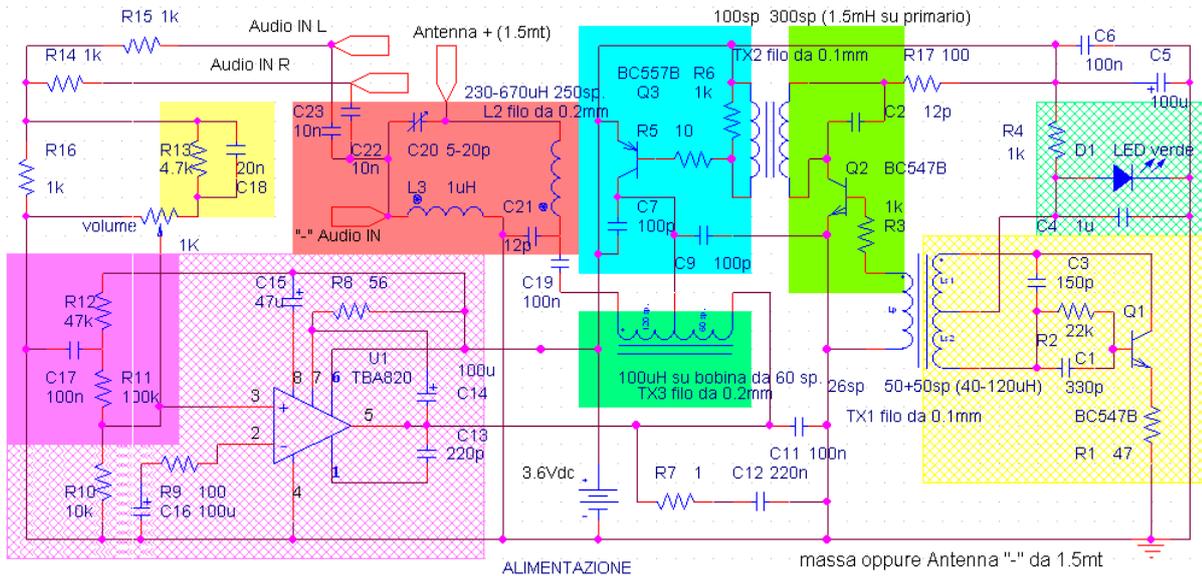


TRASMETTITORE AM IN ONDE MEDIE DI ELEVATA QUALITA', PER ASCOLTARE MUSICA/RADIO FM DA UN LETTORE MP3 SU UNA RADIO DI QUALSIASI EPOCA (Di Nicola Giampietro).

TRASMETTITORE PORTATILE IN ONDE MEDIE IN MODULAZIONE DI AMPIEZZA; PER LETTORI MP3 E SMARTPHONE; BATTERIA IONI DI LITIO DA 3.6Vdc



- | | | | |
|---|---|---|---|
|  | Oscillatore (900-1500 KHz) |  | Filtro per usare l'antenna anche nell Fx FM integrato nell'MP3 e adattatore regolabile di impedenza di uscita |
|  | Stabilizzatore tensione oscillatore a 1.8Vdc mediante LED verde |  | Filote RF in classe C |
|  | Modulatore AM dello stadio finale RF |  | Circuito correzione OFFSET del TBA820 per ottenere fino al 90% di modulazione |
|  | Finale (PNP) RF in classe C |  | Filtro audio di preenfasi toni acuti |
|  | Trafo elevatore impedenza uscita | | |

Come antenna si usa almeno una coppia di fili da 150cm, uno per il "+" e uno per il "-"; Meglio una coppia di fili da 3m, collegando anche a presa di terra il filo "-". Alimentazione 3.3-4.3Vdc . Corrente 20-60 mA, in base a alimentazione e antenna.

Figura 1

Motivazioni e descrizione

Questo dispositivo nasce dall'osservazione della mancanza di un trasmettitore AM di buona qualità tra gli schemi che circolano in rete e gli apparecchi commerciali economici disponibili.

Alcuni elementi (i trasformatori e molti valori resistivi) sono stati espressamente dimensionati per consentire al circuito di funzionare al meglio con una tensione di alimentazione alquanto bassa, fornita da una comune batteria agli ioni di litio per telefoni cellulari.

Tali batterie sono da 3.6-3.7V nominali, e la tensione effettiva varia tra 4.2V e 3.3V, a seconda dello stato di carica della medesima.

Si è quindi cercato di ottenere il miglior funzionamento in questo range di tensioni Vcc.

La batteria di un telefono cellulare recente è di qualità molto alta, si può ricaricare con estrema facilità, ed è facilmente reperibile ed economica.

Il Tx assorbe circa 60mA con l'antenna adattata, per cui una batteria da 600mA (ex. di un nokia 8310) darà un'autonomia di circa 10 ore.

Questo Tx è pensato per essere un dispositivo piccolo e portatile, che si può tranquillamente tenere in mano stando distesi sul divano, connesso ad un piccolo mp3 con radio FM integrata (come ad esempio il Creative Zen Stone Plus).

In questo modo esso offre la possibilità di godere l'ascolto della vostra musica/radio FM preferita sulle vostre radio anni '20-'30-'40-'50 restando comodamente seduti o sdraiati e comandando praticamente tutto (volume compreso) dal vostro mp3 e dai pochi comandi del Tx medesimo.

Quanto detto impone una qualità progettuale (e pure costruttiva) superiore a tutti i piccoli tx a 1 o 2 transistor (o 1-2 valvole), con vari accorgimenti atti a ottenere i seguenti scopi:

1. mantenere la sintonia stabile al variare dello stato di carica della batteria;
2. mantenere la sintonia stabile al variare della posizione dell'antenna, indipendentemente anche dal fatto di toccare antenna e tx con le mani o con il corpo.
3. poter variare facilmente la sintonia del Tx, in modo da cercare una frequenza AM libera anche di notte e poter sempre ritoccare eventuali derive di sintonia della radio AM senza doversi alzare per raggiungerla (alcune radio a valvole derivano un poco nei primi minuti di funzionamento a freddo e ci può essere della pigrizia estrema ad alzarsi...!).
4. modulare in modo da sfruttare al massimo la qualità della radio in onde medie; essa non è certo un apparecchio HI-Fi, ma per lo meno è preferibile che la qualità audio sia limitata dalla radio e non dal mezzo utilizzato per trasmettere l'audio, vale a dire il Tx.
5. mantenere trascurabile la modulazione FM residua e indesiderata della portante.
6. non generare armoniche disturbatrici della ricezione FM dell'mp3 collegato.
7. avere una buona portata (10mt in ambienti interni) senza richiedere la messa a terra e un'antenna di dimensioni esagerate; sono sufficienti due rami da 1,5mt cadauno.
8. sfruttare l'antenna OM anche come antenna FM per l'mp3, il quale normalmente utilizza a tale scopo il filo di massa degli auricolari e quindi avrebbe bisogno comunque di un filo di almeno 70cm per ricevere delle stazioni FM.
9. impedire alla RF OM generata di mandare in blocco il lettore mp3.

Descrizione dettagliata

Il circuito oscillatore, realizzato attorno a Q1 (BC547B) è un classico Hartley, con uscita a trasformatore e valori di resistenze ridotti per funzionare con basse tensioni.

Esso è in grado di funzionare in maniera perfetta con tensione Vcc fino a 0,7V, e in questo circuito viene alimentato a 1,8V mediante la caduta di tensione che si genera ai capi del led spia D1.

Questo led unisce "l'utile al dilettevole": fa da spia di accensione e al tempo stesso da diodo "zener" per l'oscillatore, mediante la resistenza R4 di caduta.

A 3,6V si hanno circa 1,8mA di corrente, che si distribuisce quasi equamente fra led e oscillatore.

Quest'ultimo a 1,8V assorbe circa 0,8mA su tutta la banda di frequenze coperta (850-1550KHz), se si realizza il trasformatore TX1 in maniera perfetta, come verrà descritto più avanti.

In questo modo la frequenza dell'oscillatore non varia mentre la batteria si scarica, e si ottiene pure una blanda indicazione dello stato di carica della stessa: se D1 si spegne, è sicuramente scarica.

Il secondario di TX1 (26 spire) pilota la base di Q2, che costituisce lo stadio DRIVER.

Tale stadio è la chiave della stabilità e qualità della sezione RF di questo circuito; esso fa da "cuscinetto" fra l'oscillatore, che vorrebbe un carico sempre fisso e stabile, e il finale, che invece ha un comportamento del tutto imprevedibile per il fatto di essere modulato in ampiezza (tensione Vcc variabile da 0.2 a 3.5V!) e di avere antenna che può essere mossa o toccata (e quindi disadattata).

Grazie a questo driver è possibile anche toccare con le dita il circuito del finale senza che la frequenza generata ne risulti interessata, come se il controllo della stessa fosse quarzato o con PLL!

E' uno stadio in classe C e R17/C2 limitano le sue armoniche locali, mentre R6 sul secondario di TX2 (rapporto 3:1) riduce il "Q" del trasformatore, stabilizzandone il funzionamento su tutto il range di frequenza coperto.

Per TX2, come per tutti e tre i trasformatori presenti, è fondamentale la correttezza dell'induttanza del primario, come indicato; l'induttanza del secondario invece non è rilevante.
Il driver assorbe circa 1mA con 3,6Vcc.

Il secondario di TX2 (100 spire) pilota il finale PNP Q3 (BC557B).

Perché PNP?

Perché il modulatore (basato sull'ottimo IC audio TBA820) è più "tosto" nella direzione del "pull-down" che in quella del "pull-up" (termini di derivazione dall'elettronica digitale), per cui si ottiene una maggiore profondità di modulazione senza distorsione ponendo l'intero finale tra pin 5 del TBA820 e +Vcc, piuttosto che fra pin 5 e massa.

Il finale è anch'esso in classe C e i condensatori C7 e C9 da 100pF ne limitano le armoniche emesse localmente.

Lo stadio di uscita del finale è TX3, un autotrasformatore con rapporto di impedenza 1:3; 60 spire fungono da "bobina di carico" per il finale e le ulteriori 120 spire producono il rapporto 1:3.

La motivazione di questo autotrasformatore è quella di elevare la tensione picco-picco di uscita, per aumentare lo sfruttamento di un'antenna corta con la limitata tensione di funzionamento di questo stadio ($V_{cc}/2 = 1,8V!$).

Si è scelto un autotrasformatore, invece di un trasformatore (come TX2), per limitare il numero di spire necessarie e le capacità parassite coinvolte negli avvolgimenti.

Tali capacità parassite sono deleterie sia in TX2 che TX3, per cui essi vanno realizzati con apposita cura, come verrà descritto più avanti.

L'alimentazione del finale avviene mediante l'uscita del modulatore (pin 5), su cui si hanno $V_{cc}/2$ in assenza di modulazione, e tensione variabile tra circa 0V e circa Vcc in presenza di modulazione.

Il circuito di uscita è composto da un adattatore di impedenza a Pi-greco (C21, L2, C20) ad elevato "Q" e un filtro passa alto (L3, C20) per convogliare la FM da ricevere dall'antenna al terminale negativo del connettore audio jack del lettore mp3.

I due condensatori C22 e C23 servono ad evitare che della RF possa entrare nel lettore mp3 dai suoi terminali di uscita audio L-R; si dovrebbe notare che essi sono connessi fra L-R e "—" dell'mp3, non il "—" del Tx, perché vanno saldati direttamente dentro al jack, per risultare efficaci.

L'elevato "Q" dell'adattatore fa sì che l'onda in antenna sia perfettamente sinusoidale (se adattata) e abbia un'ampiezza dell'ordine dei 100Vpp, con soli 3,6Vcc!

I valori indicati nello schema permettono di adattare un'antenna da 1,5mt fra 950 e 1500 KHz, agendo solo sul nucleo di L2 e avendo posto C20 a circa 10pF.

Per un'antenna di 3mt C20 va regolato intorno ai 5pF.

La larghezza di banda dell'adattatore è di circa 50-60KHz.

Il finale dovrebbe assorbire intorno ai 6-9mA a vuoto (a seconda della frequenza) a 3,6Vcc mentre assorbirà 45-55mA con un'antenna adattata. Se si ottengono valori molto diversi è indice che qualcosa non funziona bene, solitamente in TX3 o TX2 (capacità parassite elevate).

Il modulatore è basato sul TBA820, l'IC audio più "tosto", tra quelli noti, alle basse tensioni.

Esso funziona perfettamente fino a 3Vcc e a 3,6V è in grado di fornire una uscita di 3,3Vpp con un carico di 10 ohm, che è appunto il finale RF.

R7/C12 sono una "rete correttrice" per la stabilità dell'ic, e vanno posti OBBLIGATORIAMENTE fra pin 5 e pin 4 del medesimo, in ogni applicazione.

C11 invece genera una "massa virtuale" per la RF che interessa la sezione "bobina di carico" da 60 spire e 100uH di TX3, e va posto fra il suo terminale freddo e la massa più vicina alla sezione RF.

R12, R11 e C17 costituiscono una "raffinatezza" non essenziale.

Il TBA820, come qualsiasi amplificatore integrato, presenta un "offset DC" che sposta la tensione di uscita a riposo ad un valore leggermente differente dai $V_{cc}/2$ teorici; questo fatto, soprattutto se

Vcc è piccola, riduce la massima ampiezza ottenibile in uscita perché l'onda di uscita risulta più "spostata" verso Vcc o verso massa, andando a distorcere prima di quanto potrebbe.

Nel caso del TBA820, se l'uscita a riposo fosse maggiore di $V_{cc}/2$, non potreste farci nulla (sostituite l'ic); se invece risulta minore di $V_{cc}/2$, come nel mio caso, si può compensare con una R di elevato valore fra pin 3 e Vcc, da trovare sperimentalmente osservando l'uscita del pin 5 con oscilloscopio e tono sinusoidale da 1KHz in ingresso.

Tale R dovrebbe poi essere "splittata" in 2 (R12 e R11 nello schema), con un C da 100nF (C17) fra il centro della serie e la massa, per rimuovere eventuali spurie a frequenza audio presenti su Vcc che andrebbero a presentarsi all'ingresso dell'ic.

Il trimmer "volume" da 1k permette di dosare l'ingresso e quindi la profondità di modulazione; andrebbe regolato in modo da avere il 90% di modulazione a 1KHz con il volume dell'mp3 posto quasi al massimo, in modo da poter usare poi tale controllo di volume esterno per dosare efficacemente; si può regolare "a orecchio".

R14 e R15 e R16 compongono un "mixer" per i segnali L e R e un certo carico per il lettore mp3, il cui stadio di uscita non dovrebbe funzionare proprio "a vuoto".

R13 e C18 formano una preenfasi per i toni acuti.

Le radio OM hanno risposta in frequenza audio limitata dalla larghezza di banda degli stadi IF interni, e di solito attenuano -3dB già a 3KHz e diventano del tutto mute dopo i 6KHz.

Nelle radio di qualità tale effetto è più marcato, in quanto l'IF viene tenuta stretta per aumentare la selettività.

Quindi se la vostra radio OM non permette di regolare il fattore "Q" dell'IF (alcune radio anni '30 molto costose lo permettono) e volete ascoltare al meglio della musica, occorre agire d'astuzia e modulare con più profondità alle frequenze acute, rispetto ai medio/bassi.

Tale preenfasi ha lo svantaggio di portare a solo 30% la PDM (profondità di modulazione) dei toni medio/bassi quando si ha il 90% attorno ai 5KHz.

Tale svantaggio si traduce in riduzione della portata utile del Tx (che dipende dalla PDM).

Si tratta però di uno svantaggio solo teorico, perché nella pratica all'occorrenza potrete aumentare il volume e quindi la PDM dei medio/bassi al 70-80%, facendo distorcere i medio/acuti, senza che questo si noti in maniera eccessiva nell'ascolto, dato che le distorsioni sugli acuti sono meno fastidiose che sui bassi, in una radio OM.

Se non vi trovate lontani dalla radio potrete invece ridurre il volume (e quindi la PDM), tornando a sfruttare il vantaggio della preenfasi, che vi permette di ascoltare dalla radio tutte le frequenze audio da 50Hz a 6KHz con la medesima ampiezza.

Se siete pignoli, potrete mettere un interruttore in serie (o in parallelo) a C18 per rimuovere la preenfasi all'occorrenza.

Suggerimenti per la realizzazione

E' possibile realizzare comodamente il circuito del Tx su una basetta millefori da 50x100 mm, ma da questo punto di vista non ci sono regole: potrete anche realizzare il solo modulatore su una piccola basetta e tutta la parte RF in cablaggio volante.

Le uniche accortezze da seguire consistono nel realizzare la parte RF in modo concatenato, disponendo in ordine prima TX1, poi l'oscillatore, poi il pilota e TX2, poi il finale e TX3 e infine il circuito di uscita con L2.

Non disporre i circuiti RF affiancati e possibilmente schermare l'oscillatore.

Tanto più la bobina L2 è lontana da TX1, più sarete sicuri di evitare accoppiamenti fra di loro.

La difficoltà maggiore in questo Tx è la realizzazione dei 3 trasformatori e di L2, che vanno avvolti appositamente per lo scopo, mentre L3 è una induttanza da 1uH commerciale.

I numeri di spire e diametri di filo indicati nello schema sono destinati a un tipo di supporto standard molto comune, visibile nella fig. 2 seguente.

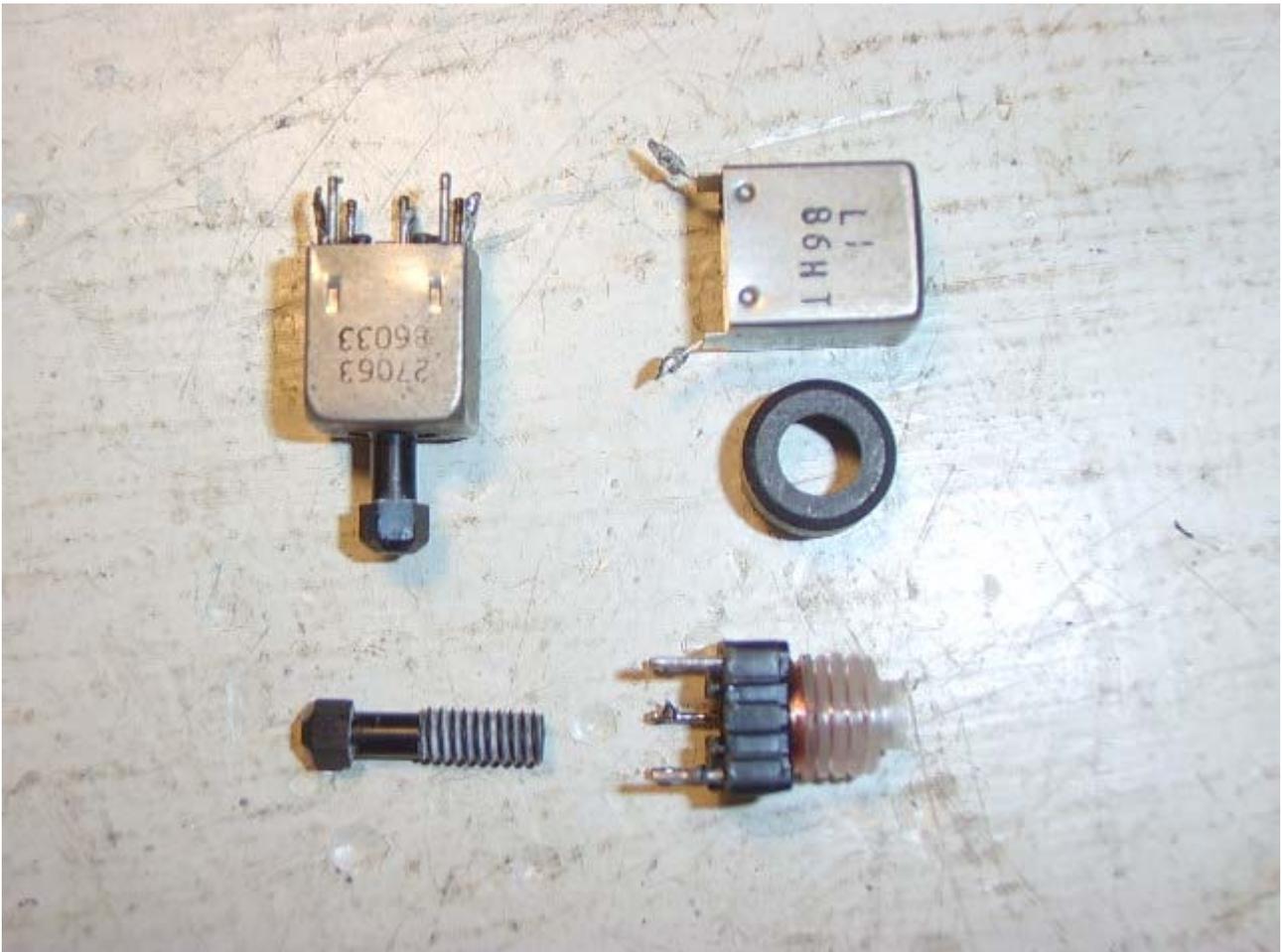


Figura 2

Sulla sinistra in alto, in fig. 2, vedete il trasformatore completo, mentre a destra ne sono visibili i 4 componenti distinti: schermo, cilindro di ferrite, rocchetto del filo, nucleo regolabile.

Il nucleo visibile in fig. 2 è con manopola, ed è comodo quindi per TX1 (sintonia) e L2 (adattamento), mentre per TX2 e TX3 si possono usare nuclei semplici, che andranno avvitati interamente nel rocchetto fino a rientrare in esso di circa 0,5mm, non di più.

Si tratta del supporto usato per le MF audio/video dei TV anni 1975-1995, molto comuni.

Con supporti diversi occorrerà cambiare le spire e quindi saper misurare l'induttanza dei primari.

I supporti delle MF delle radio OM non sono adatti, diversamente da ciò che si potrebbe pensare, perché i loro nuclei in ferrite hanno permeabilità molto alta e saturano con i segnali forti presenti fra gli stadi del Tx.

TX1 ha poche spire e può essere avvolto direttamente fra le guide plastiche del rocchetto, avendo cura di fare le 50+50 spire in modo uniforme: si consigliano 25 spire dalla base alla sommità, 5 spire per ogni solco, poi 25 spire a tornare verso la base per fare la presa centrale, e poi di nuovo 25 e 25.

Le 26 spire del secondario si avvolgeranno sopra il primario, 13 a salire e 13 a tornare verso la base. Si usa filo da 0.10mm per entrambi gli avvolgimenti, che andranno RIGOROSAMENTE avvolti entrambi nello stesso verso (orario o antiorario).

TX1 va completato con il cilindro di ferrite e lo schermo.

Per TX2, TX3 e L2 occorre rimuovere le alette plastiche guida-filo del rocchetto, mediante un taglierino affilato e molta attenzione, in modo da lasciare il rocchetto libero e avere quindi lo spazio di avvolgerci sopra tutte le spire, come visibile in fig. 3.



Figura 3

In fig. 3 a sinistra si vede come deve essere TX1, al centro come diventano invece TX2-TX3-L2 e a destra come dovreste inserire degli strati di nastro isolante fra gli avvolgimenti e uno o due strati a fine lavoro, prima di chiudere il tutto con il cilindro di ferrite.

TX2 e TX3 vanno completati con cilindro di ferrite e schermo, mentre L2 deve rimanere nuda, con solo il nastro isolante e il nucleo regolabile all'interno.

Per tutti i trasformatori si avvolge prima il primario e poi il secondario sopra.

TX2 ha 300 spire da 0,1mm di primario, tre strati di nastro isolante (ritagliato in larghezza a misura del rocchetto), e poi 100 spire da 0,1mm di secondario, sempre nello stesso verso.

L'isolamento fra gli avvolgimenti serve a distanziarli per ridurre la capacità parassita fra di loro.

TX3 ha 60 spire da 0,2mm di "primario", una presa centrale, 5-6 strati di isolante e poi le altre 120 spire da 0,2mm, sempre nello stesso verso.

L2 ha 250 spire da 0,2mm e solo 2 strati di isolante finale.

Il modulatore non è critico, e, se non disponete di oscilloscopio e generatore di tono, potrete pure evitare R11, R12 e C17 del correttore di offset.

Occhio a tenere le connessioni di massa corte, R7 e C12 vicini al TBA820 e C11 vicino al finale.

Miglioramenti e semplificazioni

Trasformatore audio

Se siete esperti tecnici e anche esigenti, potreste aggiungere un pezzo importante, il trasformatore audio di modulazione, con rapporto di spire 1:2,5 e induttanza del primario a vuoto di 100mH, avvolto con filo da 0,2mm o più su un supporto in lamierini di dimensioni di almeno 20x20mm.

Il secondario va in questo caso avvolto prima, e il primario sopra di esso.

Chi sa avvolgere questo trafo, dovrebbe anche saperlo collegare nel circuito, fra TBA820 e finale RF, mantenendo R7 e C12 connessi al TBA820 e C11 connesso al finale.

Va anche eseguita una modifica al circuito del finale, semplificativa: sostituire TX3 con una semplice induttanza da 100uH e massimo 0,5 ohm di perdita resistiva, connessa fra C11 e collettore di Q3, e collegare C19 direttamente al collettore di Q3.

TX3 infatti risulta in questo caso superfluo e eccessivo, dato che il trasformatore di modulazione permette a Q3 di funzionare a circa V_{cc} , invece che $V_{cc}/2$, aumentando il suo rendimento dal 40% all'80%, e raddoppiando anche la potenza di uscita, che dovrebbe raggiungere i 100mW.

Si ottiene anche il 100% di modulazione, grazie al rapporto 1:2,5 del trasformatore audio.

Il trasformatore di modulazione è critico, quindi occorre saperlo fare.

Aumento della potenza

Chi è interessato ad una potenza RF maggiore, ma non ritiene importanti i 3,6V_{cc} e non vuole complicarsi il lavoro con il trasformatore di modulazione, può fare le seguenti modifiche e alimentare il tutto a 7-9V, raddoppiando la potenza:

1. secondario di TX2 da 50 spire invece di 100;
2. sostituire TX3 con una induttanza da 100uH e massimo 0,5 ohm di perdita resistiva, connessa fra C11 e collettore di Q3, e collegare C19 direttamente al collettore di Q3.

Semplificazione

I trasformatori RF di questo Tx possono risultare un po' ostici, però, se si rinuncia ad un po' di portata e ad un po' di rendimento, si può pure semplificare nel seguente modo:

1. rimuovere TX2, R5 e R6, sostituendoli con un partitore di 2 R da 220 ohm, una fra C di Q2 e B di Q3, e una fra B ed E di Q3;
2. sostituire TX3 con una induttanza da 100uH e massimo 0,5 ohm di perdita resistiva, connessa fra C11 e collettore di Q3, e collegare C19 direttamente al collettore di Q3.
3. sostituire R3 ed R4 con resistenze da 470 ohm in luogo dei 1000 ohm.
4. usare un'antenna composta da 2 rami di 3mt, invece che 1,5mt.

L'antenna lunga serve per recuperare portata, dato che l'assenza di TX3 riduce a 1/3 la potenza di uscita.

Il pilota senza TX2 assorbe 6mA invece di 1mA, dal momento che l'accoppiamento con il finale è tutto resistivo.

Considerazioni finali

Questo Tx produce circa 50mW di potenza RF, sufficienti a coprire un piccolo appartamento con una antenna da 2x 1,5mt di giorno, mentre di notte coprirete circa una stanza, a meno che non vi troviate in una cantina interrata.

Ciò perché la radio OM capterà comunque delle emittenti durante le ore serali, o del rumore generato dal sovrapporsi di emittenti e altre sorgenti, riducendo la sua sensibilità al segnale del Tx.

Ecco perché non aumenterete la portata aumentando l'antenna della radio, che è meglio mantenere di circa 1-2mt: l'antenna Rx più lunga aumenta il segnale, ma pure il rumore, quindi non migliora.

Viceversa un'antenna Tx di 3mt aumenterà di molto la portata.

Antenne più lunghe sono possibili rimuovendo, come al solito (vedi "**Miglioramenti e semplificazioni**"), TX3 e riducendo però pure il valore di L2.

Una radio con antenna in ferrite e nessun pezzo di filo da 1-2mt riceverà il Tx meno di una senza antenna in ferrite interna, ma non il filo da 1-2mt esterno.

Il motivo di ciò è prettamente teorico, e si può comprendere qualitativamente conoscendo la differenza fra "Campo vicino" e "Campo lontano" dei segnali radio.

Si distinguono infatti due zone nette, attorno ad una antenna radiante: il campo vicino si ha nei pressi della medesima, fino a 4-5 lunghezze d'onda di distanza, mentre il campo lontano è tutta l'area più lontana.

Il segnale radio, nella sua natura elettromagnetica, si ha nel campo lontano, mentre in quello vicino predomina la componente dettata dal tipo di antenna: magnetica per antenne magnetiche (loop di ferrite), elettrica per antenne elettriche (pezzo di filo).

In onde medie il campo vicino dura 1,5Km, essendo la lunghezza d'onda di 300mt, quindi vi troverete sempre in campo vicino, con un Tx così piccolo: occorre che l'antenna della radio sia della stessa natura di quella del Tx, per avere la massima portata in campo vicino.

In campo lontano, invece, come avviene per le vere emittenti broadcast (sempre più lontane da voi di più di 2Km!), usare antenna elettrica o magnetica in Rx non cambia le cose, anzi, spesso il loop di ferrite è meglio perché meno sensibile ai disturbi radioelettrici emessi da apparecchi posti nelle vicinanze della radio e quindi maggiormente in grado di selezionare i segnali lontani delle emittenti. A proposito di disturbi.

La portata di un piccolo Tx OM dipende moltissimo dalla pulizia dello spettro radio nei dintorni di esso e della radio: computer notebook, alimentatori switching, router adsl, tv lcd, lampadine CFL e altri apparecchi "moderni", per lo più digitali, generano parecchio inquinamento elettromagnetico in onde medie e corte, e tali segnali possono addirittura entrare nell'antenna del Tx e produrre intermodulazione con il medesimo, con conseguenti ronzii che non possono ovviamente provenire dall'alimentazione del Tx, che è a batteria!

Se ne riscontrate la presenza, spegnete (e staccate dalla rete) tali apparecchi, ripulite l'etere attorno a voi e potrete godere della buona musica da un morbido e pastoso altoparlante anni '50.