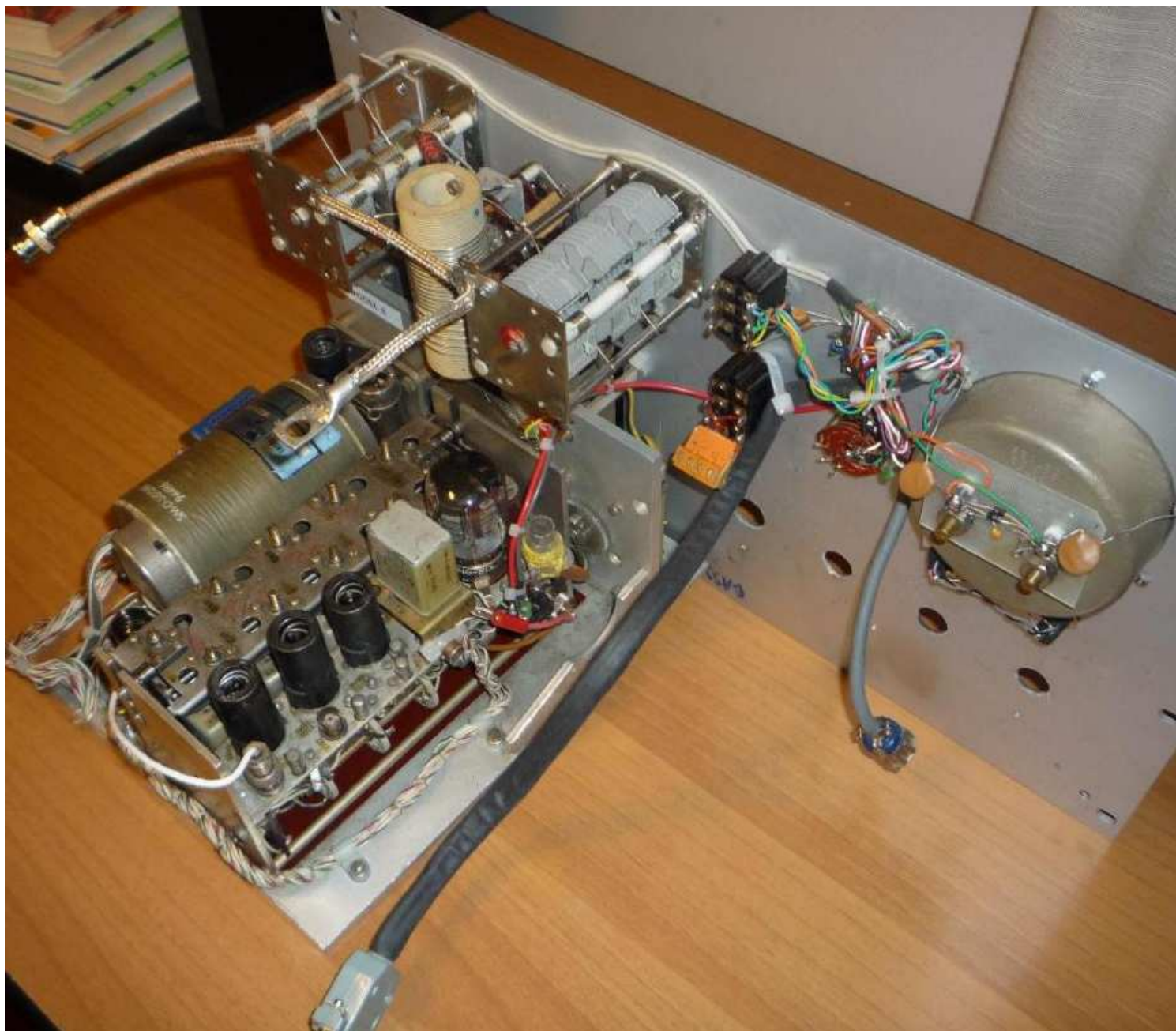
Sul lato sinistro si osserva il modulatore, che è un amplificatore Geloso G.274 il quale utilizza un controfase di 807 in classe AB2 con 750V di placca, robustamente pilotate da una 6L6 collegata a triodo. Gli stadi di amplificazione a basso livello sono costituiti da due 12SL7 con filamenti alimentati in continua per evitare ronzii. Fu originariamente acquistato negli anni 50 da Beppe IOAPV (che me lo ha gentilmente ceduto) ordinandolo alla Geloso direttamente con il trasformatore di modulazione n. 6055 montato al posto del normale trasformatore d'uscita n. 6054. E' una bella bestia, che risulta ben sovradimensionata per modulare lo stadio finale.

Sul lato destro si osserva, in corrispondenza del pannello posteriore, l'alimentatore del VFO e dello stadio finale, Modulatore e alimentatore sono meglio visibili in questo squarcio interno.



Adiacente all'alimentatore si trova il modulo RF di potenza che utilizza il doppio tetrodo 829B con le due unità in parallelo, alimentato con 750V di placca e 200V di griglia schermo. Quindi il circuito a Pi-greco fissato sul pannello frontale e realizzato con componenti tutti Geloso (bobina e condensatori variabili).

Risulta invece poco visibile il VFO che si trova al di sotto, e che si vede invece chiaramente nell'immagine sottostante, la quale mostra il retro del pannello frontale smontato.



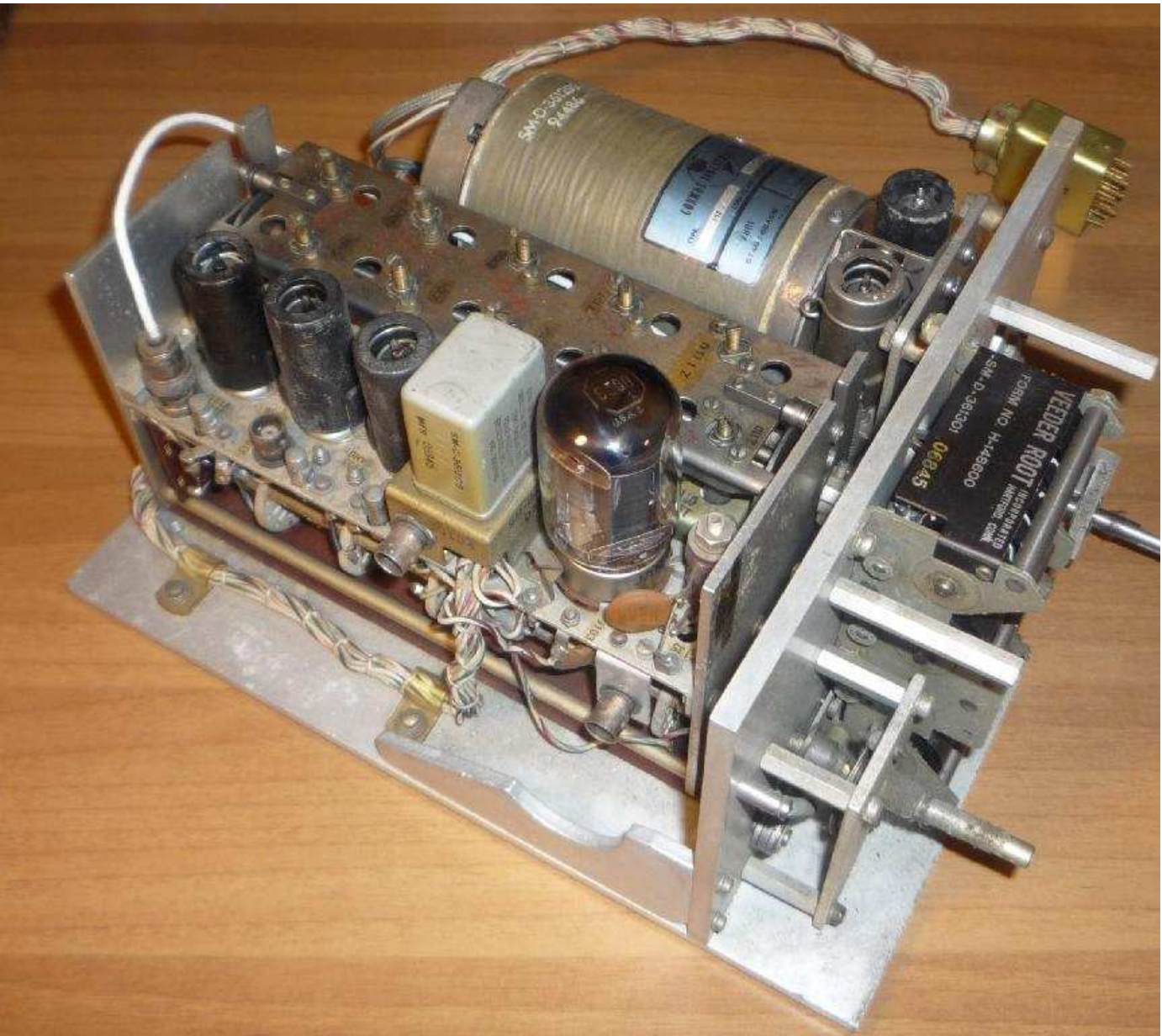
Si tratta di un VFO recuperato (courtesy IK0HIT) dal trasmettitore militare T-368, vedi <http://r-390a.us/T368.htm>, che utilizza una 4-400A nello stadio finale. Il VFO, che risulta quindi largamente sovradimensionato per pilotare una 829B, utilizza:

- un PTO Collins, con due 6BA6, il quale lavora nel campo di frequenza 1.5 MHz-3 MHz
- tre stadi moltiplicatori (6AH6) che generano rispettivamente le bande 3 MHz-6 MHz, 6 MHz-12 MHz e 12 MHz-24 MHz
- uno stadio amplificatore di potenza che utilizza un robusto (e piuttosto raro) pentodo tipo 6000 alimentato con 450V di placca

Per poter operare anche in 10 metri ho effettuato una modifica intesa a fare in modo che, quando la bobina del Pi-greco si trovi in posizione 28 MHz., la bobina di placca della 6000 viene de-sintonizzata e portata a risuonare sui 10 metri. In tal modo la 6000 viene portata a duplicare il segnale a 14 MHz invece che a semplicemente amplificarlo.

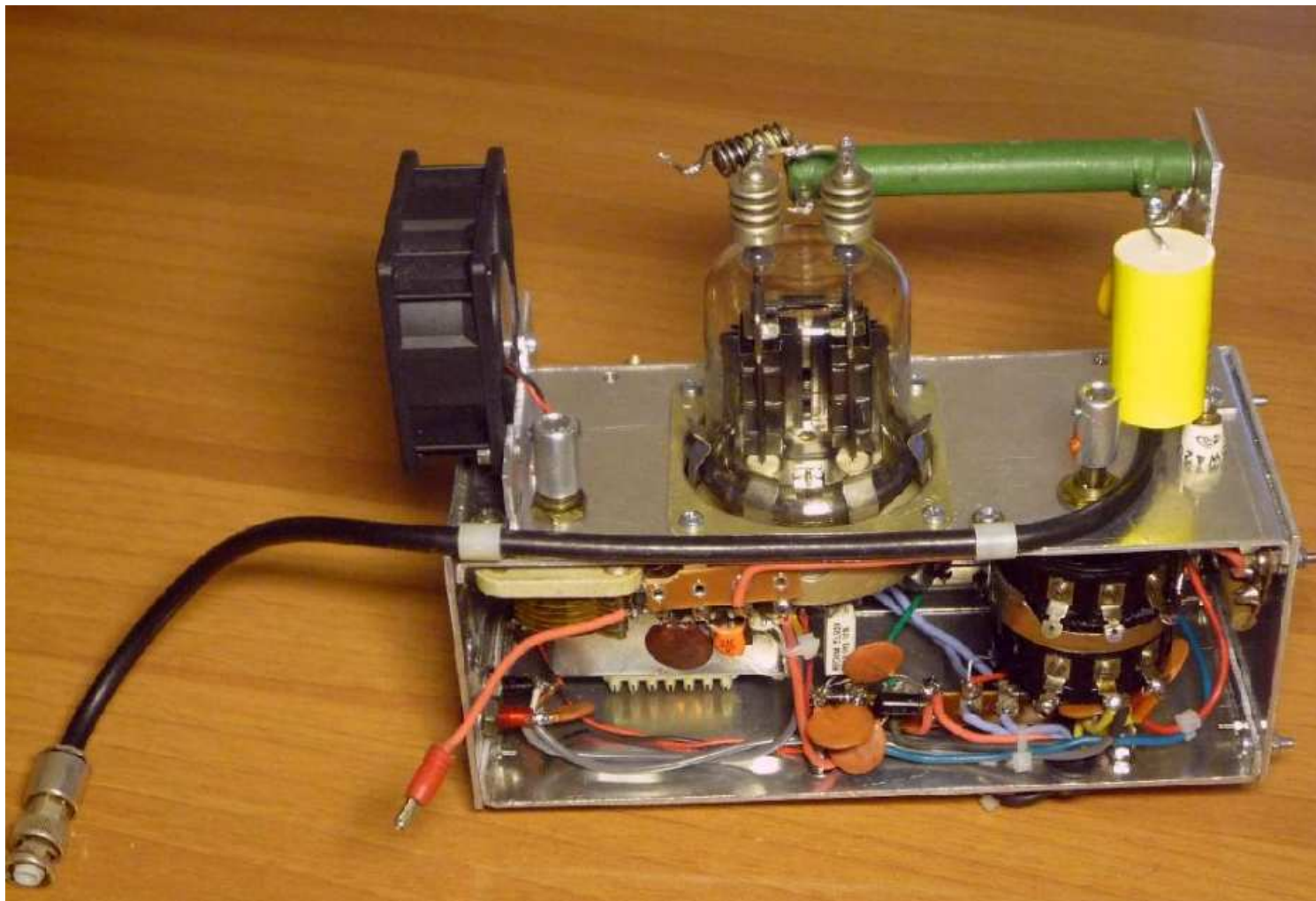
Nell'immagini sottostanti si possono apprezzare alcuni particolari del VFO, quali:

- il sistema di sintonia che tiene in passo i vari stadi moltiplicatori impiega un telaio che va su e giù al variare della frequenza (mosso da un sistema di camme, tipo ricevitore R-390 per intenderci) che trascina con sè i nuclei delle bobine di accordo
- il sistema di lettura digitale (meccanica) della frequenza, con quattro contatori separati, uno solo dei quali risulta visibile in funzione della banda selezionata.





I particolari del modulo RF sono visibili nell'immagine sottostante.



Sulla destra si vede il potenziometro a filo che regola la tensione di griglia schermo dello stadio pilota (6000), mentre sulla sinistra si osserva il condensatore variabile di sintonia della griglia della 829B. Più sotto l'impedenza di filtro da 20H posta sulla griglia schermo della 829B, la quale provoca la modulazione automatica di detta griglia (come discusso nel seguito).

Il pannello anteriore (smontato) è mostrato nell'immagine che segue.



Sulla parte di destra si possono osservare i tre controlli del Pi-greco (condensatori variabili e commutazione bobina), i due comandi del VFO (banda e frequenza), la sintonia di griglia dello stadio finale e la regolazione di potenza dello stadio pilota (entrambi mostrati senza le relative manopole).

Sulla parte di sinistra troviamo l'interruttore generale di rete, il deviatore a tre posizioni ricezione - trasmissione - spot, il commutatore AM - CW - CW break-in, il commutatore dello strumento a sei posizioni (tensione e corrente anodica dello stadio finale, potenza RF diretta e riflessa, indicatore di sovramodulazione e corrente di griglia dello stadio finale), l'ingresso microfónico (con jack Geloso) ed infine i tre controlli del modulatore (volume, toni alti, toni bassi) anch'essi mostrati senza le relative manopole.

L'immagine che segue mostra il pannello posteriore ove, oltre ai connettori di antenna (uscita RF e ingresso ricevitore, commutati tramite relè coassiale), sono presenti i comandi di stand-by del ricevitore e di un'eventuale amplificatore di potenza esterno, il jack del CW, la regolazione del ritardo del CW break-in, il comando del PTT a pedale, l'alimentazione a 12V per un dispositivo esterno (ad es. un compressore di modulazione), l'ingresso rete con filtro incorporato e una buona dotazione di fusibili (9 in totale).



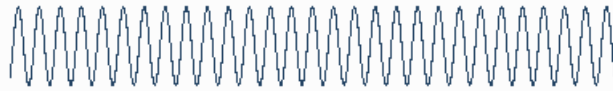
ASPETTI TECNICI

Potenze

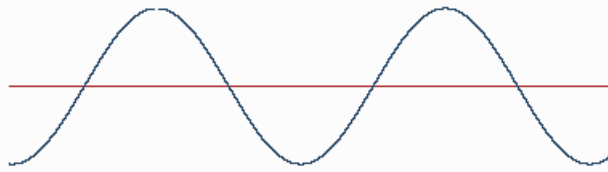
Nella figura seguente si osservino:

- l'onda portante a radiofrequenza
- l'onda modulante di bassa frequenza (qui supposta essere puramente sinusoidale)
- l'onda modulata con modulazione al 100% (come risulta dal fatto che, in corrispondenza ai picchi negativi della modulante, l'ampiezza della portante scende a zero).

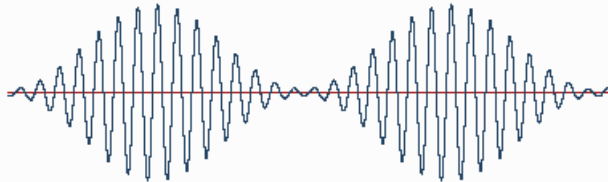
Onda portante



Modulante



Onda modulata



Nelle sopra menzionate ipotesi:

- l'ampiezza dell'onda modulata varia tra zero ed il doppio di quella dell'onda non modulata. Il valore medio dell'ampiezza rimane però inalterato (ovvero i picchi positivi compensano i picchi negativi), e ciò spiega perchè, in un trasmettitore dotato di una modulazione lineare, in presenza di modulazione non si osservano variazioni nelle misure di tensione e di corrente
- la potenza istantanea dell'onda modulata oscilla invece tra zero e un valore pari al quattro volte quello dell'onda non modulata (ovvero il cosiddetto valore PEP). Questo perchè la potenza è legata al quadrato della tensione e quindi, ad un raddoppio della tensione, corrisponde un incremento di quattro volte della potenza. In presenza di modulazione la potenza media cresce del 50%, (rispetto alla potenza media dell'onda non modulata) e detto incremento si ripartisce equamente sulle due bande laterali (le quali portano quindi ciascuna il 25% della potenza media della portante). E' interessante osservare come detto incremento del 50% venga solamente indicato da wattmetri basati su misure termiche (bolometri), ma non dai normali wattmetri, i quali determinano la potenza media sulla base di misure di tensione e di corrente (il cui valor medio, come prima detto, non varia in presenza di modulazione).

Ciò premesso esaminiamo la differenza tra un trasmettitore "vera AM" e un trasmettitore AM moderno, assumendo in entrambi i casi una potenza di 100W nominali:

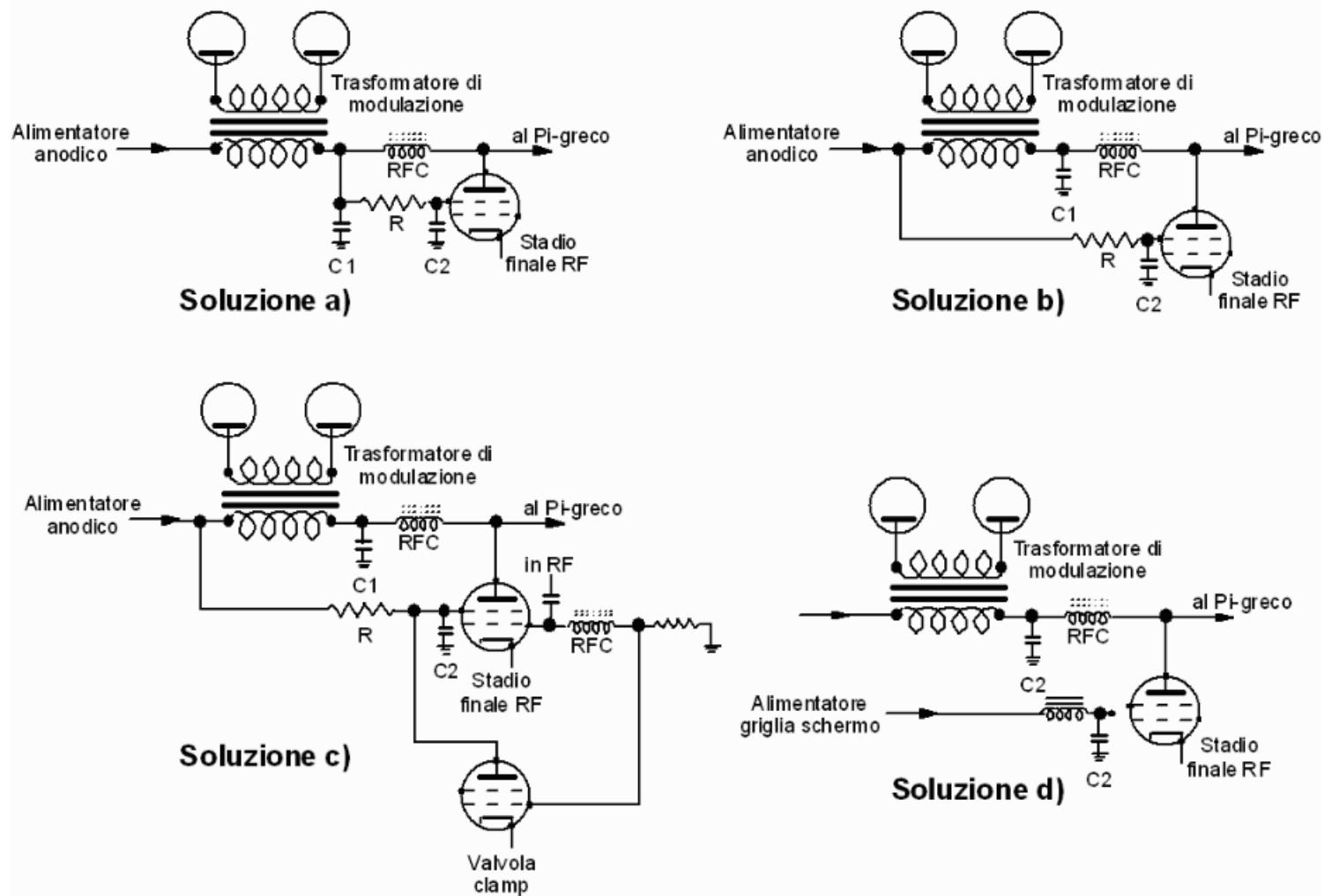
- nel trasmettitore "vera AM" la portante ha, in assenza di modulazione, una potenza di 100W. In presenza di modulazione sinusoidale al 100%, la potenza media sale a 150W e quella di picco a 400W. Tale incremento di potenza viene fornito dal modulatore, il quale deve essere dimensionato per erogare circa 70W di potenza media BF (assumendo che il rendimento dello stadio finale operante in classe C sia circa il 70%)
- in un trasmettitore moderno da 100W non sarebbe corretto trasmettere la portante al livello di 100W in quanto, in presenza di modulazione, non vi sarebbe modo di ottenere il necessario aumento di potenza (a 150W come potenza media ed a 400W come potenza di picco). Il modo corretto di operare è allora quello di ridurre la potenza della portante a 25W, così che la potenza di picco rientri nei 100W che il trasmettitore è in grado di erogare.

Tecnica di modulazione

La modulazione dello stadio finale viene in pratica effettuata sommando alla tensione continua anodica la tensione microfonica di BF opportunamente amplificata. In pratica ciò si ottiene ponendo il secondario del trasformatore di modulazione in serie con l'alimentazione anodica.

Quando lo stadio finale sia un pentodo (od un tetrodo a fascio), la sola modulazione della tensione di placca non sarebbe sufficiente a raggiungere un'elevata percentuale di modulazione. Questo perchè la risposta corrente / tensione dei pentodi è tipicamente abbastanza piatta, per cui variando la tensione anodica si otterrebbe solo un moderato aumento della corrente. Questo fatto comporta che, ad un raddoppio della tensione non corrisponda un aumento di quattro volte della potenza, come invece dovrebbe essere per poter ottenere una modulazione del 100%.

Onde ovviare a questo inconveniente la pratica è quella di modulare non solo la placca ma anche la griglia schermo G_2 . Nella figura seguente vengono mostrate quattro soluzioni per effettuare la modulazione di placca e griglia schermo.



Nella soluzione a), quella più nota, la griglia schermo G_2 viene alimentata, tramite una resistenza R , dallo stesso alimentatore anodico che alimenta la placca. Poichè detta resistenza si trova a valle del trasformatore di modulazione, anche la griglia schermo viene coinvolta nel processo di modulazione. Da rilevare come i condensatori di by-pass C_1 e C_2 non debbano avere un valore superiore a circa di 2 nF, onde evitare un taglio delle frequenze alte dello spettro modulante.

Consultando degli autorevoli testi al riguardo ho però appreso, con una certa sorpresa, come la soluzione a) non sia in realtà corretta e debba essere invece utilizzata la soluzione b) la quale differisce dalla a) per il solo fatto che la resistenza della G_2 è collegata a monte del trasformatore di modulazione. Infatti la modulazione della G_2 avviene comunque in modo automatico in quanto, nei momenti in cui la tensione di placca cresce, la corrente della G_2 tende naturalmente a diminuire e la sua tensione quindi tende a salire (il contrario nei momenti in cui la tensione di placca scende). Si ottiene così un fenomeno di "self-modulation" della G_2 .

La soluzione b) presenta comunque degli inconvenienti legati al fatto che nei periodi in cui la G_2 non assorbe corrente (ovvero mentre si è in ricezione o durante le pause punto-punto o punto-linea del CW) la sua tensione tende fortemente a salire, raggiungendo potenzialmente dei valori troppo elevati.

Per ovviare a questo inconveniente è stata ideata la soluzione c), la quale differisce dalla b) per la presenza di una valvola aggiuntiva, denominata "clamp", connessa in modo tale da assorbire corrente dalla resistenza R nei momenti in cui non sia presente del pilotaggio RF allo stadio finale, cioè proprio nei momenti in cui la G_2 non assorbe corrente. In tal modo si realizza una stabilizzazione automatica della tensione di G_2 .

Qualora si desideri invece svincolare totalmente la tensione di G_2 da quella di placca, è possibile adottare la soluzione d), nella quale la G_2 è alimentata da un proprio e distinto alimentatore a tensione notevolmente più bassa di quello di placca. In serie al circuito di G_2 va allora posta un'induttanza di elevato valore (intorno ai 15 - 20 H), la cui funzione è quella di permettere

l'oscillazione dinamica della tensione di G_2 (a frequenze audio) così da realizzare la "self-modulation" di cui si è parlato relativamente alla soluzione b).

Nel mio caso ho preferito adottare la soluzione d) ed ho potuto con piacere riscontrare come con tale metodo sia ottenibile una percentuale di modulazione molto vicina al 100%.

Resistenza di griglia controllo (G_1)

La griglia controllo (G_1) di uno stadio operante in classe C è per definizione polarizzata da una tensione negativa (bias) che tiene la valvola ben interdetta. Perché si possa poi attuare il vantaggio di efficienza proprio degli stadi in classe C è necessario che sulla G_1 venga applicato un segnale RF di pilotaggio il cui livello sia tale non solo da sovrastare il bias, portando così la valvola in conduzione, ma anche da rendere la G_1 positiva rispetto al catodo, in modo che scorra della corrente nella G_1 .

La necessaria tensione di bias può essere semplicemente ottenuta ponendo una resistenza detta "di autopolarizzazione" tra G_1 e massa, il cui valore può essere facilmente determinato tramite la legge di Ohm (la tensione di bias e la corrente di griglia sono usualmente dichiarate nelle specifiche delle condizioni operative delle valvole operanti in classe C).

Tale soluzione è quella normalmente adottata nei vecchi trasmettitori AM, in quanto permette di evitare la realizzazione di un apposito alimentatore per produrre la tensione di bias. Il suo principale difetto è che, nei periodi di assenza del pilotaggio RF (ad es. durante la ricezione), in assenza di contromisure la corrente di placca diverrebbe elevatissima, con conseguente distruzione della valvola in tempi brevi. Va peraltro anche tenuto conto come la condizione di mancanza di pilotaggio RF si manifesti anche in CW a tasto alzato.

La soluzione alternativa, da me adottata, è quella della polarizzazione mista, ovvero quella in cui il bias è in parte fisso (generato da un apposito alimentatore) ed in parte variabile (pari alla caduta di tensione sulla resistenza di G_1 a causa della corrente che la attraversa in presenza di pilotaggio RF). La parte fissa del bias viene usualmente determinata in modo tale che la corrente di placca dello stadio finale, in assenza di pilotaggio, risulti modesta, e tale da non rappresentare comunque pericolo per la valvola (nel mio caso -33V, così da ottenere qualche mA di corrente anodica).

Anche con la polarizzazione mista la resistenza di G_1 va calcolata con la legge di Ohm, dopo aver però sottratto dal valore di bias desiderato il bias fisso applicato. A questo proposito va osservato come la resistenza interna dell'alimentatore del bias fisso vada implicitamente a sommarsi con la resistenza posta sulla G_1 ; pertanto, per semplicità di calcolo, converrà progettare l'alimentatore del bias fisso in maniera tale che la sua resistenza interna sia virtualmente pari a zero (ad esempio adottando una stabilizzazione a diodo Zener).

Controllo tensioni

Nei trasmettitori AM occorre tipicamente disporre di varie e diverse tensioni per:

- l'oscillatore del VFO (usualmente stabilizzata)
- stadi amplificatori / moltiplicatori del VFO
- placca, griglia controllo (G_1) e griglia schermo (G_2) dello stadio pilota
- placca, griglia controllo (G_1) e griglia schermo (G_2) dello stadio finale

Nei trasmettitori di altri tempi non era facile produrre tutte queste tensioni e variarle individualmente in funzione della condizione operativa, ovvero trasmissione, ricezione e spot (per isoonda).

Non era inoltre facilissimo gestire le alte tensioni, per cui si preferiva spesso agire sui primari dei trasformatori di alimentazione; ad es., quando si passava in ricezione, si sconnettevano semplicemente i primari dalla rete togliendo così l'alta tensione agli stadi.

Al tempo d'oggi queste difficoltà non esistono più ed inoltre, essendo disponibili transistor che possono lavorare a tensioni elevate, le varie tensioni possono essere agevolmente controllate e variate secondo necessità senza dover portare le alte tensioni sul pannello frontale o utilizzare dei relè meccanici.

Nella seguente tabella è mostrato come, nel mio trasmettitore, vengano gestite (interamente a stato solido) le varie tensioni in funzione delle condizioni operative. Da rilevare come le tensioni più elevate non risultino commutate.

	Ricezione	Trasmissione AM	Trasmissione CW a tasto alzato	Trasmissione CW a tasto abbassato	Spot (per isoonda)
Oscillatore VFO	+150V	+150V	+150V	+150V	+150V
Stadi a basso livello del VFO	0V	+200V	0V	+200V	+200V
Placca stadio pilota	+450V	+450V	+450V	+450V	+450V
G ₁ stadio pilota	0V	circa -7V (*)	0V	circa -7V (*)	circa -7V (*)
G ₂ stadio pilota	0V	+30V / + 200V (**)	0V	+30V / + 200V (**)	+30V / + 200V (**)
Placca stadio finale	+750V	+750V	+750V	+750V	+750V
G ₁ stadio finale	-33V	-33V / -50V (***)	-33V	-33V / -50V (***)	-33V / -50V (***)
G ₂ stadio finale	-25V	+200V	+200V	+200V	circa 0V (****)
Relè d'antenna	Disattivato	Attivato	Attivato	Attivato	Disattivato
Alimentazione modulatore (rete 230V)	Presente in AM	Presente	Non presente	Non presente	Presente in AM
Secondario trasformatore di modulazione	Cortocircuitato	Inserito	Cortocircuitato	Cortocircuitato	Cortocircuitato

(*) ottenuta per autopolarizzazione su resistenza di G₁ dello stadio pilota

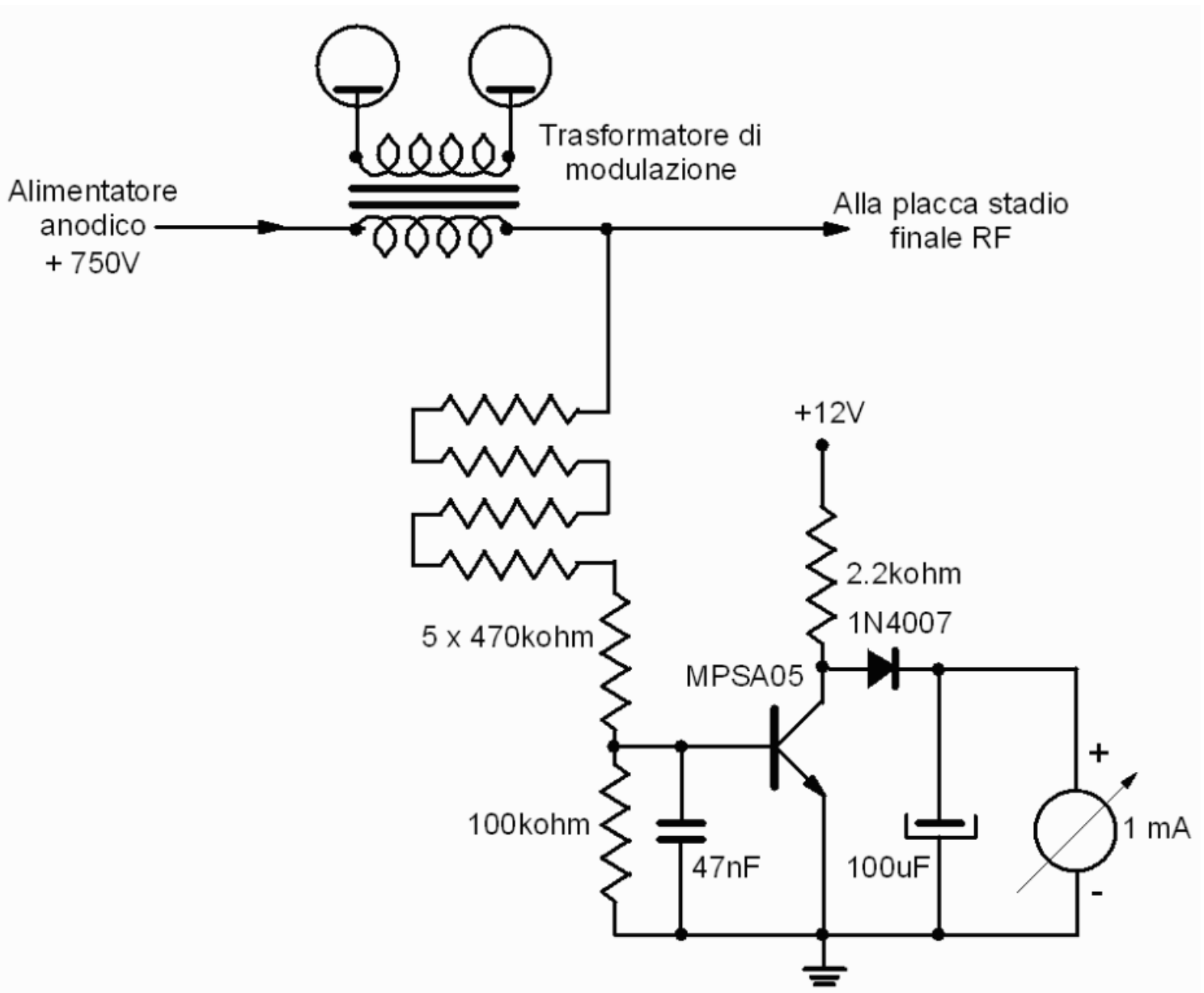
(**) variabile tramite potenziometro posto su pannello frontale (controllo potenza di pilotaggio)

(***) la tensione aumenta per autopolarizzazione su resistenza di G₁ dello stadio finale

(****) valore regolabile in modo semifisso per ottenere il livello di spot appropriato

Controllo di percentuale di modulazione

Nell'operare un trasmettitore AM è buona norma evitare il raggiungimento di percentuali di modulazione superiori al 100%. Per ottenere ciò si potrà utilizzare un normale compressore audio che, al contrario dell'SSB, in AM funziona bene. Rimane comunque il problema di regolare l'uscita del compressore ad un livello tale da non comportare sovr modulazione. Allo scopo ho dotato il mio trasmettitore di un circuito il quale immediatamente segnala, su di uno strumento, quando si stia superando la modulazione del 100%. Detto circuito è mostrato nella figura sottostante.



Il principio su cui si basa il circuito è che, quando si raggiunge la modulazione del 100%, nei picchi negativi la tensione di alimentazione dello stadio finale va a zero. Quando ciò accade, il transistor smette di condurre e lo strumento fornisce quindi un'indicazione.

Misura della corrente di placca

Per misurare la corrente di placca dello stadio finale non esistono, nel mio caso, delle soluzioni semplici. Infatti:

- porre uno strumento in serie con la linea dell'anodica (come si faceva nei trasmettitori di una volta) non è chiaramente raccomandabile a causa dell'elevata tensione presente sullo strumento, ed anche per le conseguenti difficoltà a commutare lo strumento tra diverse misurazioni
- porre lo strumento sul lato negativo dell'alimentatore anodico non è possibile, in quanto detto alimentatore è parzialmente comune con quello degli altri servizi (VFO, griglia schermo, ...)
- porre lo strumento sul catodo dello stadio finale non è raccomandabile, in quanto misurerebbe, oltre alla corrente di placca, anche quella di griglia controllo e di griglia schermo.

Ho preferito allora utilizzare una soluzione moderna, cioè quella di impiegare un dispositivo ad effetto Hall che è in grado di misurare correnti continue senza alcun collegamento galvanico con la linea nella quale fluisce la corrente. Si tratta della stessa tipologia di dispositivi utilizzati nelle più recenti pinze amperometriche, le quali misurano non solo le correnti alternate ma anche quelle continue.

Nella figura sottostante è mostrato il dispositivo da me prescelto il quale consente, insieme ad un normale strumento ad indice da 1 mA, di misurare correnti continue con il valore di fondo scala desiderato (nel mio caso ho scelto il modello che prevede un fondo scala massimo di 500 mA). Il dispositivo offre una scala altamente lineare (scostamento massimo dalla linearità pari

all'1%)..



Nella pratica basterà far transitare il filo che porta la corrente da misurare attraverso il foro, e la misura risulterà essere del tutto indipendente dalla traiettoria del filo, come pure non influenzata da campi magnetici che eventualmente si trovino nelle immediate vicinanze.

Return to the [IOJX home page](#)