



ISTITUTO ISTRUZIONE SUPERIORE "EINAUDI - SCARPA"

TECNOLOGICO - ECONOMICO – PROFESSIONALE
Via J. Sansovino, 6 - 31044 MONTEBELLUNA (TV) ☎0423 23587 - Fax 0423 602717

Web: www.iiseinaudiscarpa.it - email: info@iiseinaudiscarpa.it - TVIS02400C@istruzione.it



RICEVITORE RADIO FM

Michelon Andrea

Strada Luca

Esame di Maturità 2015

Indice:

- Modulazione FM
 - Generalità.....pag 5
 - Deviazione di frequenza.....pag 5
 - Indice di modulazione.....pag 6
 - Occupazione di banda del segnale modulato.....pag 6
 - Potenza del segnale modulato.....pag 7
- Descrizione generale – specifiche del progetto.....pag 9
- Schema a blocchi.....pag 9

- Alimentatore
 - Descrizione.....pag 10
 - Trasformatore.....pag 10
 - Raddrizzatore.....pag 10-11
 - Filtro.....pag 11
 - Stabilizzatore.....pag 11
 - Calcoli.....pag 11-12

- Ricevitore FM
 - Descrizione generale.....pag 13
 - Antenna.....pag 14
 - Filtro a RF.....pag 14
 - Amplificatore a RF.....pag 14
 - Mixer e oscillatore locale.....pag 14
 - Amplificatore-filtro a frequenza intermedia.....pag 14
 - Demodulatore.....pag 15
 - Amplificatore audio.....pag 15
 - AGC (Automatic Gain Control).....pag 15
 - AFC (Automatic Frequency Control).....pag 15
 - Descrizione schema elettrico.....pag 16
 - Diodo varicappag 17
 - Calcoli.....pag 18-19

- Amplificatore di potenza
 - Descrizione e scelta del circuito.....pag 20
 - Tabella componenti.....pag 20
 - Descrizione TDA2002.....pag 20
 - Calcolipag 23
- Frequenzimetro
 - Descrizione e scelta del circuito.....pag 24
 - Descrizione SAB1165.....pag 24
 - Descrizione programma del PIC.....pag 25
 - Lista stazioni radio.....pag 26
- Manuale d'uso.....pag 27
- Costruzione e montaggio.....pag 28
- Tabella dei componenti.....pag 29
- Electromagnetism.....pag 30
- Datasheets.....pag 31-32-33-34
- Tabella di collaudo.....pag 36-37
- Schema elettrico Alimentatore (allegato n°1)
- Schema elettrico Ricevitore (allegato n°2)
- Schema elettrico Amplificatore di potenza (allegato n°3)
- Schema elettrico Frequenzimetro (allegato n°4)
- Programma Microcontrollore (allegato n°5)

MODULAZIONE FM

La modulazione di frequenza viene ottenuta facendo variare la **frequenza** del segnale portante in modo proporzionale all'**ampiezza** del segnale modulante.

Per esempio si consideri, per semplicità, un segnale modulante sinusoidale di tipo coseno, avente frequenza f_m e, per convenienza matematica, una portante sinusoidale di tipo coseno e avente frequenza f_p :

$$V_m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$$

$$V_p(t) = A_p \cos(2\pi f_p t)$$

Dove A_m e A_p sono l'ampiezza del segnale modulante e della portante.

Nella modulazione FM la frequenza istantanea del modulato, indicata con $f_{FM}(t)$, varia attorno alla frequenza della portante in modo proporzionale all'ampiezza del modulante:

$$f_{FM}(t) = f_p + k_1 A_m \cos(2\pi f_m t)$$

dove k_1 è la costante di proporzionalità tipica del modulatore, è il fattore di conversione da ampiezza [V] a frequenza[Hz] che caratterizza il modulatore: indica di quanti Hertz cambia la frequenza a fronte della variazione di 1V nell'ampiezza della modulante.

La modulazione FM è caratterizzata dai seguenti fattori:

- **Deviazione di frequenza**

La deviazione di frequenza (Δf) è la massima variazione di frequenza, rispetto a f_p , che subisce il segnale modulato:

$$\Delta f = k_1 A_m$$

La deviazione di frequenza dipende dalla costante del modulatore e dall'ampiezza del modulante. Se si aumenta l'ampiezza del modulante, perciò, aumenta la deviazione di frequenza e conseguentemente l'occupazione di banda.

- **Indice di modulazione:**

Nella modulazione FM l'indice di modulazione m_f viene definito nel modo seguente:

$$m_f = \frac{k_f A_m}{\omega_m} = \frac{\Delta f}{f_m}$$

Dove:

Δf : deviazione di frequenza del segnale modulato;

f_m : frequenza (massima) del segnale modulante.

Al contrario dell'AM, nell'FM l'indice di modulazione può essere maggiore di 1.

- **Occupazione di banda del segnale modulato:**

La determinazione esatta della banda di un segnale modulato in FM risulta alquanto laboriosa, in quanto richiede la conoscenza dello spettro del segnale modulato, cosa matematicamente tutt'altro che semplice. Nella pratica, perciò, viene normalmente utilizzata la *formula di Carson* per calcolare in modo approssimato, ma semplice, la banda di un segnale modulato in FM:

$$B \cong 2(\Delta f + f_{max})$$

Dove:

Δf : deviazione di frequenza;

f_{max} : massima frequenza contenuta nel segnale modulante.

Per esempio nelle trasmissioni FM commerciali (operanti all'incirca da 88 MHz a 108 MHz) il segnale modulante è un segnale audio che può assumere frequenze comprese tra circa 30Hz e 15kHz (con cui si trasmette anche musica). Per limitare l'occupazione di banda le normative impongono che la massima deviazione di frequenza sia pari a 75kHz. Di conseguenza la massima occupazione di banda del segnale modulato risulta pari a :

$$B_{max} = 2(\Delta f + f_{max}) = 2(75000 + 15000) = 180kHz$$

La banda di un canale FM (su cui trasmette una stazione radio) deve essere superiore a tale valore, per avere dei margini che evitino interferenze tra canali adiacenti, ed è pari a 200kHz.

- **Potenza del segnale modulato:**

In FM l'ampiezza del segnale modulato non varia e rimane sempre uguale a quella della portante A_p . Perciò, indicando con R la resistenza su cui viene dissipata, la potenza totale di un segnale modulato in FM risulta uguale a quella della portante:

$$P_{tot} = P_{port} = \frac{A_p^2}{2R}$$

All'aumentare della deviazione di frequenza, ottenuta aumentando l'ampiezza del segnale modulante, la potenza totale trasmessa non cambia, mentre si allarga la banda del modulato in quanto aumenta la deviazione di frequenza Δf .

Analizzando lo spettro di un segnale modulato in frequenza si possono trarre alcune deduzioni:

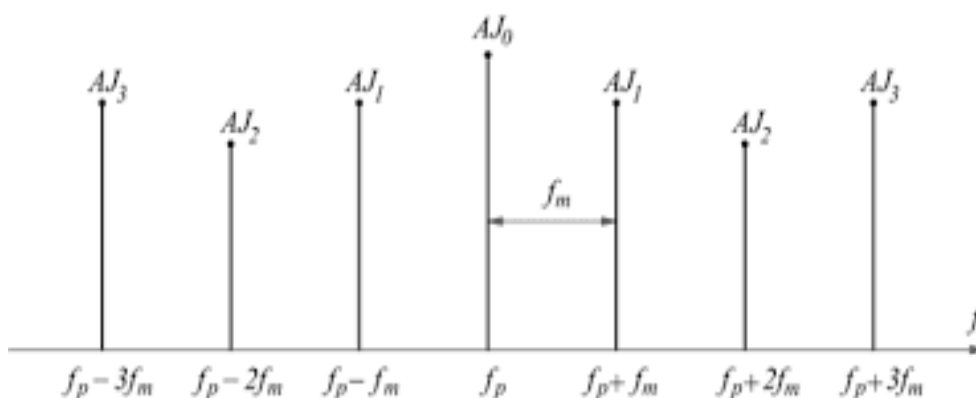


Figura 1 Grafico Potenza FM

1. Lo spettro di un segnale modulato in FM è composto da infinite righe (componenti laterali) distanziate tra loro di f_m .
2. Le funzioni di Bessel $J_n(m_f)$ sono dei coefficienti che determinano l'ampiezza delle righe spettrali. Infatti l'ampiezza della n-esima riga spettrale è data dal prodotto tra l'ampiezza della portante A_p e il valore che assume la funzione di Bessel avente ordine corrispondente al numero della riga e argomento pari all'indice di modulazione m_f : $A_p J_n(m_f)$.
3. Vi è una simmetria rispetto alla frequenza portante per cui la componente a frequenza $f_p + n f_m$ ha la stessa ampiezza della componente a frequenza $f_p - n f_m$.

i

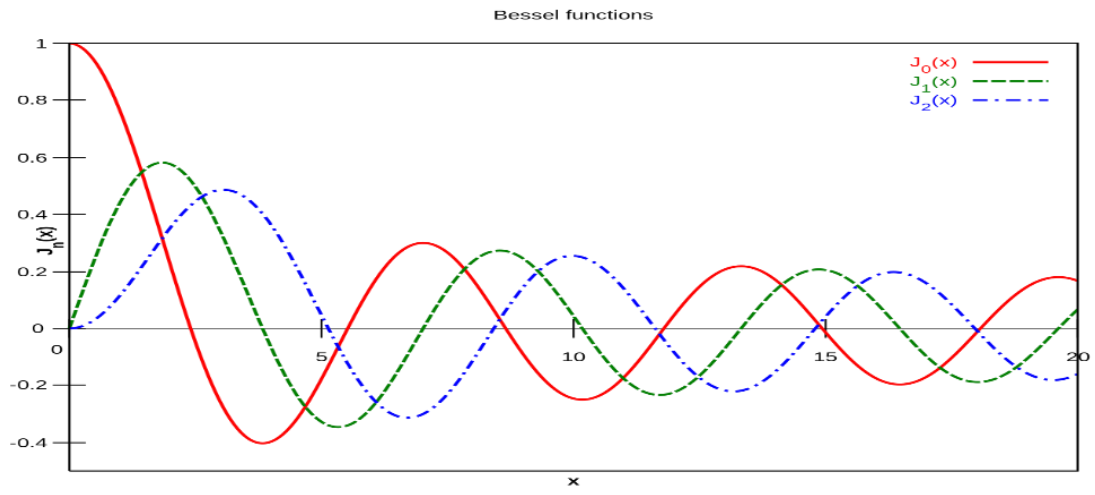


Tabella 1: Grafico funzioni di Bessel

Descrizione del progetto – specifiche del progetto

Tale progetto consiste nel creare un circuito elettronico che funga da “ricevitore radio FM”, utilizzando un circuito integrato(TDA7000). Ovvero: attraverso un’antenna marconiana si ricevono i segnali provenienti dalle varie stazioni radio; l’integrato TDA7000 provvederà ad elaborare il segnale captato e ad estrapolare l’informazione trasmessa.

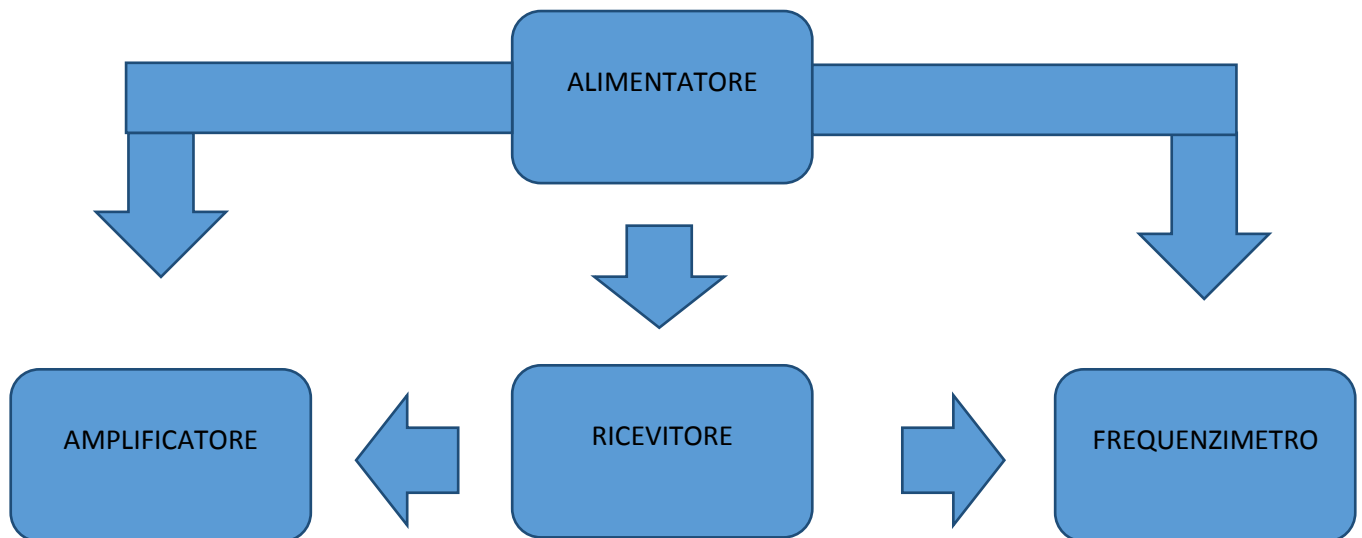
Successivamente il segnale verrà mandato in un amplificatore operazionale (TDA2002) che avrà il compito di amplificare il segnale audio.

Infine si preleverà da un piedino dell’integrato ricevitore il segnale portante che servirà come ingresso per il frequenzimetro.

Il frequenzimetro avrà il compito di individuare la frequenza alla quale siamo sintonizzati e scriverla sul display LCD insieme al nome della stazione radio corrispondente.

L’intero dispositivo verrà alimentato da un circuito alimentatore progettato appositamente per due tensioni (5V e 12V).

Schema a blocchi



Di seguito verrà analizzato dettagliatamente ogni singolo blocco che compone il dispositivo, andando ad evidenziare le funzionalità e le specifiche dei componenti.

Alimentatore:

Per alimentare l'intero dispositivo si necessita di 2 diverse alimentazioni: 5V per ricevitore, frequenzimetro e per il diodo varicap; 12V per l'amplificatore di potenza. Il circuito dell'alimentatore è in allegato (n°1).

Si fa notare che il trasformatore, l'interruttore e il fusibile sono stati montati per comodità esterni alla basetta dell'alimentatore mediante l'uso di alcuni cavi.

Suddividiamo questa parte del progetto in blocchi:

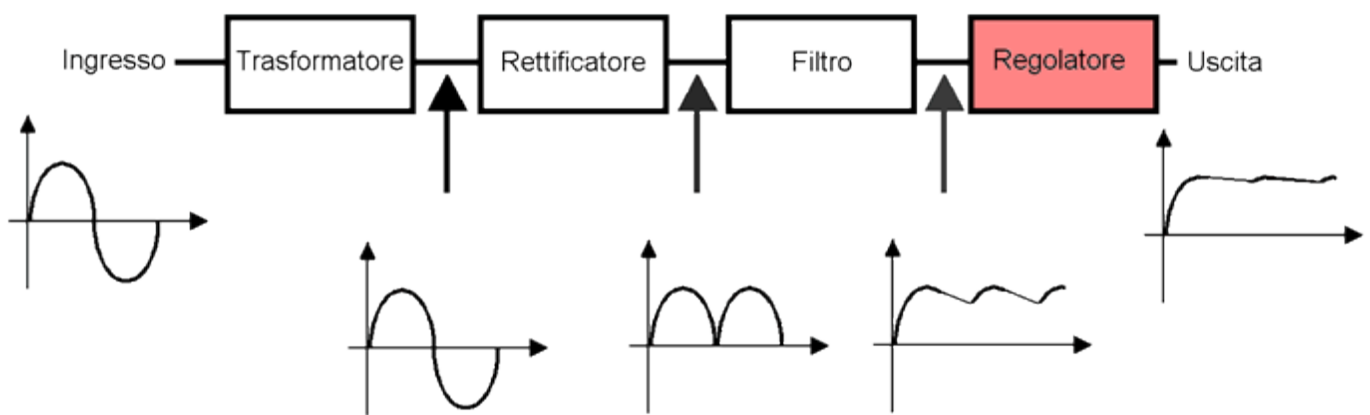


Figura 2: Schema a blocchi alimentatore

Trasformatore:

Questo è il primo blocco del circuito comprendente il trasformatore. Il trasformatore è un dispositivo elettrico che ha lo scopo di abbassare la tensione di rete, che normalmente è di 230V efficaci, a valori compatibili con la tensione che l'alimentatore deve fornire.

La tensione sul secondario è data dal rapporto di trasformazione:

$$r_t = \frac{V_{primario}}{V_{secondario}}$$

Raddrizzatore:

Il raddrizzatore è composto da 4 diodi, che possono essere scolti (1N400x) o in un contenitore integrato (KBL04).

I diodi sono messi nella configurazione a ponte di Graetz in modo da rendere la tensione alternata d'ingresso monodirezionale.

Tenendo conto della tensione di soglia dei diodi, la tensione d'uscita è minore di circa 1,2V/1,4V rispetto a quella d'ingresso.

Filtro:

Questo blocco comprende un condensatore da 1000uF, posizionato subito dopo il raddrizzatore, che verrà utilizzato per eliminare una porzione predeterminata dello spettro del segnale posto in ingresso.

Stabilizzatore:

Lo stabilizzatore, o più comunemente chiamato regolatore, non è altro che un semplice integrato: il 78xx.

In questo progetto sono presenti un 7805 e un 7812.

Questo tipo di integrato, racchiuso in un contenitore TO220, è in grado di rendere stabile e a valore predefinito (in base alle ultime due cifre del nome) la tensione di ingresso; inoltre è in grado di erogare fino ad 1A.

Dopo lo stabilizzatore sono stati aggiunti altri 2 condensatori, per rendere ulteriormente stabile la tensione d'uscita.

Infine è stato aggiunto un diodo LED per la visualizzazione dello stato del dispositivo.

Ovviamente è stata calcolata la resistenza in modo tale da far passare nel LED una corrente di 10mA:

$$R = \frac{V - V_Y}{I} = \frac{5 - 0.7}{10m} = 330\Omega$$

Infine è stato necessario verificare, con i calcoli scritti di seguito, se i due regolati necessitano di dissipatori. Ora verifichiamo per il 7805:

$$V_i = V_{eff} * \sqrt{2} = 12\sqrt{2} \cong 17V$$

$$V_o = 5V$$

$$I_{omax} = 85mA$$

$$P_D = (V_i - V_o) \cdot I_{OMAX} = (17 - 5) \cdot 80m = 1W$$

$$R_{thj-a} 50^{\circ}C/W$$

$$R_{thj-amax} = \frac{T_{jmax} - T_a}{P_d} = \frac{125 - 50}{1} = 75^\circ C/W$$

La resistenza massima giunzione-ambiente è maggiore di quella prefissata, quindi non serve il dissipatore.

Ora ripetiamo lo stesso calcolo per il 7812:

$$V_i = V_{eff} * \sqrt{2} = 12\sqrt{2} \cong 17V$$

$$V_o = 12V$$

$$I_{omax} = 90mA$$

$$P_D = (V_i - V_o) \cdot I_{OMAX} = (17 - 12) \cdot 90m = 450mW$$

$$R_{thj-a} 50^\circ C/W$$

$$R_{thj-amax} = \frac{T_{jmax} - T_a}{P_d} = \frac{125 - 50}{0,45} = 167^\circ C/W$$

La resistenza massima giunzione-ambiente è maggiore di quella prefissata, quindi non serve il dissipatore.

Ricevitore FM

In generale, un ricevitore radio o TV (commerciale) è l'apparato tramite il quale è possibile selezionare una tra le n stazioni emittenti il cui segnale giunge all'apparecchio, quella sulla quale ci si sintonizza, e di ricevere le informazioni da essa trasmesse.

Un ricevitore, quindi, non comprende solamente i circuiti di demodulazione e di amplificazione, ma anche quelli che consentono la selezione della stazione desiderata.

Per effettuare la selezione direttamente a RF (radio frequenza), il ricevitore dovrebbe comprendere dei filtri passa banda con frequenza centrale variabile, tramite un apposito comando. Per questo progetto abbiamo scelto come integrato ricevitore il TDA7000, un integrato che si basa sulla tecnica della **conversione supereterodina**.

Un ricevitore che opera secondo questa tecnica, denominato *ricevitore supereterodina*, trasla i segnali captati dall'antenna a una frequenza fissa, nota come *frequenza intermedia* (f_i), più bassa delle RF, prima di effettuare il filtraggio che seleziona la stazione scelta ed elimina le frequenze indesiderate.

Questo è lo schema di un ricevitore FM:

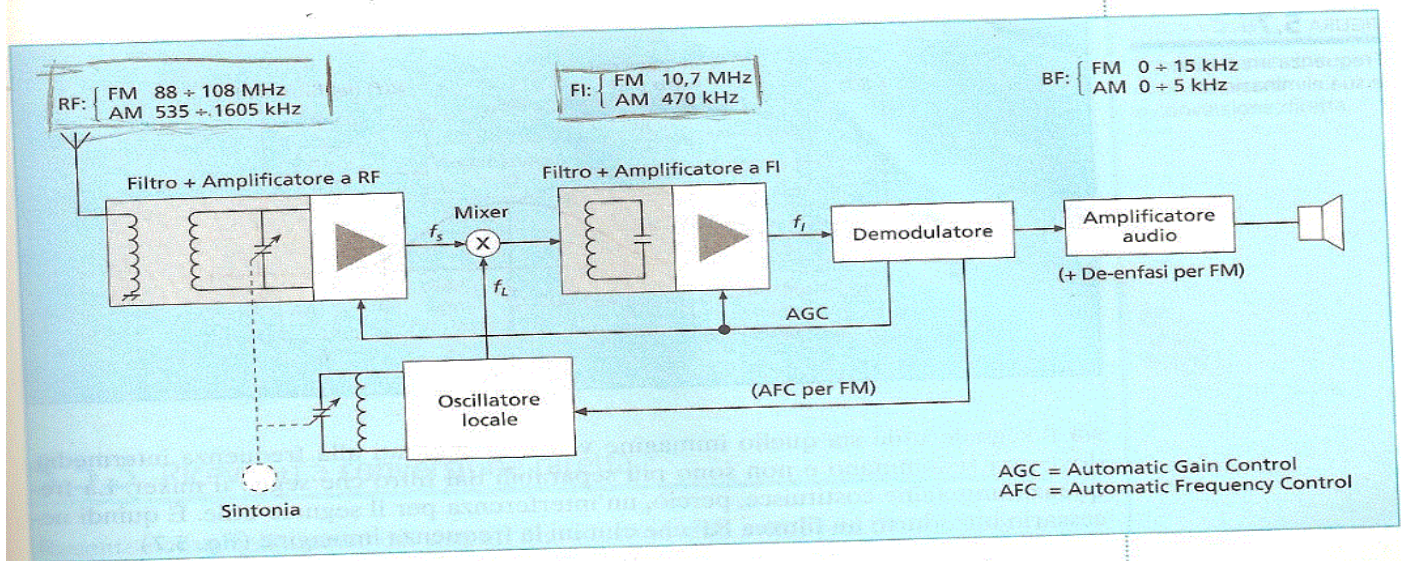


Figura 3: Schema a blocchi ricevitore supereterodina

- **Antenna:**

Converte le onde elettromagnetiche in segnale elettrico.

- **Filtro a RF:**

Ha il compito di eseguire un prefiltraggio a banda relativamente larga (**NON** seleziona esclusivamente il canale radio prescelto), per eliminare le frequenze che potrebbero interferire con il processo di conversione effettuato dal mixer.

Il filtro a RF presente nel ricevitore supereterodina non ha tanto il compito di selezionare la stazione prescelta, quanto quello di eliminare la *frequenza immagine* (f_{si}) dallo spettro del segnale che si fornisce in ingresso al mixer.

Viene così denominata la frequenza simmetrica della frequenza del segnale utile, f_s , rispetto alla frequenza dell'oscillatore locale f_L :

$$\begin{aligned}f_s &= f_L - f_I \\f_{si} &= f_L + f_I\end{aligned}$$

Se si presentano all'ingresso del mixer sia la frequenza utile sia quella immagine, si verifica un'interferenza tra di esse in uscita, a frequenza intermedia.

- **Amplificatore a RF**

Eleva il livello del segnale che giunge dall'antenna.

- **Mixer ed oscillatore locale:**

Il mixer effettua la conversione verso il basso del segnale captato traslandolo dalla RF alla frequenza intermedia, eseguendo il prodotto tra il segnale a radiofrequenza e il segnale generato da un oscillatore locale.

Alla sua uscita sono presenti, oltre a termini spuri, segnali pari alla somma e alla differenza tra i due segnali in ingresso.

Normalmente la frequenza differenza costituisce la frequenza intermedia, ossia la frequenza fissa alla quale viene abbassato il segnale prima di essere amplificato e demodulato e alla quale viene eseguito il filtraggio che consente di selezionare la stazione desiderata.

- **Amplificatore-filtro a frequenza intermedia**

Amplifica e filtra il segnale a frequenza intermedia uscente dal mixer, eliminando le componenti spettrali indesiderate e selezionando così il canale (stazione) desiderato.

- **Demodulatore:**

La demodulazione di un segnale FM consiste nell'estrarre il segnale informativo dal segnale modulato in FM fornendo in uscita un segnale la cui ampiezza varia in modo proporzionale alla frequenza del segnale modulato.

- **Amplificatore audio:**

Amplifica il segnale audio demodulato, ovvero l'informazione trasmessa.

- **AGC (controllo automatico del guadagno):**

E' un circuito che consente di limitare le variazioni di livello che, per cause varie, può subire il segnale captato dall'antenna. In pratica se aumenta il livello del segnale captato questo circuito diminuisce il guadagno degli amplificatori, mentre se il livello diminuisce esso aumenta il guadagno. Così facendo, anche se varia il livello del segnale captato dall'antenna, il segnale presente all'uscita del ricevitore ha un livello all'incirca costante. In definitiva l'ACG evita fastidiose variazioni di livello durante l'ascolto del segnale captato da una stazione.

- **AFC (controllo automatico di frequenza):**

Nei modulatori FM l'oscillatore locale su cui si agisce per ottenere la modulazione di frequenza non è un oscillatore al quarzo, ma ad alta precisione.

Esso, infatti deve variare la propria frequenza in accordo con il segnale modulante e quindi non può essere rigidamente vincolato ad una singola frequenza di lavoro.

Di conseguenza sorge un problema legato alla stabilità in frequenza della portante con la quale si trasmette, poiché le variazioni di temperatura, l'invecchiamento dei componenti e altri fattori ancora possono provocare una lenta variazione, causando diversi inconvenienti (interferenze, ecc.).

Per ovviare a questo problema è stato introdotto il *controllo automatico di frequenza* (A.F.C.), il quale interviene per correggere le eventuali derive (variazioni lente) di frequenza della portante.

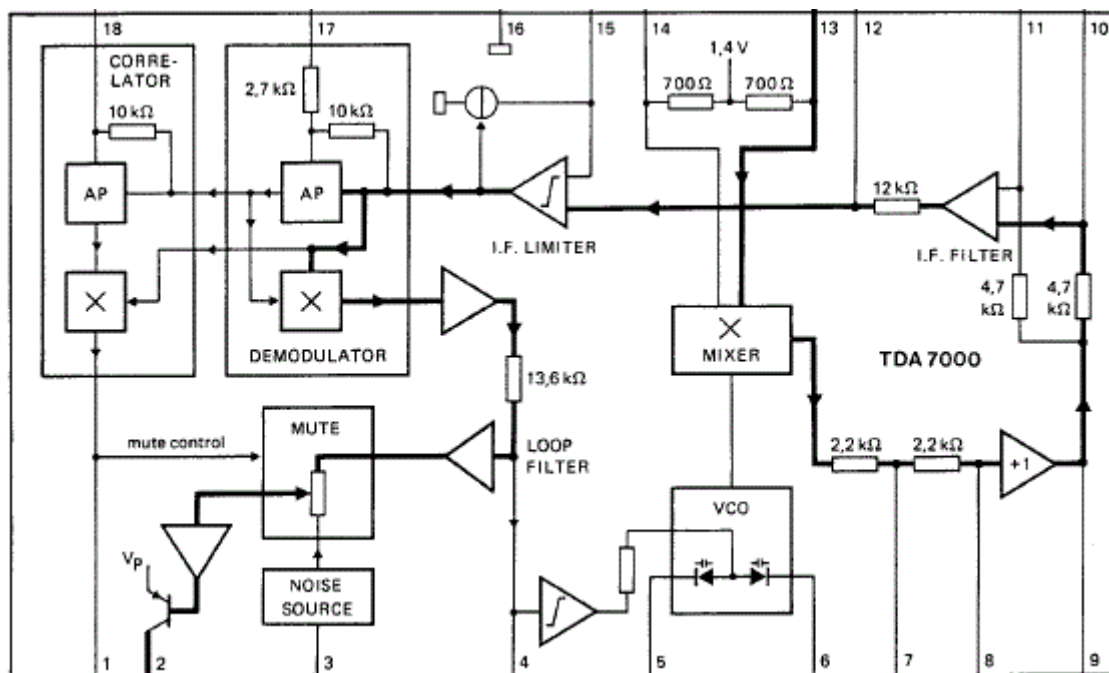


Figura 4: schema interno integrato TDA7000

Di solito, in un ricevitore FM, la frequenza intermedia è di 10,7 MHz, ma nel caso del TDA7000 è di 70 kHz; questo per poter sfruttare dei circuiti ad amplificatori operazionali, con banda di 1 MHz circa.

Descrizione dello schema elettrico del ricevitore:

Lo schema elettrico del ricevitore è in allegato (n°2)

Il segnale captato dall'antenna viene filtrato contemporaneamente da un filtro passa-basso (C14-L1) e un filtro passa-alto (C13-L1), che insieme formano un filtro passa banda LC. Questo filtro fa passare i segnali con frequenza compresa tra 88 MHz e 108 MHz circa.

Per la sintonia è stato utilizzato un diodo varicap tipo BB329.

Un diodo varicap non è altro che un diodo che, al variare della tensione inversa ai suoi capi, varia la sua capacità.

Dopo vari calcoli e varie prove, si è stabilito un ipotetico valore del diodo varicap assunto alla massima e alla minima frequenza voluta (88-108MHz); successivamente si è analizzato il grafico che relaziona la capacità alla tensione inversa, per sapere la tensione da applicare ai capi del diodo varicap.

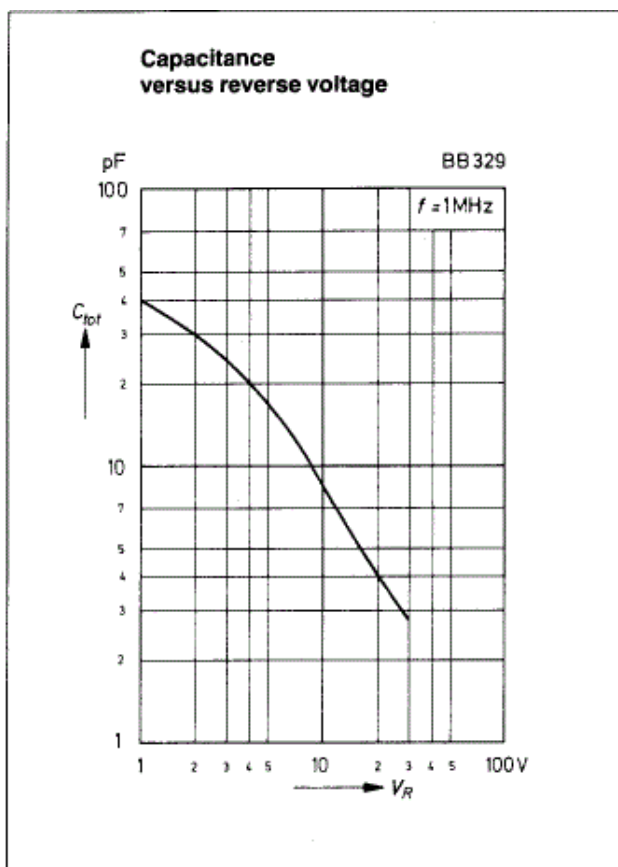
Per poter avere una capacità variabile da 25pF a 40pF circa si è dovuto usare un partitore di tensione composto da R2 ed R3.

In particolare per R2 abbiamo utilizzato un potenziometro di precisione.

Per i valori degli altri condensatori abbiamo fatto riferimento al datasheet dell'integrato TDA7000: i valori sono stati predisposti per determinare le frequenze dei filtri attivi di media frequenza (MF), dell'amplificatore di MF e del demodulatore. Si deve prestare particolare attenzione ad usare condensatori ceramici e non poliestere, poiché non sono molto prestanti a radiofrequenze.

Il diodo varicap:

La zona di giunzione P-N dei diodi, quella in cui si crea la barriera costituita da due strati di cariche elettriche di segno opposto, può essere considerata come una piccola pila. Ma gli strati di cariche positive e negative si comportano, a tutti gli effetti, come un condensatore la cui capacità è normalmente di qualche decina di picofarad. La



capacità sussiste anche se le superfici delle armature sono molto ridotte. Ciò vale naturalmente per i diodi normali, mentre per quelli più moderni il valore capacitivo raggiunge le centinaia di picofarad. Per sfruttare questa particolarità, occorre polarizzarli inversamente, in modo che non conducano corrente, simulando lo stato di isolamento tra le armature di un condensatore reale. La caratteristica più saliente di questa capacità allo stato solido è di variare il proprio valore con il variare della tensione applicata al diodo. Questo fenomeno risulta evidenziato in componenti appositamente concepiti e

denominati *diodi varicap*.

Man mano che aumenta la tensione inversa, applicata al diodo, la barriera respinge con maggior energia le cariche che formano le armature del condensatore, determinando una diminuzione di capacità.

Il diodo varicap si comporta quindi come un vero e proprio condensatore variabile, nel quale le variazioni capacitive sono ottenute facendo variare la tensione sui terminali del diodo.

Questo componente rimpiazza il vecchio varicap, poiché si ottiene un notevole risparmio di spazio; si può pilotare la sintonia tramite una tensione.

Il diodo varicap è usato nei circuiti di controllo automatico della frequenza (AFC), nei ricevitori a modulazione di frequenza; nei sintetizzatori di frequenza, nei V.C.O. e nel settore televisivo, dove è possibile ottenere la perfetta sintonizzazione dei singoli canali tramite semplici pulsantiere.

Si è scelto il diodo varicap soprattutto in base alla reperibilità: si trovano facilmente, ma in SMD.

Quindi si è scelto il BB329 poiché è stato trovato in un contenitore identico ad un normale diodo rettificatore.

Successivamente dopo aver dimensionato i condensatori nel circuito di sintonia del ricevitore siamo andati a ricavarci, tramite dei calcoli e avendo fatto riferimento a vari parametri (diametro interno, lunghezza e numero di spire), il valore della bobina, che si aggira attorno ai 30nH.

Grazie al grafico del BB329 siamo andati a ricavare la tensione che dobbiamo applicare ai suoi capi e di conseguenza anche il partitore che dovremmo progettare.

La tensione deve andare da 0V a 3,6V, quindi si fa un piccolo partitore di tensione:

Sapendo che il potenziometro usato (R2) ha un valore di 10kΩ, siamo andati a calcolarci il valore delle due resistenze (R3 e R4):

$$VCC = 5 \text{ V} \quad R2 = RP = 10 \text{ K}\Omega \quad V_{\min} = 0\text{V} \quad V_{\max} = 3,6\text{V}$$

$$R3 = \frac{R2 \cdot VCC}{V_o} = \frac{10000 * 5}{3,6} = 3,88 \text{ K}\Omega$$

Quindi, per valori commerciali, andremo a prendere una resistenza da 3,9 KΩ.

Si fa presente che le bobine sono state costruite con del filo di rame smaltato da 0,7mm, facendo 5 spire unite (12mm di lunghezza circa) e diametro interno di 4mm. Il valore è circa di 30nH ed è stato calcolato grazie ad un apposito software messo a disposizione dalla scuola.

Calcoli:

Innanzitutto, si è calcolata la lunghezza dell'antenna, prendendo un'antenna stilo:

$$\lambda = \frac{c F}{4f}$$

Dove c è la velocità della luce (300000 km/s), F è il fattore di velocità (nel nostro caso è 1) ed f è la frequenza del segnale da ricevere.

Il tutto è diviso per 4 poiché l'antenna è a $\lambda/4$.

λ è la lunghezza dell'antenna. Si è preso 100MHz come frequenza centrale per comodità.

Quindi :

$$\lambda = \frac{3 * 10^8 * 1}{4 * 100 * 10^6} = 75cm$$

Amplificatore di potenza

Il segnale prelevato dall'integrato ricevitore ha una tensione di 75mV.

Poiché ha un'ampiezza ridotta, è necessario amplificarlo.

Per farlo abbiamo usato l'integrato TDA2002, amplificatore in grado di dissipare fino ad 8W ed alimentabile singolarmente (12 V).

Questo tipo di integrato è costruito apposta per carichi di bassa resistenza.

Lo schema finale è in allegato (n°3).

VIN è il segnale prelevato dall'integrato ricevitore; il condensatore C4 come anche il C5 servono per disaccoppiare da eventuali carichi.

R3 è un potenziometro logaritmico che serve per la regolazione del volume.

Lo schema è stato ricavato dal datasheet dell'integrato, tramite uno schema delle

Componente	Valore raccomandato	Scopo
C5	10uF	Disaccoppiamento in ingresso
C11	470uF	anti-ripple
C8	100nF	Bypass alimentazione
C6	1mF	Disaccoppiamento in uscita
C9	100nF	Stabilizzazione frequenza
CFB	$\cong \frac{1}{2\pi BR_1}$	Filtro passa-basso
R1	$(A_V - 1)R_2$	Determinazione guadagno ad anello chiuso
R2	2.2Ω	Guadagno ad anello chiuso
R6	1Ω	Stabilizzazione frequenza
RFB	$\cong 20R_2$	Filtro passa-basso

applicazioni tipiche.

Il guadagno è definito dal rapporto R1/R2, mentre la banda è definita dal condensatore CFB e dalla resistenza RFB.

L'integrato amplificatore, diversamente dal ricevitore, è stato necessario alimentarlo a 12V.

Contrariamente ad altri amplificatori, non necessita di un'alimentazione duale.

Inoltre sono stati applicati 2 filtri all'alimentazione, per evitare possibili disturbi.

L'operazionale è in configurazione non inverte, quindi il segnale d'uscita è in fase con il segnale d'ingresso.

L'amplificatore operazione ha resistenza d'ingresso nell'ordine dei MΩ, per questo approssimabile, in via teorica, all'infinito.

In questo tipo di configurazioni è necessaria una retroazione, ovvero collegare l'uscita al morsetto, in questo caso invertente, d'ingresso.

Se la retroazione fosse collegata all'altro morsetto d'ingresso, l'operazionale sarebbe in configurazione di comparatore.

Per calcolare la frequenza di taglio del filtro C_{FB} e R_{FB} abbiamo usato la formula di un semplice filtro passivo RC del 1° ordine:

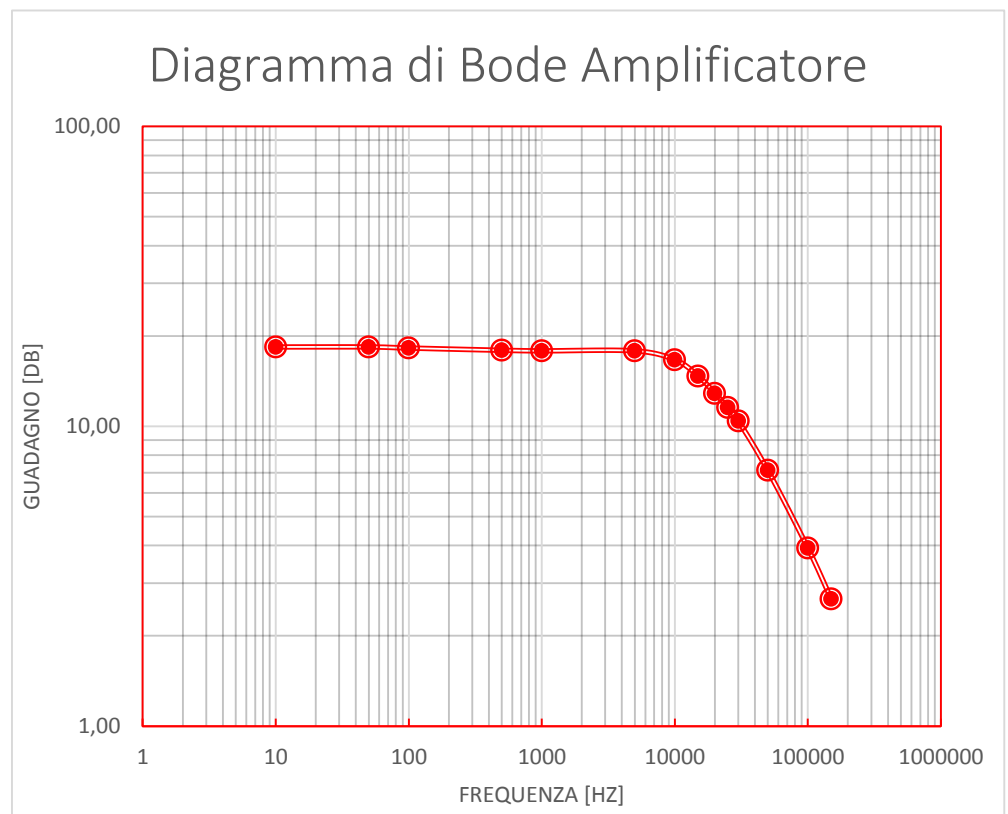
$$f_T = \frac{1}{2\pi \cdot C_{FB} \cdot R_{FB}}$$

Essendo nel campo audio la frequenza di taglio dovrebbe essere di circa 15kHz, ma per sicurezza e per una banda passante migliore l'abbiamo spostata circa mezza decade più avanti:

$$f_T = \frac{1}{2\pi \cdot 47n \cdot 47} \cong 72kHz$$

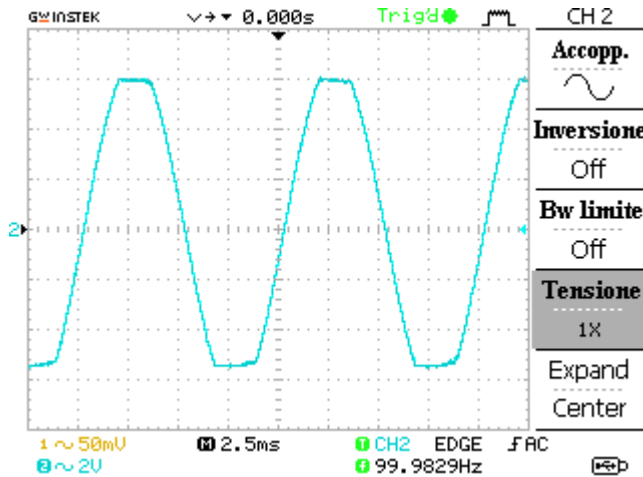
In fase di collaudo si è fatta un'analisi in frequenza riportando i dati raccolti nella tabella seguente:

Vo[V]	F[Hz]	G[dB]
5,8	10	18,37
5,8	50	18,37
5,7	100	18,22
5,5	500	17,91
5,45	1k	17,83
5,45	5k	17,83
4,76	10k	16,65
3,8	15k	14,69
3,08	20k	12,87
2,64	25k	11,53
2,32	30k	10,41
1,59	50k	7,13
1,1	100k	3,93
0,95	150k	2,65



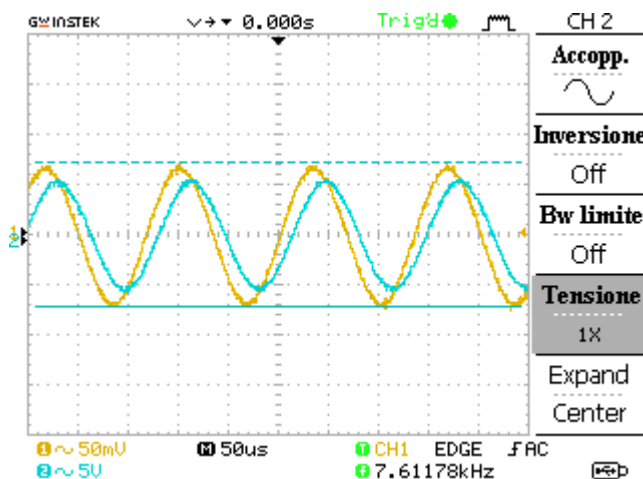
Dal diagramma di Bode si nota che la frequenza di taglio è all'incirca 15kHz, poiché l'operazionale internamente non riesce a sostenere frequenze così elevate ed essendo costruito appositamente per frequenze audio.

Contemporaneamente si è potuto vedere che, a basse frequenze, l'amplificatore operazionale va in saturazione, come si può vedere in figura.



L'operazionale va in saturazione a causa dell'elevato guadagno che ha in bassa frequenza.

Figura 5: Saturazione operazionale



Da quest'immagine invece notiamo la forma d'onda del segnale d'ingresso (linea gialla) e quella d'uscita (linea blu).

Figura 6: Segnale I/O

Come si può vedere dalla figura n°6 il guadagno è circa uguale a quello teorico

ovvero: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{220}{2.2} = 100.$

I valori sono stati presi posizionandosi ad una frequenza di centro banda circa (7,5kHz).

Visto che la forma d'onda è alla stessa altezza, si può prendere il valore di fondoscala.

Quindi: $\frac{5V}{50mV} = 100.$

Calcoliamo ora la potenza fornita alla cassa (con $R=4\Omega$):

$$P_D = \frac{V^2}{2R}$$

Dove V è la tensione che viene applicata ai capi della cassa che, dalle misure risulta circa $5,8V$ e R è la resistenza della cassa. Quindi avremo:

$$P_D = \frac{5,8^2}{2 \cdot 4} = 4,2W$$

In conclusione: il nostro amplificatore è in grado di dissipare fino $4,2W$.

Essendo un medio-alto wattaggio, si rende necessario verificare se il dispositivo ha bisogno di un dissipatore, come è stato fatto in precedenza per i regolatori:

$$P_D = 4,2W$$

$$R_{thj-a} 50^\circ C/W$$

$$R_{thj-amax} = \frac{T_{jmax} - T_a}{P_d} = \frac{125 - 50}{4} = 18,5^\circ C/W$$

L'integrato necessita di un dissipatore da $18^\circ C/W$.

Frequenzimetro

In questo si è voluto visualizzare in un display LCD la frequenza della stazione radio e il nome corrispondente. Lo schema finale è in allegato (n°4).

Si preleva la portante dal filtro selettivo del ricevitore, viene fatto disaccoppiare tramite C1 e collegato all'ingresso dell'integrato U1.

Questo integrato è il SAB1165, o più conosciuto come U664b, ed è un divisore di frequenza x64.

Non sono stati utilizzati dei semplici flip-flop o dei convertitori frequenza/tensione per il loro ridotto campo di lavoro (qualche decina di kHz): il SAB1165 ha un campo di lavoro da 80 MHz a 1 GHz.

L'integrato divisore è stato difficile da trovare, poiché bisognava tenere conto del campo di lavoro e la reperibilità dello stesso: l'integrato è stato trovato su negozio di elettronica online (elettronica 2000).

Quindi il segnale in uscita viene mandato in ingresso ad U2, che è un microcontrollore PIC16F88.

Questo tipo di microcontrollore è stato scelto con due criteri: package ridotto e la disponibilità di un convertitore A/D.

In seguito ad una semplificazione hardware, si è modificata anche la parte software: prima si usava l'ADC, mentre adesso vengono utilizzati 2 timer (timer0 e timer1). Infine, usando la PORTB del microcontrollore, andremo a pilotare un display LCD 2x16, sul quale si potrà visualizzare la frequenza e il nome della stazione su cui siamo sintonizzati.

È stato aggiunto esternamente al PIC un circuito di reset e un oscillatore al quarzo, con frequenza di 8MHz, per il clock.

Divisore di frequenza SAB1165:

Questo divisore di frequenza è conosciuto con vari nomi: SDA2101 e soprattutto U664b.

Questi integrati, non sono dei divisori di frequenza qualunque, perché hanno la particolarità di lavorare nel campo delle VHF (*very high frequency*).

Sono degli integrati fatti appositamente per essere collegati agli oscillatori locali di radio e TV.

Infatti lavorano dagli 80MHz a 1GHz, come è possibile vedere dal grafico seguente:

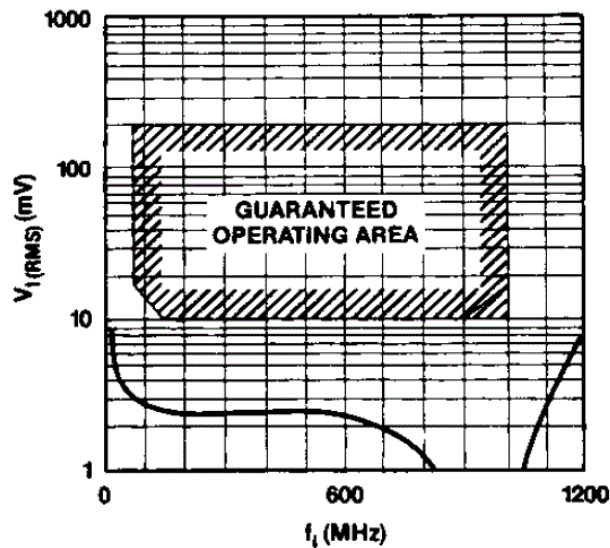


Figura 7: Area di lavoro SAB1165

Descrizione programma PIC:

Il programma in MikroC è in allegato (allegato n°5).

Inizialmente il PIC era stato scelto per la disponibilità dell'ADC; successivamente si è optato per una soluzione più semplice ed economica, eliminando un integrato.

Il segnale, ovviamente squadrato, viene mandato al piedino RB6 (del PIC16F88).

Questo piedino è usato come contatore esterno dal timer1.

Il timer0 viene usato come base dei tempi: impostando opportunamente dei registri (OPTION_REG e INTCON) e il valore iniziale del timer si avrà un overflow del timer ogni millisecondo.

Ad ogni overflow viene incrementata una variabile, che servirà poi per il calcolo della frequenza effettiva.

Mentre il timer0 viene usato come temporizzatore, il timer1 viene usato come contatore con "clock" esterno (RB6).

Il timer1 avrà il compito di contare il numero di fronti nell'arco di tempo stabilito dal timer0: viene incrementata una variabile (fronte), per sapere il numero dei fronti.

Questa variabile verrà usata per il calcolo della frequenza.

Questo timer viene usato appunto come contatore: innanzitutto perché ha una disponibilità di 16 bit, e poi perché il timer0 viene usato per altro scopo.

Avendo calcolato in seguito il numero di fronti, si è calcolata la frequenza tenendo conto dei fronti nell'arco di tempo di 1 millisecondo.

LISTA STAZIONI RADIO FM	
<i>frequenza[MHz]</i>	<i>Nome stazione</i>
88.1	Rai radio uno
88,4	Radio company
89,0	Rai radio 2
89,3	Radio DeeJay
89,9	Rai radio 3
90,4	Canale italia
90,9	Radio Padova
91,3	Radio Birikina
91,6	Radio Piterpan
94,4	Radio Maria
95,7	Virgin Radio
97,0	Radio bella & monella
98.1	Radio capital
98.7	Easy network.
102,5	RTL 102.5
103,2	R101
105	Radio Marilù

Quindi, avendo ora una frequenza, la si è fatta corrispondere alla stazione radio desiderata.

Purtroppo, avendo scelto di far rientrare la stazione in un range di frequenze e non ad un solo valore, non si è potuto optare per un switch case; quindi si è proceduto con dei semplici "if".

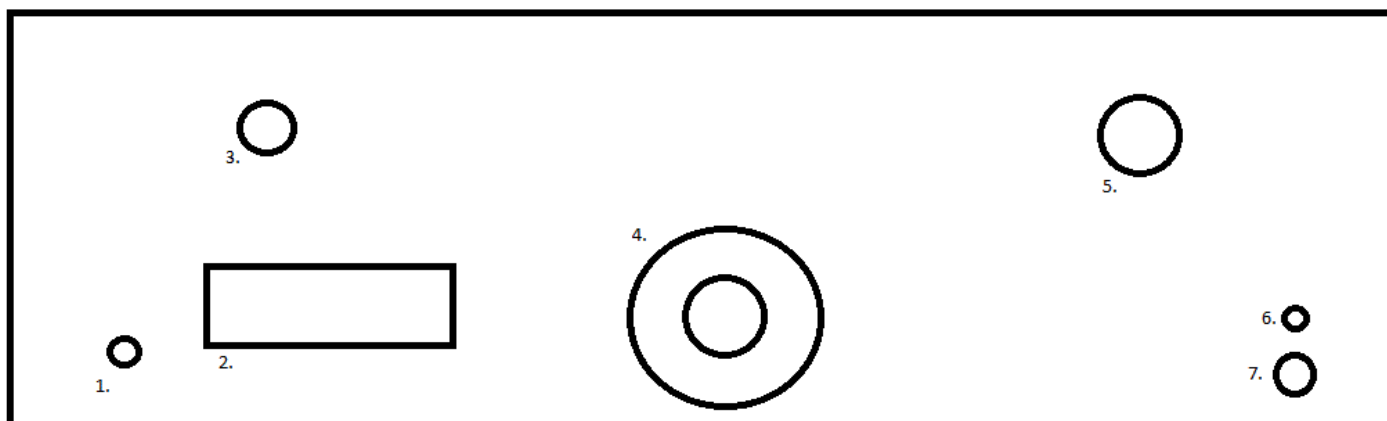
Dopo varie prove si è visto che andare a scrivere sul display ad ogni stazione occupava una quantità ingente di RAM, quindi, si è scelto di andare a copiare il nome della stazione su una stringa e quest'ultima andare a scriverla alla fine di tutti gli if. Insieme a questa stringa andremo a scrivere la frequenza, opportunamente trasformata in stringa, e la sua unità di misura.

Sempre dopo delle prove, si è reso necessario "pulire" il display ad ogni ciclo del programma,

poiché si è visto che, se la frequenza non rientrava in nessun caso, rimaneva la scritta della stazione selezionata per ultima.

Manuale d'uso

Innanzitutto si deve collegare la spina dell'alimentazione all'apposita rete.



1. Potenziometro per la regolazione del contrasto del display
2. Display LCD 2x16 per la visualizzazione della frequenza e corrispondente stazione radio
3. Potenziometro di regolazione del volume
4. Altoparlante 4Ω 15W
5. Potenziometro per la variazione della sintonia
6. LED per la visualizzazione dello stato del dispositivo
7. Interruttore di accensione



1. Antenna ricevente
2. Portafusibile
3. Spina per l'alimentazione

Costruzione – Montaggio

Una volta ricavati i vari schemi elettrici, sono stati disegnati in Orcad.

In seguito, lo abbiamo estratto in orcad Layout, dove sono state tracciate le piste e date le dimensioni ai fori e alla basetta.

Dopo aver ricevuto il PCB (Printed Circuit Board), sono stati praticati i fori secondo il layer DRD su layout, infine il montaggio dei componenti è stato eseguito seguendo lo schema nel layer AST.

In seguito i circuiti sono stati montati seguendo gli schemi layout, saldando i componenti in modo corretto con un saldatore e stando attenti a non creare cortocircuiti per non mandare in sovraccarico i circuiti e rovinarli. Infine è stato fatto un collaudo per ogni circuito.

Bisogna prestare particolare attenzione alla polarità dei condensatori poliestere e all'inserimento nel giusto verso dei vari integrati e al diodo varicap.

Inoltre si è fatta particolare attenzione alla costruzione delle bobine, specialmente alle dimensioni delle stesse e ad usare del filo smaltato.

Infine bisogna prestare particolare attenzione al collegamento dei vari circuiti e al collegamento con i componenti esterni (potenziometri, display, cassa, portafusibile, interruttore, LED).

Si è fatta attenzione soprattutto nel ricevitore, infatti si può notare uno schermo, fatto con una basetta ramata, in modo da schermare tutto il circuito.

Tabella dei componenti

N°	Q.tà	Valore	Modulo PCB	Descrizione	Costo(€)	Codice	Casa
1	1	10k	3STRIP	Potenziometro a filo 10k 10 giri	9,78	2/31030	Siben
2	1	6W	/////	Trasformatore 12+12 6W	7,06	3301001	Siben
3	1		/////	Portafusibile 5x20	1,5	4/10530	Siben
4	1	400mA	/////	Fusibili 5x20	0,25	FUSE5X20	Siben
5	1	7805	78xx	Regolatore di tensione 5V	1	L7805	Siben
6	1	7812	78xx	Regolatore di tensione 12V	1	UA7812	Siben
7	1	TDA2002	PENTA	Op-amp TDA2002	1,21	TDA2002	Siben
8	1	200k	3STRIP	Potenziometro logaritmico 200k	0,9	O007	Ebmstore
9	2	TDA7000	18DIPSL	Ricevitore FM TDA7000	2,53	TDA7000	Siben
10	1		/////	Deviatore bipolare	2	INTL2	Siben
11	1	SAB1165	8DIPSL	Divisore di frequenza x64	4,32	SAB1165	Elettronica 2000
12	1	8MHz	XTALV	Quarzo 8MHz	1,67	693-8793	RS Components
13	1		20DIPSL	PIC16F88	2,82	623-0487	RS Components
14	1	BB329	DO41	Diodo varicap Tipo BB329	0,1	BB329_S_CV34	Tekkna
15	4	1N4007	DO41	Diodi 1N4007	0,34	600098	Distrelec
17	2	1k	RP5	Resistenza 1/4 W	0,04	7077831	Distrelec
18	1	10k	RP5	Resistenza 1/4 W	0,04		Distrelec
19	1		PULSB	Pulsante per C.S.	0,1	ED01	EBMStore
20	2	10uF	CE1	Condensatore elettrolitico	0,36	820370	Distrelec
21	1	470uF	CE1	Condensatore elettrolitico	0,36	820371	Distrelec
22	1	1mF	CE2	Condensatore elettrolitico	0,36	820368	Distrelec
23	1	100nF	CP2	Condensatore poliestere	0,36	820365	Distrelec
24	1	2,2	RP5	Resistenza 1/4 W	0,04	7077838	Distrelec
25	1	220	RP5	Resistenza 1/4 W	0,04	7077848	Distrelec
26	1	47	RP5	Resistenza 1/4 W	0,04	7077848	Distrelec
27	1	1	RP5	Resistenza 1/4 W	0,04	7077848	Distrelec
28	1	1pF	CP2	Condensatore ceramico	0,36	820366	Distrelec
29	1	47nF	CP2	Condensatore poliestere	0,36	820475	Distrelec
30	1	8W 40hm	2STRIP	Altoparlante	/////		

Electromagnetic fields

Radio frequency fields can penetrate the human body and produce heating; but the body's thermoregulatory processes carry this heat away.

The depth of penetration depends of the frequency of the field and is greater for lower frequencies.

The high – intensity of radio frequency fields cannot cause ionization or radioactivity in the body.

Some studies tell us that: the exposition to radio frequency fields of low intensity can alter the electrical activity of the brain in cats and rabbits; the exposition to radio frequency fields of low intensity increase the risk of cancer among mice.

Other studies have suggested that radio frequency fields change the proliferation rate of cells or affect the genes in the DNA of cells.

Nowadays american people is increasingly fearful that the electromagnetic fields generated by overhead cables represent a serious threat to human health.

The research of Texas, New York, California and Louisiana have taken legal action to force electricity companies to delay, reroute and sometimes abandon construction of power lines.

Seven states have limited the power of the electric fields along the path of power lines.

When an electric current passes through a wire, it generates an electromagnetic field that exerts forces a surrounding object: their effects are so weak.

Who lives near power lines has more chance of developing cancers: the electrical workers increased the cancer rates.

Exposition to electromagnetic fields can affect the flow of chemicals alter the activity of hormones and change the behavior of cancer cells.

Wiring in the home electrical appliances and electronic equipment would also represent a threat.

What should we do? Electricity companies should certainly not construct new high tension lines anywhere near homes and schools.

The homebuyers sell homes away from power lines.

Datasheet TDA7000:

Supply voltage range (pin 5)	V_P	2,7 to 10 V
Supply current at $V_P = 4,5$ V	I_P	typ. 8 mA
R.F. input frequency range	f_{rf}	1,5 to 110 MHz
Sensitivity for -3 dB limiting (e.m.f. voltage) (source impedance: 75 Ω ; mute disabled)	EMF	typ. 1,5 μ V
Signal handling (e.m.f. voltage) (source impedance: 75 Ω)	EMF	typ. 200 mV
A.F. output voltage at $R_L = 22$ k Ω	V_o	typ. 75 mV

Datasheet BB329:

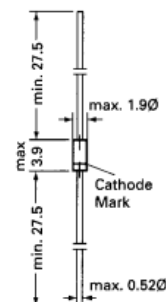
BB329

Tuner Diodes

Si Epitaxial Planar Capacitance Diode with very high effective capacitance ratio for tuning the whole VHF range in TV receivers, also suited for CTV.

These diodes are delivered matched according to the tracking condition described below.

The diodes are delivered taped.
Details see "Taping".



Glass case JEDEC DO-35
54 A 2 according to DIN 41 880

Weight approx. 0.13 g
Dimensions in mm

Absolute Maximum Ratings ($T_a = 25$ °C)

	Symbol	Value	Unit
Reverse Voltage	V_R	32	V
Junction Temperature	T_J	125	°C
Storage Temperature Range	T_S	-55 to + 150	°C

Datasheet TDA2002:

ELECTRICAL CHARACTERISTICS: $V_+ = 14.4\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified; see test circuit

CHARACTERISTICS	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Quiescent Output Voltage (Pin 4)		6.4	7.2	8.0	V
Quiescent Drain Current (Pin 5)			45	80	mA
Power Output	THD = 10% $A_V = 100$ $f = 1\text{ kHz}$ $V_+ = 16\text{ V}$ $R_L = 4\ \Omega$ $V_+ = 16\text{ V}$ $R_L = 2\ \Omega$ $V_+ = 14.4\text{ V}$ $R_L = 4\ \Omega$ $V_+ = 14.4\text{ V}$ $R_L = 2\ \Omega$		6.5 10 5.2 8		W W W W
Input Saturation Voltage (rms)		600			mV
Input Sensitivity	$A_V = 100$ $f = 1\text{ kHz}$ $P_{OUT} = 0.5\text{ W}$ $R_L = 4\ \Omega$ $P_{OUT} = 0.5\text{ W}$ $R_L = 2\ \Omega$ $P_{OUT} = 5.2\text{ W}$ $R_L = 4\ \Omega$ $P_{OUT} = 8\text{ W}$ $R_L = 2\ \Omega$		15 11 55 50		mV mV mV mV
Frequency Response (-3 dB)	$R_L = 4\ \Omega$ $C_{FB} = 39\text{ nF}$ $R_{FB} = 39\ \Omega$ See Figs 15, 19		40- 15000		Hz
Total Harmonic Distortion	$A_V = 100$ $f = 1\text{ kHz}$ $P_{OUT} = 0.05\text{-}3.5\text{ W}$ $(R_L = 4\ \Omega)$ $P_{OUT} = 0.05\text{-}5\text{ W}$ $(R_L = 2\ \Omega)$		0.2 0.2		% %
Input Resistance (Pin 1)	$f = 1\text{ kHz}$	70	150		k Ω
Voltage Gain (open loop)	$f = 1\text{ kHz}$ $R_L = 4\ \Omega$		80		dB
(closed loop)		39.5	40	40.5	dB
Input Noise Voltage	BW (-3dB) = 40-15000 Hz Note 1		4		μV
Input Noise Current			60		pA
Efficiency	$A_V = 100$ $f = 1\text{ kHz}$ $P_{OUT} = 5.2\text{ W}$ $R_L = 4\ \Omega$ $P_{OUT} = 8\text{ W}$ $R_L = 4\ \Omega$		68 58		% %
Supply Voltage Rejection Ratio	$A_V = 100$ $R_L = 4\ \Omega$ $R_g = 10\text{ k}\Omega$ $f_{\text{ripple}} = 100\text{ Hz}$ $V_{\text{ripple}} = 0.5\text{ V}$	30	35		dB

Note 1: Bandwidth (-3 dB) of test equipment = 10-25000 Hz

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Input Voltage ($V_O = 5V, 12V$ and $15V$) 35V
 Internal Power Dissipation (Note 1) Internally Limited
 Operating Temperature Range (T_A) 0°C to $+70^\circ\text{C}$

Maximum Junction Temperature
 (K Package) 150°C
 (T Package) 150°C
 Storage Temperature Range -65°C to $+150^\circ\text{C}$
 Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)
 TO-3 Package K 300°C
 TO-220 Package T 230°C

Output Voltage			5V			12V		
Input Voltage (unless otherwise noted)			10V			19V		
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max
V_O	Output Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}, 5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$	4.8	5	5.2	11.5	12	12.5
		$P_D \leq 15\text{ W}, 5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$ $V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$	4.75		5.25	11.4		12.6
ΔV_O	Line Regulation	$I_O = 500\text{ mA}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$ ΔV_{IN}	3	50	4	120	
			$0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}$ ΔV_{IN}		50		120	
		$I_O \leq 1\text{ A}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$ ΔV_{IN}		50		120	
			$0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}$ ΔV_{IN}		25		60	
ΔV_O	Load Regulation	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $5\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$ $250\text{ mA} \leq I_O \leq 750\text{ mA}$	10	50	12	120		
			$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}, 0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}$		50		120	
I_Q	Quiescent Current	$I_O \leq 1\text{ A}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$ $0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}$	8		8			
			8.5		8.5			
ΔI_Q	Quiescent Current Change	$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$		0.5		0.5		
		$T_j = 25^\circ\text{C}, I_O \leq 1\text{ A}$ $V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$		1.0		1.0		
		$I_O \leq 500\text{ mA}, 0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}$ $V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$		1.0		1.0		
V_N	Output Noise Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}, 10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$		40		75		
$\frac{\Delta V_{\text{IN}}}{\Delta V_{\text{OUT}}}$	Ripple Rejection	$f = 120\text{ Hz} \left\{ \begin{array}{l} I_O \leq 1\text{ A}, T_j = 25^\circ\text{C} \text{ or} \\ I_O \leq 500\text{ mA} \\ 0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C} \end{array} \right.$ $V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$	62	80	55	72		
			62		55			
				($8 \leq V_{\text{IN}} \leq 18$)		($15 \leq V_{\text{IN}} \leq 25$)		
R_O	Dropout Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}, I_{\text{OUT}} = 1\text{ A}$		2.0		2.0		
	Output Resistance	$f = 1\text{ kHz}$		8		18		
	Short-Circuit Current	$T_j = 25^\circ\text{C}$		2.1		1.5		
	Peak Output Current	$T_j = 25^\circ\text{C}$		2.4		2.4		
	Average TC of V_{OUT}	$0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}, I_O = 5\text{ mA}$		0.6		1.5		

Datasheet SAB1165:

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V_{CC}	Supply voltage (DC)	7	V
V_I	Input voltage	0 to V_{CC}	V
T_{STG}	Storage temperature range	-65 to +125	°C
T_J	Junction temperature	125	°C
θ_{CA}	Thermal resistance from crystal to ambient	120	°C/W

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS $V_{EE} = 0V$ (ground); $V_{CC} = 5V$; $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise specified.

The circuit has been designed to meet the DC specifications as shown below, after thermal equilibrium has been established. The circuit is in a test socket or mounted on a printed-circuit board.

SYMBOL	PARAMETER	LIMITS			UNIT
		Min	Typ	Max	
V_{OH} V_{OL}	Output voltage HIGH level LOW level			V_{CC} $V_{CC} - 0.8$	V V
I_{CC}	Supply current		42	50	mA

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS $V_{EE} = 0V$ (ground); $V_{CC} = 5V \pm 10\%$; $T_A = 0$ to $+70^\circ C$

SYMBOL	PARAMETER	LIMITS			UNIT
		Min	Typ	Max	
$V_{I(RMS)}$	Input voltage RMS value (see Figure 2) input frequency 70MHz 150MHz 300MHz 500MHz 900MHz 1GHz		9 4 3 3 2 3	17.5 10 10 10 10 17.5	mV mV mV mV mV mV
$V_{I(RMS)}$	Input overload voltage RMS value input frequency range 70MHz up to 1GHz			200	mV
$V_{O(P-P)}$	Output voltage swing	0.8	1		V
R_O R_O	Output resistance SAB1164 SAB1165		1 0.5		k Ω k Ω
ΔV_O	Output unbalance			0.1	V
t_{TLH}	Output rise time ¹ $f_i = 1GHz$		25		ns
t_{THL}	Output fall time ¹ $f_i = 1GHz$		25		ns

TABELLA DI COLLAUDO

N°	Descrizione	Valore teorico	Valore pratico
1	Controllo correttezza dei componenti ricevuti		
2	Controllo visivo della continuità delle piste del circuito		
3	Verifica correttezza stagnatura e mancanza di cortocircuiti tra le stagnature		

Alimentatore

N°	Descrizione	Valore teorico	Valore pratico
4	Collegare il cavo di alimentazione ad una presa di tensione di rete.		
5	Accendere il dispositivo tramite l'apposito interruttore		
6	Verificare l'accensione del diodo LED	ON	
7	Verificare la tensione all'uscita del secondario del trasformatore	12V a.c	
8	Verificare la tensione di uscita del 7805	5V	
9	Verificare la tensione di uscita del 7812	12V	
10	Spegnere il dispositivo		
11	Scollegare il cavo di alimentazione dalla presa		

Ricevitore

N°	Descrizione	Valore teorico	Valore pratico
12	Impostare un alimentatore da laboratorio a 5V e 50mA		
13	Collegare il circuito all'alimentatore		
14	Verificare che, tramite il potenziometro di sintonia, la frequenza del segnale sul pin 6 del TDA7000, varia		
18	Scollegare l'alimentazione		

Amplificatore

N°	Descrizione	Valore teorico	Valore pratico
19	Impostare l'alimentatore a 12V e 100mA		
20	Collegare il circuito all'alimentatore		

21	Impostare il generatore di funzioni con un onda sinusoidale di ampiezza circa 75mV e frequenza rientrante nel campo audio(15Hz-15kHz)		
22	Collegare il generatore di funzioni all'ingresso del dispositivo amplificatore (morsetto VIN).		
24	Verificare, agendo sul potenziometro del volume, il guadagno dell'amplificatore		
25	Misurare la tensione applicata sull'altoparlante, in modo tale da fare una misura di potenza		
26	Scollegare l'alimentazione		

Frequenzimetro

N°	Descrizione	Valore teorico	Valore pratico
27	Impostare l'alimentatore a 5V e 50mA		
28	Collegare il circuito all'alimentatore		
29	Collegare il segnale portante dal ricevitore e collegarlo al morsetto PORT del frequenzimetro		
30	Verificare, tramite un oscilloscopio, e agendo sul potenziometro dedicato alla sintonia, la massima e la minima frequenza sul piedino d'uscita del SAB1165	Min=1,375MHz Max=1,6875MHz	Min= Max=
31	Verificare, osservando il display, che la frequenza visualizzata si uguale a quella su cui siamo sintonizzati.		
32	Verificare, osservando il display, che la stazione radio sia uguale a quella predefinita		
33	Scollegare l'alimentazione		

Collaudo generale

N°	Descrizione	Fatto
34	Collegare la spina di alimentazione ad una presa.	
35	Accendere il dispositivo tramite l'apposito interruttore	
36	Verificare, agendo sui potenziometri di sintonia e volume, il funzionamento generale del dispositivo, osservando anche il display LCD	
37	Spegnere il dispositivo	
38	Scollegare il dispositivo dalla rete di tensione	