

Antenna sottovetro

Ovvero antenna attiva, per sola ricezione, sensibile al campo elettrico, in contrapposizione alla più diffusa antenna magnetica

Il concetto è semplice, le antenne che noi tutti abbiamo sempre utilizzato sono antenne accordate, sintonizzate quindi su uno o più frequenze specifiche stabilite dalle dimensioni e dal tipo di antenna.

Qui un esempio:

<https://www.youtube.com/watch?v=Nv3QW41KV54>

Da questa normalità si differenziano da un lato le antenne magnetiche e le EH, che al momento non ci riguardano.

Vediamo in due righe le antenne magnetiche, le abbiamo utilizzate tutti nelle vecchie radioline per onde medie, si tratta di un circuito accordato formato da una bobina avvolta di solito su una bacchetta di ferrite e un condensatore variabile che rappresenta il comando di sintonia. In campo amatoriale sono ben rappresentate dai loop. Cerchi di uno o due metri di diametro con il comando motorizzato del condensatore variabile per sintonizzare l'antenna dalla stazione.

In ambito professionale antenne di questo tipo sono, meglio erano, utilizzate per la ricezione dei radiofari, data la spiccata direttività, questa caratteristica insieme alla sintonia la rendono poco adatta all'uso esterno.



Foto 1 – L'opera terminata

Dal lato opposto troviamo le antenne elettriche, che hanno caratteristiche particolari e interessanti. Al contrario delle sorelle magnetiche sono sensibili alla componente elettrica del campo elettromagnetico, e qui emerge una caratteristica interessante! L'antenna elettrica si comporta come un generatore di tensione e tra i parametri del generatore non figura la frequenza... ovvero una antenna elettrica ha un rendimento che è indipendente dalla frequenza di uso. Per contro ha una impedenza virtualmente infinita.

Vediamo cosa significano queste due ultime affermazioni.

Il rendimento dell'antenna non dipende dalla frequenza, dunque una antenna minuscola funziona ugualmente bene un'onda lunga come in VHF... sembra impossibile che una

antenna possa funzionare bene su una banda di frequenze così ampia, non dimentichiamoci però che stiamo parlando di antenne *per sola ricezione!*

La tensione disponibile ai capi dell'antenna è funzione della sua dimensione, non della frequenza. Per contro abbiamo appena detto che la sua impedenza è molto alta, e questo è un problema, perché tutti i nostri ricevitori hanno l'impedenza di antenna normalizzata a 50 ohm, impedenza su cui possiamo giocare utilizzando balun, ovvero trasformatori di impedenza in grado di portare i nostri 50 ohm a 200, 300 o 450 ohm, molti, ma ancora drammaticamente pochi. Per la nostra antenna elettrica il carico del ricevitore, anche provvisto di balun, corrisponde a un cortocircuito e la tensione disponibile scende praticamente a zero.

La soluzione è un FET la cui impedenza di ingresso elevatissima sembra fatta apposta per i nostri scopi. Se riuscissimo a caricare l'antenna con una impedenza infinita avremmo una antenna con una larghezza di banda infinita, ovviamente così non è, e dobbiamo fare i conti con alcuni parametri non voluti, ma di cui non ci possiamo certamente liberare completamente.

Affinchè il tutto funzioni abbiamo bisogno di un segnale non eccessivo, dunque il "sensore" dell'antenna sarà formato da un piccolo barattolo autocostruito avvolgendo su se stesso un ritaglio di lamierino (o carta spagna) di 16 x 3 - 4 cm. Ne otteniamo un tubo il cui diametro è pari a 5 cm per i citati 3 - 4 cm di altezza. In realtà qualsiasi forma è adatta allo scopo, è comunque bene non eccedere nelle dimensioni e rimanere entro dimensioni di una comune lattina da bibita. Nei prototipi un cilindro alto 8 cm forniva già un segnale in grado di saturare il ricevitore dagli 80 metri in giù.

Foto 2 – La materia prima

Il nostro generatore di tensione formato dal sensore appena citato è "caricato" con il gate del FET e ha quali elementi parassiti la capacità del barattolo rispetto a terra e la capacità del gate rispetto al source, e quindi rispetto a massa. Questi due valori, sommati alle capacità parassite del circuito costituiscono il limite alto di funzionamento

dell'antenna.

Il limite basso è molto più banalmente condizionato dai componenti che andremo ad utilizzare e dalla componente induttiva del sensore, e questa è un'altra ragione per cui questo deve essere piccolo, corto e tozzo. Uno stilo "normalmente lungo" avrebbe una induttanza parassita che ne limiterebbe il funzionamento alle frequenze estremamente basse, inoltre avrebbe una propria frequenza di risonanza "normale" vale a dire a quella frequenza in cui la sua lunghezza ne rappresenta il $\frac{1}{4}$ d'onda.

Molto bene, abbiamo un sensore che fornisce ai suoi morsetti una tensione corrispondente al segnale ricevuto e quasi indipendente dalla frequenza, ma con una impedenza esageratamente alta, un Fet che abbassa questa impedenza a valori più gestibili. Sembra che il nostro progetto possa davvero funzionare, anche se non abbiamo risolto tutti i



problemi. L'antenna è sensibile alla componente elettrica del campo elettromagnetico, dunque i disturbi di natura elettrica sono tranquillamente ricevuti dal nostro sistema, questo è uno dei motivi per cui è bene utilizzare l'antenna in zone "elettricamente tranquille". Stiliamo dunque alcune norme di utilizzo, giusto per valutare il sistema avendo cura di evitare installazioni sbagliate che farebbero mal interpretare i risultato che avremo ottenuto.

L'antenna andrà posta all'esterno, dunque non è una antenna amplificata da interno, sebbene in queste condizioni funzioni meglio di tante altre soluzioni.

Essendo sensibile al campo elettrico è bene posizionarla lontano da strutture metalliche, anche il palo che la sostiene dovrebbe essere isolante, andrà posta ad una altezza ragionevole da terra, o dal piano del tetto (ancora di più se è in metallo), diciamo tre o quattro metri.

Potendo il suo utilizzo è più vantaggioso in campagna, ovvero lontano dal caos elettrico cittadino, su questo punto a meno di non traslocare ci si accontenta...

E se non seguo tutte queste linee guida cosa succede? Nulla. Con il prototipo ho ricevuto, 10 minuti dopo averlo terminato, un qso in 160 metri e due o tre in 80 metri, con l'antenna posta all'interno di casa, al piano terra, in città. Peggio di così. Nei giorni successivi sono stati ascoltati OM della zona 8, veneti, sloveni, gli immancabili russi, qualche polacco. Ascolti modesti certo, ma che mai avrei pensato di poter effettuare con un barattolo appoggiato sul tavolo.

Cosa ci si può aspettare da un barattolo di pochi centimetri? Più di quanto si potrebbe pensare, se correttamente installato rende meno di un dipolo accordato, alcuni dB in meno, è molto meno rumoroso di "un pezzo di filo" e l'ascolto può spesso essere più gradevole con il barattolino che con una antenna classica.

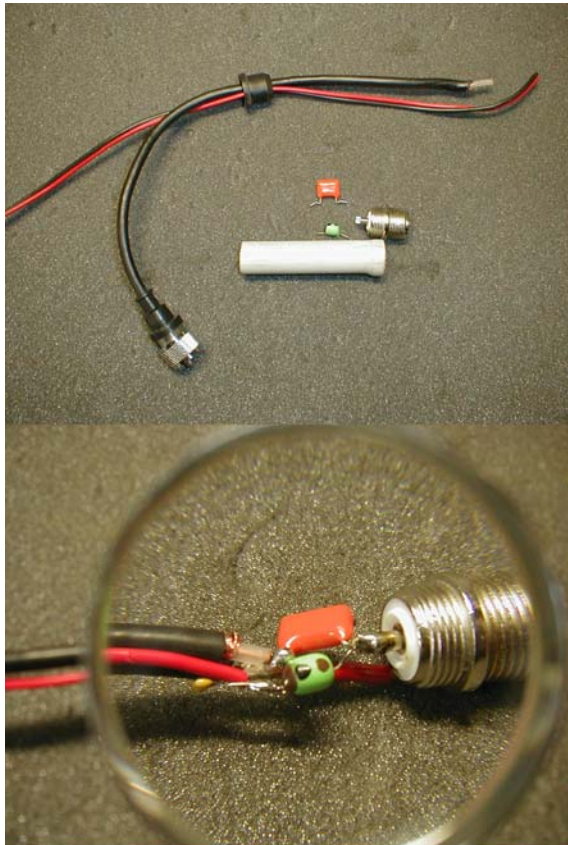
La seconda serie di prove sono state eseguite con il barattolo montato sul tetto, ad altezza piuttosto modesta in verità, circa 1 metro e $\frac{1}{2}$... il risultato è stato un lobo molto alto che permetteva ascolti in 40 e 80 metri di stazioni straordinariamente vicine, similmente a quanto ci si può aspettare da un dipolo montato molto basso o da un antenna in configurazione Nvis; in 20 metri la situazione era più normale. Dunque per un utilizzo normale è *necessario* che l'altezza dal tetto sia rispettata

Sebbene in mezzo a molto rumore era perfettamente ricevibile anche DCF77, la stazione tedesca di tempo e frequenza campione a 77 KHz. Riducendo le dimensioni del sensore la situazione migliora nettamente sulle gamme più basse.

La differenza massima durante le prove tra il barattolo posto all'esterno e le due antenne di paragone, nel particolare una filare di circa 20 metri e un fan dipole multi banda, è stata sempre meno di due punti sullo Smeter, non male per 15 cm di barattolo!!

I due stadi sono entrambi amplificatori di corrente, non di tensione, ovvero abbassano l'impedenza di uscita. Il guadagno in tensione è pari a uno, o poco meno.

La configurazione dei due stadi è a collettore, o drain, comune. E' infatti il collettore del transistor, e il drain per il fet, a essere collegati direttamente all'alimentazione, l'uscita è prelevata sull'emettitore, sul source per il fet, dove l'impedenza di uscita è molto vicina al valore della resistenza che va verso massa.



I valori di corrente che scorre nei due componenti attivi è molto alta rispetto a quanto ci si potrebbe aspettare in un preamplificatore. La corrente di drain del fet è pari a circa 10 mA, mentre la corrente di collettore del transistor è di 50 mA. E' questo che permette all'antenna di funzionare in modo ragionevole, malgrado alla sua uscita siano presenti contemporaneamente segnali estremamente forti, tra cui quelli in gamma FM, 88-108 MHz, e segnali molto deboli quali i segnali nelle gamme basse.

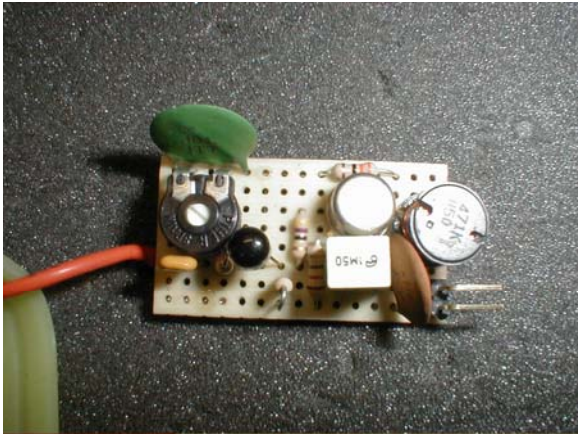
Foto 3 – l'alimentazione tramite il coassiale

L'alimentazione può essere fornita normalmente, oppure è possibile sfruttare il cavo coassiale della discesa in modo assolutamente analogo a quanto viene fatto di solito con gli amplificatori per le antenne TV. Si tratta di disaccoppiare il segnale RF con due condensatori, tenendo la corrente continua lontano dal pre e dal ricevitore. L'alimentazione è invece separata dal segnale da due impedenze. Il sistema è collaudato,

funziona perfettamente e non comporta alcun rischio per il ricevitore.

Le due impedenze di blocco per la RF dovranno essere dimensionate per la frequenza che ci interessa ascoltare, dunque il loro valore aumenterà con il diminuire della frequenza più bassa che intendiamo utilizzare.

E' molto importante che l'alimentazione sia ben filtrata, sia dall'alimentatore, che dovrà essere di ottima qualità e preferibilmente dedicato all'antenna, sia dalla presenza di R8, C2 e C3. Come è visibile nelle foto il prototipo della sezione di alimentazione è molto più spartano dello schema elettrico definitivo. Il fusibile è necessario, così come lo è la resistenza da 10 ohm, si tratta di protezioni che intervengono solo nel caso di problemi alla discesa e che tipicamente non avranno mai occasione di intervenire.



Per questi pochi componenti ho dapprima utilizzato il contenitore di un vecchio rosmetro in 27 (guasto), poi qualche centimetro di tubo in PVC diametro 16 mm, qualsiasi soluzione è adatta, basta avere un supporto per il connettore verso la discesa e qualche decina di centimetri di cavo coassiale con il connettore adatto al nostro ricevitore.

Le realizzazioni pratiche

Foto 4 – I due amplificatori montati

L'intera realizzazione è portata avanti in funzione della frequenza in cui verrà utilizzata. Se il nostro scopo è ascoltare le frequenze estremamente basse, questo tipo di antenna è molto in voga tra chi ascolta le emissioni naturali a frequenze bassissime, anche sotto i 20 KHz, è necessario attenuare i segnali più potenti, dunque elimineremo i segnali a frequenza più alta inserendo una impedenza tra il sensore e il fet, per contro i condensatori di disaccoppiamento sull'alimentazione saranno

più alti possibile e rigorosamente ceramici. Anche se in questo caso la linea di alimentazione separata sarebbe da preferire. In questo caso le capacità parassite verso massa potrebbero darci una mano a attenuare ulteriormente i segnali a frequenza più alta. Ecco che la capacità parassita del gate del fet è poco importante e un esemplare con alcune decine di pF potrebbe andare ugualmente bene. Anche il transistor potrebbe fermarsi a frequenze più basse e anche un sempreverde 2N1711 potrebbe fare il caso nostro.

Al contrario se non siamo interessati a un ascolto così esasperato verso il basso, ma non vogliamo neppure perdere le gamme amatoriali più alte, dobbiamo prestare maggior attenzione ai componenti utilizzati.

Ecco quindi che la capacità del gate assume un ruolo determinante, deve necessariamente essere più bassa possibile, alcune unità sono un valore accettabile e permettono in funzionamento fino alla soglia delle VHF. L'uso di una antenna piccola è evidentemente vantaggioso per le gamme più basse, l'ascolto in VHF può essere effettuato con un banalissimo quartino d'onda, costa meno e non ha bisogno di alimentazione.

Ecco dunque una vasta scelta di componenti attivi, per il fet dal J310 utilizzato dal collega olandese al BF244 che ho utilizzato io, passando per il 2N7000 utilizzato da Pino Ik1jns (che limita il funzionamento sotto i 10 Mhz). Datasheet alla mano scegliamo quanto offre il cassetto, dobbiamo scegliere esemplari che abbiano una bassa capacità di gate (1 o 2 pF), una sufficiente corrente di drain (il fet lavora a 10 mA circa dunque abbiamo bisogno di componenti che ne sopportino almeno il doppio) e con una frequenza di lavoro adeguata, almeno 200 MHz.

La scelta del transistor è meno critica, se non dobbiamo salire troppo di frequenza un esemplare di media potenza andrà bene, se invece intendiamo coprire tutte le HF, magari salendo un poco oltre, la nostra scelta dovrà cadere su transistor per RF, quelli che utilizzeremo come pilota. La corrente di riposo è relativamente elevata (50 mA), e il

transistor dissipa poco meno di $\frac{1}{2}$ W. Un esemplare in TO5 non richiede alcun dissipatore, ma diventa già sensibilmente caldo, un esemplare in un altro contenitore potrebbe richiedere un piccolo dissipatore.

La frequenza di lavoro deve essere piuttosto alta, IK2P11 consiglia un BFR96 (5GHz, 150 mA), rimanendo tra componenti più comuni andiamo dal 2N4427 che ho utilizzato io, al 2N3866 (suo diretto equivalente, 500 MHz, 400 mA), 2N3948 (700MHz 400 mA), fino al 2N5109 utilizzato dal collega olandese (1200 MHz, 400mA), 2N1711 (70 MHz 600mA) o un BD135 (50 MHz 1 A), se l'utilizzo è sotto i 40 metri.



Il transistor deve essere “duro” ovvero deve amplificare poco, questo limita i problemi di intermodulazione che affliggono da sempre le antenne attive. E' dunque preferibile un esemplare in grado di lavorare su frequenze più alte, ma con meno guadagno. Nel caso potrebbe essere necessario aumentare il valore della resistenza di base R5.

Foto 5 – I due prototipi prima della chiusura

Scelti i componenti è necessario reperire un contenitore in cui alloggiarlo, il primo prototipo abita in un contenitore in plastica per salviette, il secondo in un vasetto in vetro della marmellata. La scelta, oltre che dalla disponibilità, è dettata anche dall'uso che faremo della nostra antenna, un utilizzo saltuario, in portatile o comunque non fisso potrà impiegare qualsiasi contenitore di fortuna, anche una bottiglietta del succo di frutta o dello yogurt, quelle con il collo largo. Se la nostra intenzione è per un montaggio fisso, sul tetto dove sarà esposta al sole e a ogni altra

cosa che cade dal cielo, allora un contenitore dovrà essere più robusto e non patire la luce del sole a cui molte materie plastiche sono sensibili.

PA0RDT lo ha collocato in un pezzetto di tubo da impianti, quelli in PVC, diametro 30 mm circa, il circuito lo ha realizzato su un ritaglio di vetronite, assemblando i componenti “a pulce morta”, ovvero in aria, sfruttando il sostegno fornito dai componenti collegati a massa. Se desideriamo che la nostra antenna funzioni più in alto possibile è necessario evitare qualsiasi capacità verso massa, dunque l'utilizzo di piazzole incollate “stile Manhattan” non è consigliabile. Il sensore originale è un ritaglio di vetronite 30 x 45 mm.

Io ho utilizzato il solito ritaglio di millefori, rettangolare nel primo esemplare e rotondo, sagomato sul coperchio del vasetto, per il secondo esemplare.

Se rimaniamo nell'ambito delle HF il supporto e la forma non ha molta importanza, se intendiamo salire di frequenza dovremo impiegare supporti adatti e bandire l'uso della bakelite.

Lo schema lo abbiamo già visto, le molte versioni si differenziano in due sole cose, il partitore di tensione che polarizza il gate può essere realizzato con un trimmer, soluzione comoda, ma che potrebbe con il tempo dar dei problemi; oppure fissa, realizzata con alcune resistenze fisse e “tarato” in fase di montaggio. La seconda differenza è l'accoppiamento tra i due stadi, in continua oppure tramite condensatore. In questo caso oltre a introdurre una nuova capacità sul percorso del segnale, abbiamo la polarizzazione

del transistor su cui è necessario intervenire per avere la metà della tensione di alimentazione sull'emettitore.

A questo proposito è bene ripetersi, è molto importante, insieme alle capacità parassite che limitano l'uso verso l'alto, il punto di lavoro del fet e del transistor. Sono i due elementi che ci permettono di utilizzare quello che sarebbe solitamente nulla più che una fonte di rumore derivata dall'intermodulazione. Per questo che sull'emettitore del transistor deve esserci una tensione quanto più possibile vicina alla metà della tensione di alimentazione. Se i due stadi sono accoppiati in continua la tensione presente sul source del fet sarà più alta di circa 0,6 V, se i due stadi sono disaccoppiati dal condensatore allora sarà necessario controllare che entrambe le tensioni siano pari a circa la metà della tensione di alimentazione.

Nel montaggio è necessario essere ordinati, e mantenere ingresso e uscita ben separati, la sensibilità è tale che il tutto potrebbe tranquillamente auto oscillare "ricevendo" sul sensore il proprio segnale di uscita.

Come abbiamo visto nessun componente è critico, la scelta tra i componenti attivi è vasta, e anche tra i componenti passivi abbiamo ampie possibilità di scelta.



Il partitore che polarizza il gate del fet è formato da un trimmer, oppure due resistenze, da cui parte la resistenza che va al gate. Come è noto il gate non assorbe corrente essendo la sua giunzione polarizzata inversamente, dunque anche la resistenza non è percorsa da corrente e ai suoi capi non vi è alcuna caduta di tensione. Per questo il suo valore praticamente coincide con l'impedenza di ingresso dell'intero stadio, ed è lei che in serie alle capacità parassite determina il limite di funzionamento alle frequenze più alte. Un valore compreso tra 1 e 2,2 Megaohm è un buon compromesso. Il partitore si trova, per il segnale, in serie a questa resistenza, dunque possiamo impiegare tre elementi da un megaohm, oppure la resistenza in serie da 2,2 Mohm e il trimmer molto più basso, anche 100Kohm.

Foto 6 – Montaggio di prova sul tetto

Le capacità percorse dal segnale determinano la risposta in frequenza verso il basso, dunque se siamo interessati all'ascolto in onde lunghe, o ancora più in basso, è necessario che la capacità di ingresso sia molto alta, o la elimineremo completamente. In questo caso è bene sostituirla con una impedenza VHF, stile VK200, per tagliare i segnali della banda FM caratterizzati dalla notevole potenza.

Così per C4 e C5 che dovranno essere preferibilmente ceramici, se non sono reperibili esemplari di capacità elevata (sopra il micro potrebbero esserci problemi) ogni elemento è sostituibile da due esemplari elettrolitici collegati in serie con il positivo in comune, In parallelo ai due condensatori aggiungeremo un elemento ceramico da 100 nF, questo per eliminare la limitazione di banda verso le frequenze alte che la componente induttiva, propria della costruzione dei condensatori elettrolitici, sicuramente provocherebbe.

Abbiamo dunque una ampia possibilità di scelta con cui è possibile ottenere dall'antenna prestazioni molto diverse.

Sono possibili ascolti anche a frequenze molto basse, 10 – 20 KHz, utilizzando come ricevitore l'ingresso della scheda audio del PC e cui collegheremo un trasformatore in salita (5:1, 6:1). Software dedicati permettono il monitoraggio di frequenze così basse su tempi lunghissimi, è il campo di radio natura in cui gli "eventi" sono molto lenti e solamente la pazienza e la sensibilità di una macchina che li trasforma in grafici ci permette di osservarli. Il nostro orecchio è "troppo veloce" per rivelare questi fenomeni.

Prima di concludere desidero ripetere due sole precisazioni, il fet nella configurazione utilizzata è soggetto a raccogliere ogni accidente elettrico che dovesse presentarsi nei paraggi, e bene prevedere la sua sostituzione... prima o poi sarà necessaria!

L'antenna è *per sola ricezione*, un "colpetto" all'accordatore ha buone probabilità di friggere il transistor, anche se è di per se un elemento piuttosto robusto! Durante le prove a me è successo e il 703 non ha fatto danni...

Ringraziamenti

Come sempre gli amici del gruppo, Pino ik1jns che ha trovato le prime info circa il lavoro del collega olandese, poi Carlo ik1bzw che ha provato, e sta provando, il primo esemplare, quello nella scatola gialla.

Qui l'elenco potrebbe davvero essere molto lungo, in queste settimane sono stati realizzati molti esemplari, sia gemelli di questo, sia seguendo lo schema originale di Roelof Bakker, PA0RDT. Collocati nei contenitori più eterogenei, dal barattolo in vetro alla capsula di plastica che conteneva la sorpresa dell'uovo di Pasqua, poi le citate bottigliette dello yogurt, pezzetti di tubo in PVC da impianti elettrici...

Elenco componenti	
R1	100 Kohm trimmer
R2	10 ohm 1/2W
R3	2,2 Mohm
R4	680 ohm
R5	56 ohm
R6	150 ohm
R7	15 ohm
R8	10 ohm 1/2W
C1	100 nF ceramico
C2	100 nF ceramico
C3	47 microF 35V elettrolitico
C4	1 microF ceramico
C5	1 microF ceramico
C6	100nF ceramico
C7	330nF ceramico
L1	470 microH
L2	470 microH
D1	1N4007
Q1	BF244
Q2	2N4427

F1	Fusibile da 500mA