

Apprendisti stregoni

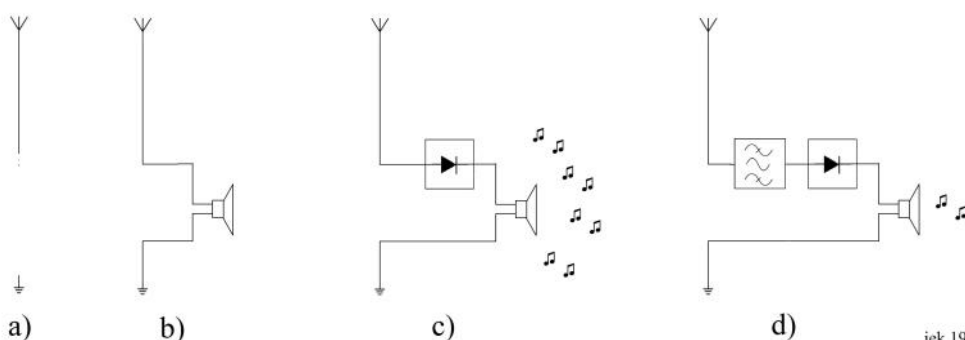


Laboratorio, complementi esercizi e ripasso, radiotecnica dilettevole e qualche chiacchierata. In quanto tale, occorrerà sempre fare riferimento ai testi di base adottati per i corsi. Rivisitazione della tecnica alla scoperta del come e un po' anche alla ricerca del perché. In fondo, il ripasso altri non è che radiantismo vissuto, cose magari ovvie ma raccontate con semplicità e chiarezza. Ciò che ritengo più importante di tutto in questa rivisitazione, e che facilmente sfugge ad un primo approccio, è la sintesi, che sovente svela interconnessioni tra argomenti solo apparentemente scollegati. Queste note sono pertanto dedicate a quanti hanno voglia di crescere verso conoscenze e consapevolezza maggiori, e disponibilità ma soprattutto determinazione a farlo.

ISOIEK Emilio Campus

Rivoltiamo la radio come un calzino

Abbiamo ormai tutti gli elementi per una progettazione dell'architettura di massima di un qualche apparato radioamatoriale di tipo moderno, adatto alla SSB nonché altri tipi di emissione, che faremo con un metodo top – down quindi partendo dal livello di massima sintesi (schema a blocchi) e scendendo, ove occorra, nei particolari progettuali, costruttivi e della componentistica; e non bottom – up, che sarebbe l'esatto inverso, col risalire cioè per gradi dalla conoscenza approfondita dei singoli elementi per poi pervenire infine al tutto. Proseguendo dunque il discorso sull'architettura degli apparati, riceventi e trasmettenti, nonché ricetrasmettenti, ne approfondiremo gli schemi a blocchi. Ci riferiremo allo schema della classica SUPERETERODINA, denominazione un po' stinta che forse rammenta gli anni ruggenti delle sue origini, cioè a conversione o ad amplificazione indiretta che dir si voglia, architettura la quale malgrado i (non pochi) difetti, in virtù dei pur notevoli e numerosi suoi pregi rappresenta ancor'oggi uno schema classico, tuttora adottato in quasi tutti gli apparati (eccettuati SDR), dunque un paradigma, un punto di riferimento, industriale quanto didattico; tenendo sempre a mente la saggia massima del *repetita juvant*. Mi riferirò pertanto ad un apparato classico, escludendo per ragioni didattiche e di comprensibilità, i moderni ritrovati (DDS, PLL, SDR, *up conversion*) mediante i quali diverrebbe facile assemblare componenti perlopiù integrati, ma il valore formativo decrescerebbe in proporzione; e qualora lo facessi per semplicità, il riferimento sarà a dei black-box che non intaccano il flusso logico principale del discorso; del resto penso nessuno di noi si sognerebbe di progettare o realizzare un integrato ex novo, per specifiche finalità. Ha la radio una funzione se non v'è chi ascolti? Salvo inviare messaggi agli extraterrestri. Evidentemente no! Sarà bene dunque iniziare la nostra carrellata dal principio, da quella che per tutti o quasi ha rappresentato il primo contatto con il mondo della radio, vale a dire la ricezione. Allora, proviamo a ricevere le onde elettromagnetiche proprio nel modo più semplice.

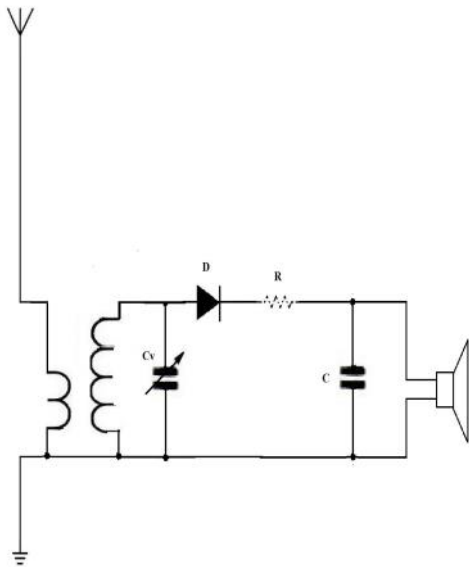


iek 19

Se mi ci metto, magari volto la testa da una parte all'altra, aguzzo le orecchie, mi sollevo sugli alluci ... non ricevo niente. Ah, proviamo allora a tirare su un braccio a mo' di antenna, può darsi ... niente. Giusto, ci vuole proprio, l'antenna. Vado a procurarmi un pezzo di filo, magari quello dorato

e spiralato a molla di una volta, o uno spezzone di antenna telescopica rotta (fig. 1a)... niente ancora. Forse manca l'auricolare, le cuffie se preferite, sarebbe certo meglio un altoparlante, bello e circolare (personalmente lo preferisco ellittico), visibile, magari collocato in alto come quello della scuola o dell'oratorio...; ci mettiamo anche l'auricolare, proviamo (fig. 1b) a collegarlo all'antenna ... accidentaccio, niente di niente. Avrò sbagliato qualcosa? Mah. Vediamo un po' nel dizionario ... : *rivelatore di onde elettromagnetiche* – vedi Coherer. Coherer! Chi era costui? Boh. Lasciamo perdere coherer e scintille, guardiamo più sotto ... bla, bla, bla ... ecco ... circuito di rivelazione; Diodo. Mancherà il diodo rivelatore? Proviamo a collegarlo (fig. 1c)? Eureka! Funziona. Solo che, se prima ricevevo niente, ora ricevo troppo; anzi, ricevo solo la stazione che arriva più forte; mi consolo, penso, un po' come del resto accade in politica, in borsa, ed anche al mercato del pesce: si dà sempre retta a chi strilla di più. Per rimediare, mi viene in aiuto l'invenzione marconiana n.7777, il famoso circuito sintonico: un filtro passa banda che

(a patto che differiscano in frequenza) riesca finalmente a separare il segnale che mi interessa da tutti gli altri (fig. 1d). In questo semplicissimo ricevitore (fig. 2) il cui schema di massima è peraltro ben noto, ricordo solamente



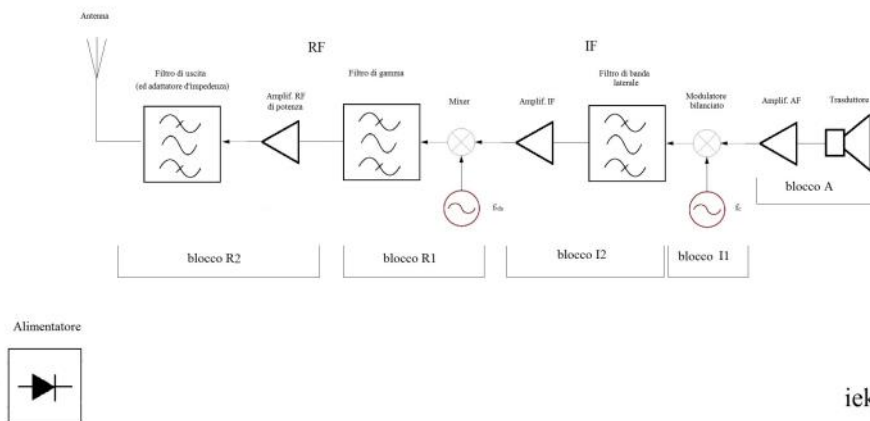
come il diodo rivelatore elimini la componente alternata a radiofrequenza, così che filtrando l'uscita tramite una opportuna rete RC di adeguata costante di tempo in modalità passa basso, resti la componente continua la cui ampiezza segue l'involuppo dell'onda modulata, ed è una tensione variabile che riproduce l'audio modulante (1). Un approccio duale ci dice che nell'elemento quadratico costituito dal diodo rivelatore, la componente bande laterali faccia battimento (cioè si mixa) con la componente carrier (portante) nella dovuta fase, cosicché il risultato di tale mixaggio (2) è ancora una volta l'audio modulante (o il video in TV, più in generale la banda base). Come spesso accade, i duali non si escludono vicendevolmente, ed un approfondimento matematico e/o vettoriale (che volentieri ci risparmiamo) fugherebbe ogni dubbio.

Il trasmettitore

Ma se non vi è chi trasmetta, che si riceve? Ripercorrendo il cammino a ritroso, se parlo non irradio certo radiofrequenza, e se strillo, al massimo mi potrà sentire il vicino di casa; se poi vado a dotarmi di un megafono e mi affaccio alla finestra, al più i passanti. Per andare più lontano, occorrerà un microfono, e siccome il segnale elettrico da questo prodotto è troppo debole (corrisponde all'energia ceduta dalla pressione dell'onda acustica prodotta da una normale intensità vocale alla ridotta superficie della membrana, dedotte le perdite meccaniche ed elettriche nella stessa e nel trasduttore elettroacustico) occorrerà anche un amplificatore (fig. 3 blocco A).

iek 19

TRASMETTITORE



iek 19

Ma per riuscire ad andare un po' oltre l'isolato, dovrò ricorrere propri a lei, alla radiofrequenza; e cercherò di farlo nel modo più efficace ed efficiente, ricorrendo cioè al moderno sistema di trasmissione a banda laterale unica (*single sideband*), la SSB. Mi occorreranno dunque un generatore di portante alla frequenza f_c ed un modulatore bilanciato (3) (fig. 3 blocco I1). A questo farà seguito il filtro di banda laterale idoneo a gestire la "forbice" (vi ricordate?) tra $f_{usb} = (f_c + f_{audio})$ ed $f_{lsb} = (f_c - f_{audio})$, a vantaggio

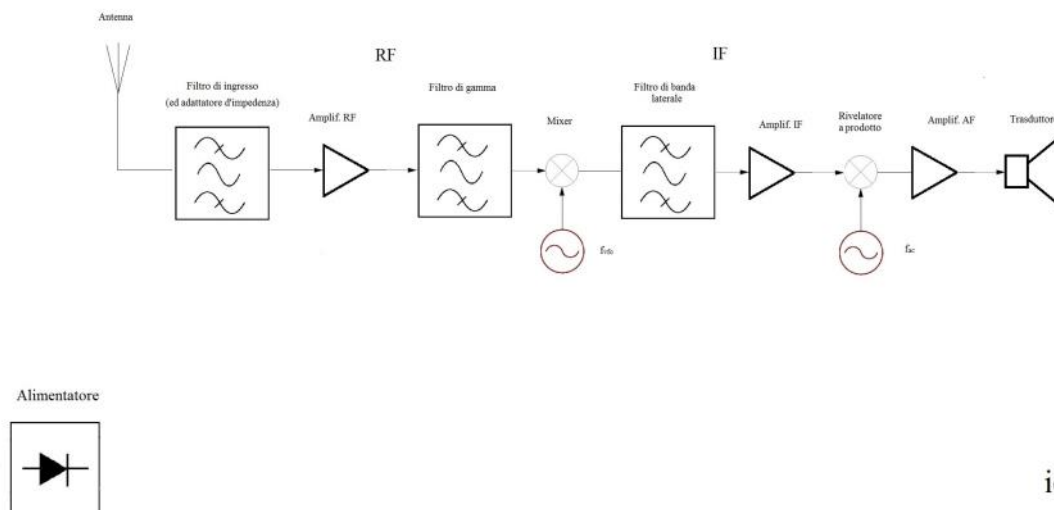
-poniamo- della prima, USB; e tanto per compensare le perdite nel modulatore e nel filtro, un altro bell'amplificatore (blocco I2). Conversione a mezzo di un buon VFO adeguatamente stabile, es. a PLL (4) seguita da un filtro di gamma sufficientemente selettivo, atto a risolvere questa volta la ben più ampia "forbice" intercorrente tra $f_{vfo}+IF$ ed $f_{vfo}-IF$, ancora una volta a tutto vantaggio -sempre poniamo- della prima, facendo cioè una conversione per somma (blocco R1); ma nulla mi impedirebbe di farla per differenza, a patto di scambiare poi anche la banda laterale, che altrimenti rimarrebbe invertita. Dulcis in fundo, l'amplificazione finale (5) di potenza (blocco R2) atta ad impartire al nostro segnale quel tanto di energia che gli permetterà di superare le Montagne Rocciose, di

rimbalzare sugli strati ionosferici F_2 e sulla superficie degli oceani, per arrivare rendendosi udibile chissà dove; un bel filtraggio in uscita (sempre necessario!) con tanto di adattamento di impedenze (idem!) e ... oplà, muso in su, *take off* e andiamo in aria!

Il ricevitore

Non ho faticato davvero a creare lo schema blocchi del ricevitore (fig. 4); mi è bastato fare un “capovolgi orizzontalmente” di alcuni componenti, e oplà. Sì, proprio così.

RICEVITORE



iek 19

Lo schema a blocchi di un ricevitore di questo tipo è praticamente speculare a quello del trasmettitore; si rivoltia, cioè, proprio come un calzino. Con le sole sostituzioni del rivelatore a prodotto al modulatore bilanciato, sostituzione più che altro nominale (concettualmente sempre di mixer si tratta) e tale sostituibilità può essere addirittura fisica se il modulatore è di tipo ad anello di diodi, in quanto reversibile; e di un amplificatore RF di segnale a quello di potenza (sotto il profilo funzionale come pure materiale le differenze sono notevoli), nonché di un altoparlante / auricolare al posto del microfono. Inoltre abbiamo spostato il filtro di banda laterale in modo da precedere, nella catena IF, l'amplificazione; dobbiamo infatti tener presente che i filtri tutti incontrano qualche difficoltà nel sradicare degli arbusti, e pertanto occorre tosare i segnali indesiderati quando sono ancora erbetta, prima che crescano.

Il transceiver

Un ricetrasmittente (RTX o RIG) che per brevità non disegno, non rappresenta altro se non una fusione dei due schemi, che tenga ovviamente conto delle specificità date soprattutto dai differenti livelli dei segnali elaborati, quali preamplificatori / attenuatori in RX, driver e finali di potenza in TX. Ad una accresciuta complessità data soprattutto dai circuiti di commutazione ed impiegante tutto sommato componenti ordinari e dal costo relativamente basso, farà riscontro la condivisione dei componenti più pregiati e costosi. Mi riferisco specialmente ai filtri: sia quelli di gamma, circuiteria forse non complessa benché richiedente un buon fattore di merito Q per ben discriminare immagini, armoniche, spurie e quant'altro, ma esigente quanto a realizzazione e certo ripetitiva ed ingombrante, anche perché prevede il monocomando al passo delle singole sezioni, le quali richiedono a loro volta accurate tarature ed allineamenti; sia soprattutto, quelli di banda laterale dai quali giustamente si pretende, specie in ricezione, il meglio del meglio. Il filtro è infatti il componente più qualificante, che un tempo poteva racchiudere sino ad $1/4$ od $1/3$ del valore di un intero apparato ricevente, e merita di per sé una prossima puntata. Con il dividerlo tra Tx ed Rx in un solo apparato, oltre a VFO e relativi quarzi per le varie bande, al S-meter/output e dulcis in fundo al case (la scatola metallica che racchiude l'apparato), rispetto ai due apparati distinti si risparmiava già un botto!

... e non solo!

Già che stiamo parlando di schemi e circuiterie, vediamo un po' le selettività variabili. In genere, una variazione delle caratteristiche di selettività si ottiene assai più facilmente appunto per via circuitale, commutando tra loro filtri differenti, che non intervenendo all'interno del filtro stesso. E certamente non è bello né semplice, ma più che altro inefficace collegare dei commutatori ai terminali dei filtri, che le capacità residue parassite ne manderebbero a monte le qualità raggiunte con tanta fatica (e spesa); per cui ciò che si commuta è tra interi rami circuitali, che coinvolgono ingresso ed uscita di ciascun filtro, con le relative terminazioni ed adattamenti di impedenza; cosa certamente più facile allo stato solido che non valvolare. Analogamente, i vari *passband tuning* o VBT o che dir si voglia, saranno ottenuti sempre per via elettronica anziché intervenire sugli elementi del filtro, le cui caratteristiche sono appunto determinate da fattori costruttivi fisici sottoposti a requisiti alquanto stringenti, tra l'altro di stabilità nel tempo. Ciò che conta è difatti il posizionamento relativo tra filtri e le frequenze dei segnali che vi vengono sottoposti; è dunque assai più semplice far spostare, mediante vari giochetti di conversioni, una frequenza rispetto ad un filtro, o ad una catena di filtri in cascata, che non far spostare i filtri rispetto alla frequenza. Se poi il giochetto è ripetuto un paio di volte, spostando in frequenza una catena verso l'alto e la successiva verso il basso (oppure viceversa), viene a crearsi così una specie di doppia anta, come di un cancello che permetterà di restringere o allargare a piacimento, oppure spostare in modo asimmetrico allargandola su di un fianco e restringendola sull'altro, la curva di selettività dell'apparato. Abbiamo scoperto con tale approccio generalista non solo una simmetria inosservata tra Tx ed Rx, ma di poter anche realizzare apparati onnivori: con un simile schema ci si può fare (e ricevere) di tutto, dalla SSB alla FM (sostituendo apposito modulatore / demodulatore) alla FSK (RTTY) al CW, alla SSTV, PSK e via discorrendo. Benché schema pressoché universale, non è però sempre adottato per ragioni pratiche, di complessità e di costi, ed in tal caso se ne discosta anche notevolmente. Ma facciamo un passo indietro; i metodi per cambiare frequenza sono due: la CONVERSIONE di frequenza (supereterodine), o la MOLTIPLICAZIONE di frequenza. E una portante non modulata può essere moltiplicata in frequenza senza problemi, ed altrettanto dicasi un segnale recante una manipolazione telegrafica (A1) del tipo ON/OFF. Anche una portante modulata in frequenza (FM) o fase (PM) recante cioè una modulazione di tipo angolare, può essere moltiplicata in frequenza, come pure un segnale recante una manipolazione telegrafica angolare: FSK (F1, per RTTY) o PSK (P1). Un segnale modulato in ampiezza (SSB) NON può invece essere moltiplicato in frequenza, senza che insorga una gravissima distorsione; ne riparleremo a proposito delle armoniche, in una successiva puntata. Si rende dunque indispensabile la conversione di frequenza. Quando c'era l'AM ma non l'SSB, di tanta complessità non se ne ravvisava la ragione; la sola portante era moltiplicata in frequenza sino alla gamma occorrente, indi modulata direttamente sul finale, in genere operante in classe C (dunque tutt'altro che lineare) con l'impiego di un modulatore di potenza; semplice ed efficace, ma come noto non scevro da possibili problemi quali armoniche e sovrarmodulazione, e per dirla tutta poco efficiente dal punto di vista energetico nonché del rapporto segnale/rumore al ricevitore. Ma anche in seguito, quando si trattò di realizzare apparati FM ad esempio veicolari o palmari solo FM, spesso per usi civili, o derivati da quelli, che pure per molto tempo hanno fatto la gioia dei radioamatori duemetrismi (ricordiamo che i 50 MHz non erano all'epoca concessi, i 435 pure problematici e inoltre li avevano in pochi, 1200 e superiori solo chi faceva EME o Microonde). Tutti comunque di architettura assai semplice, ciò non toglie che poi magari integravano all'interno anche soluzioni tecniche elaboratissime. Un'architettura di tanta complessità come quella cui si è accennato per TX ed RX a specifiche SSB (con i relativi, stringenti requisiti) sarebbe risultata non necessaria, anzi certo di disturbo, quanto meno sotto il quadruplice aspetto dell'ingombro (stiamo ancora parlando di componenti discreti), del peso, dei consumi e non ultimo, nota dolente, dei costi di produzione. Solo molti anni più tardi tali remore sarebbero venute meno, con l'accresciuta miniaturizzazione ed integrazione dei circuiti, nonché abbattimento dei costi, con la comparsa sul mercato di apparati multibanda (ove tale parola non sta più per 7-14-21-28 bensì V-UHF o HF-V-U, ed anche più ...) e multimodo (SSB-FM-AM-CW ...), ancora una volta veicolari e finanche portatili; e ce ne volle perché si riuscisse ad integrarvi tutta quella roba dentro...

73's de ISOIEK

Emilio Campus

Note:

(1) per la rivelazione SSB si introdurrà a monte del diodo una portante artificiale f_{ac} prodotta localmente dal BFO; questo non basterà da solo, ad assicurare una riproduzione di qualità, come può aversi da un ricevitore progettato specificamente, incorporante tutti gli accorgimenti necessari allo scopo, tra i quali un rivelatore a prodotto.

(2) limitati alle frequenze differenza $f_c - f_{sb}$ mentre le frequenze somma $f_c + f_{sb}$ come pure i termini di ordine superiore originati nel processo non lineare a caratteristica circa quadratica del diodo sono eliminati nella rete RC passa basso (e lo sarebbero comunque negli stadi amplificatori a bassa frequenza che seguono il rivelatore). Questo tuttavia non lo pone al riparo dall'intermodulazione; il pregio di un buon rivelatore essendo appunto quello di produrne il meno possibile, restituendo un segnale quanto più fedele all'originale.

(3) per inciso il mixer (ad es. a diodi) è componente passivo; ma anche quando attivo (triodi, tubi a deflessione...) può essere concettualmente pensato come un mixer passivo + amplificatore; spesso lo è anche costruttivamente (es. integrati).

(4) oppure incorporante esso stesso una ulteriore conversione, recante una frequenza prodotta da un oscillatore quarzato più quella data da un altro oscillatore, questa volta libero ed a frequenza non tanto elevata da comprometterne la stabilità.

(5) trattandosi di schema a blocchi, il filtraggio e l'amplificazione RF, come pure quella IF, per semplicità sono stati racchiusi ciascuno in un solo blocco, mentre nella realtà sono in genere costituiti dalla reiterazione in una catena di filtro–amplificatore–filtro in cascata, fatta cioè con più elementi filtranti e più unità di amplificazione intercalati tra di loro; analogamente il filtro d'uscita può essere costituito (particolarmente nei finali di potenza allo stato solido) da una concatenazione di più celle filtranti.

73's de ISOIEK

Emilio Campus