

Passa Banda Chebyshev

n s s b € e s s € a a b €

State pensando : **ANCORA UN ARTICOLO SUI FILTRI !!!** , non vi preoccupate il presente articolo che ho deciso di scrivere ha come obiettivo la praticità, pertanto è dedicato a tutti gli OM che in passato (ma che anche oggi) avevano intenzione di costruire qualche filtro di banda per la propria stazione, ma hanno rinunciato per la complicatezza delle formule o per la gravosità (che in seguito può sfociare in noia) dell'argomento.

Infatti il testo verrà strutturato in una prima parte nella quale saranno spiegate molto semplicemente delle tabelle precostruite che serviranno per la progettazione dei filtri e una seconda parte molto più pratica e interessante nella quale verranno progettati, simulati e realizzati 3 filtri Passa Banda per la ricezione in HF; a tal proposito rammento che saranno evitate formule matematiche, se non nello stretto necessario, mentre si utilizzerà una semplice calcolatrice anche di quelle tascabili.

Voglio ricordare che lo scopo è principalmente pratico e non è intenzione dell'autore sottostimare le capacità di analisi dei precedenti autori su questo argomento.

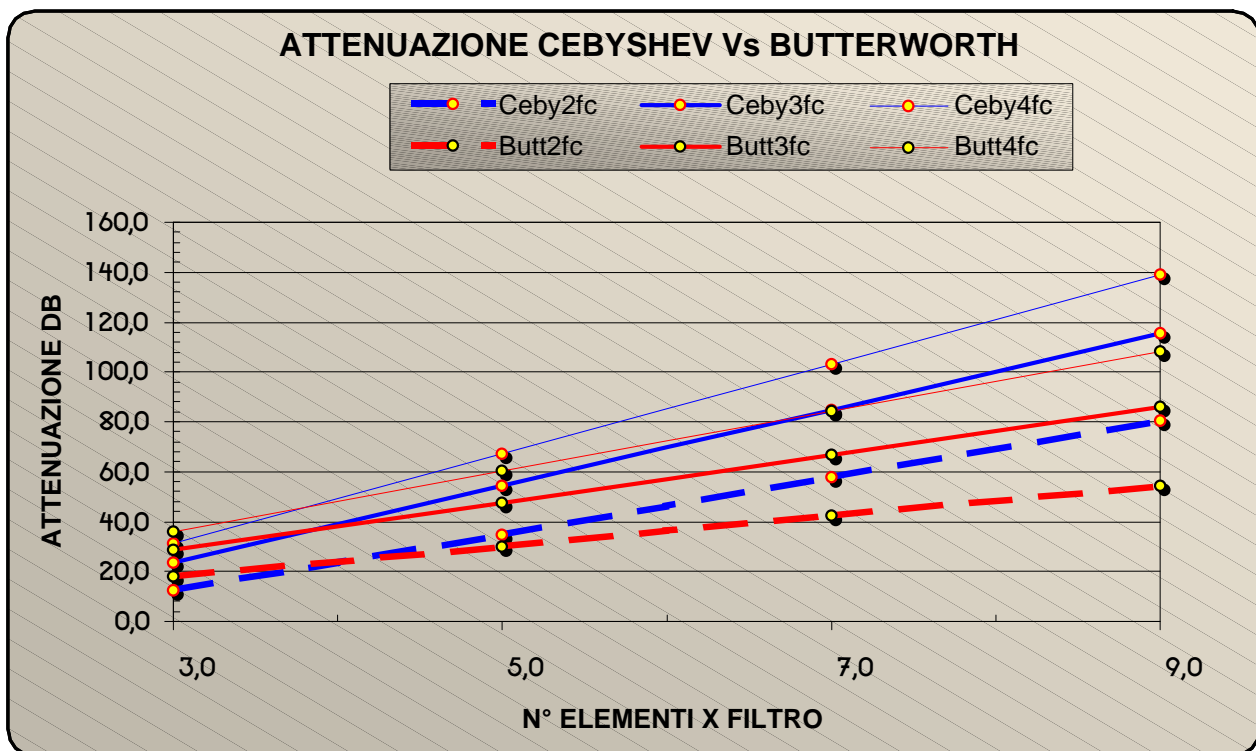


Fig. 1

Fatta questa premessa per introdurmi nell'argomento mi allacerò al buon e altrettanto chiaro articolo sui filtri presentato su RR di alcuni mesi fa da Gianfranco I2VGO dove anche lui in modo molto pratico presentava la costruzione dei filtri tipo Butterworth.

La scelta di usare filtri con un andamento tipo **Chebyshev** invece di **Butterworth** e come dicevo in precedenza di tipo pratico, cioè è vero che i secondi presentano un andamento

relativamente piatto in banda, quasi nessuna perdita d'inserzione, il ROS e praticamente lo stesso di quello del carico, però in fase di progettazione ho valutato anche altri aspetti; i valori di induttanza e capacità di maggiore reperibilità, maggiore attenuazione a parità del numero di celle del filtro, e anche la semplicità di calcolo.

Comunque nel caso sia sufficiente realizzare un filtro con un basso numero di elementi e possibile realizzarlo del tipo Butterworth, naturalmente questa valutazione va stimata in funzione del grado di attenuazione desiderato e pertanto si tratta di una soluzione vagliata dal progettista.

Il grafico di **Fig.1** può dare una idea del tipo di scelta da adottare in funzione dell'attenuazione; infatti si può notare che per un numero di elementi inferiore o uguale a 3 il valore di attenuazione fuori banda è maggiore per un filtro tipo Butterworth, mentre se il numero di elementi risulta essere maggiore di 5, allora l'attenuazione risulta incrementata maggiormente in un filtro con curva Chebyshev anche nel caso di 2,3,4 volte la frequenza centrale.

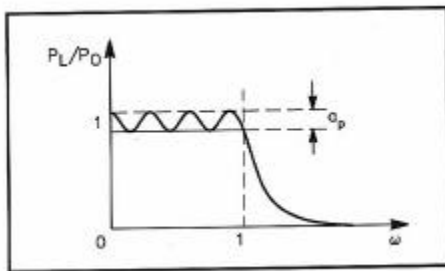


fig.2

I filtri Chebyshev presentano nella propria banda interessata, a differenza dei Butterworth, un ondulazione o ripple come da **Fig.2**; questa è necessario valutarla in fase di progettazione poiché dal valore scelto dipenderà anche la pendenza e pertanto l'attenuazione. Questo ripple riportato nelle tabelle seguenti rappresenta il valore in cui il segnale, che passa attraverso le celle del filtro, subirà una

attenuazione fluttuando; se questa attenuazione si accentua al di sotto del valore prescelto in un punto della banda passante siamo nelle condizioni di aver trovato la frequenza di taglio, infatti il comportamento risulta differente rispetto i comuni filtri compreso il B., dove la frequenza di taglio è per definizione un decremento del valore dell'ampiezza del segnale al di sotto dei 3dB .

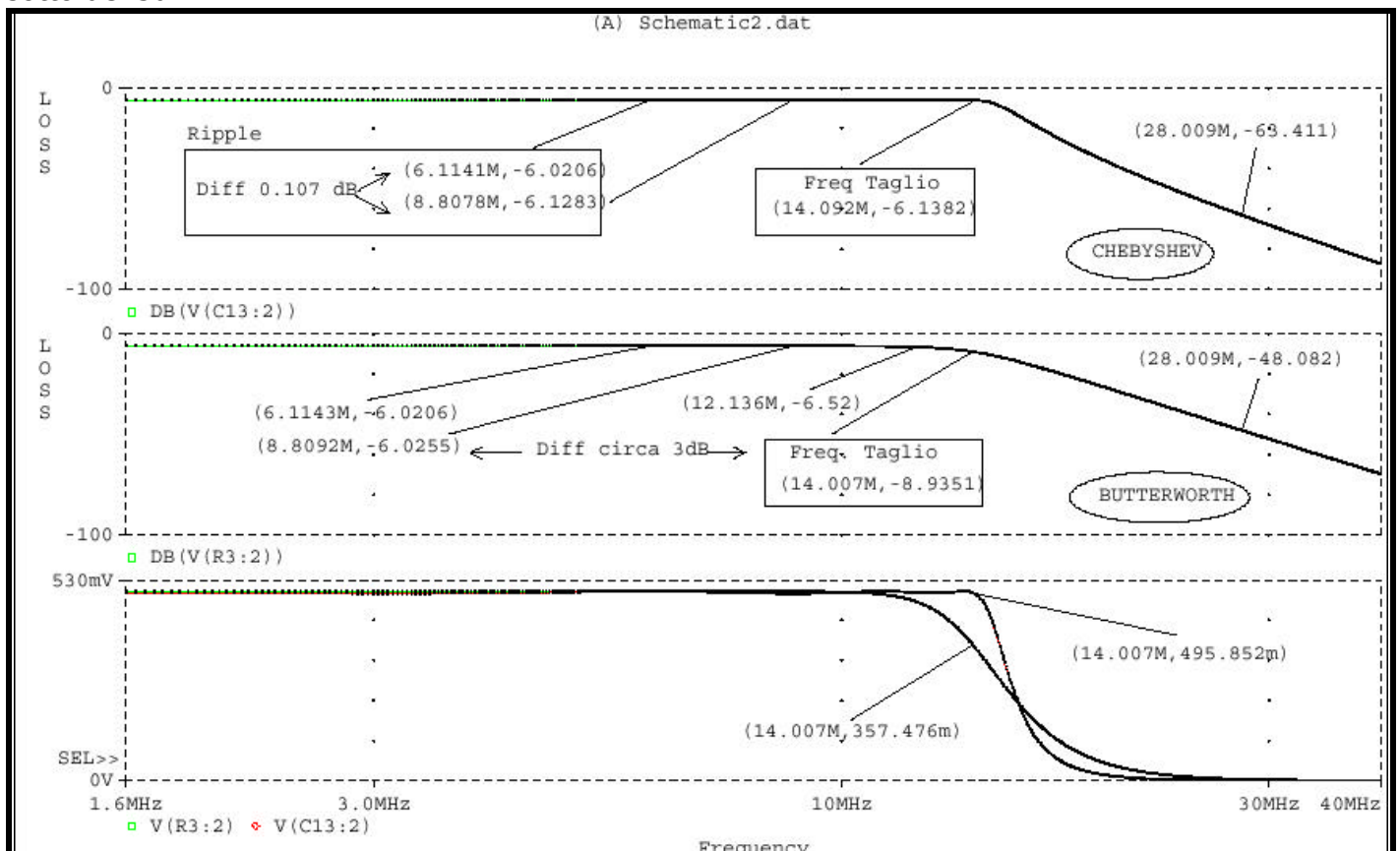


fig.3

La fig.3 rappresenta un ulteriore confronto tra i due tipi di filtri; la simulazione rappresenta due filtri passa basso entrambi a 7 poli, la cui $f_c = 14\text{Mhz}$. Nel tipo **Butterworth** si può notare che la freq. di taglio corrisponde a -3dB dal valore costante della banda passante (-6.0206/-6.0255), a 28Mhz l'attenuazione è circa **42dB**, però si perde segnale già a 12.136Mhz di circa 0.5dB. Nel tipo **Chebyshev** l'ondulazione è di circa 0.1dB, però la larghezza di banda risulta essere maggiore fino all'effettiva frequenza di taglio, inoltre al doppio della frequenza l'attenuazione risulta circa **57dB** (63.4 - 6.13), pertanto una differenza tra i due di circa 15dB.

A tal proposito il grafico di fig. 1 riporta i valori di attenuazione per un ripple di 0.1dB, con un SWR di 1.36. Ciò rappresentano un buon compromesso, poiché valori troppo alti di ripple è vero che consentono una maggiore attenuazione, ma è altresì vero che rendono più alto il valore del ROS e pertanto poco gestibile.

Si può notare anche che la differenza di attenuazione tra un filtro Butterworth e Chebyshev a parità di elementi può arrivare a circa 20dB.

La tabella 1 e le tabelle A,B,C,D sono state sintetizzate, elaborate e redatte da **W3NQN** e rappresentano la soluzione ideale per semplificare la realizzazione di filtri senza complessi calcoli matematici.

Pertanto i passi successivi sono :

- a) Scegliere il tipo di filtro tra le 4 opzioni disponibili come da **fig.4**.
- b) Scegliere, consultando la **TABELLA 1**, il livello di attenuazione necessario fuori banda rispetto 2,3,4..volte il valore della F_c , ed in base alla scelta effettuata annotare il n° di elementi che compongono il filtro ed il livello di ripple o SWR, che si può considerare accettabile.
- c) Posizionarsi su una delle 4 tabelle possibili (TabA,TabB,TabC,TabD) in funzione della configurazione del F. selezionata precedentemente, e individuare il numero di elementi, e di ripple .
- d) Individuata la riga a cui si fa riferimento e dividere il numero riportato di ogni componente per la frequenza centrale prescelta.
- e) Eseguire queste divisioni per tutti i componenti riportati.

Ricordarsi che il risultato delle capacità è in **pF**, delle induttanze in **uH**, rispetto un'impedenza di carico di 50 ohm.

A questo punto passiamo alla realizzazione dei 3 filtri passa banda per ricezione, che saranno costituiti da un filtro Passa alto con in cascata un filtro Passa basso e naturalmente con identica resistenza di carico; voglio premettere che a causa della ridotta banda passante il sistema più appropriato sarebbe stato quello di trasformare un filtro passa basso sostituendo i componenti della rete con dei circuiti risonanti LC sia in configurazione parallelo/serie, ma l'esempio che riporto vuole costituire modello per comprendere le problematiche e affinare il metodo per la realizzazione in modo del tutto generico; in ogni caso i filtri che in questo articolo verranno analizzati saranno realizzati con l'ausilio di un circuito stampato che potremmo riutilizzare con il sistema menzionato sopra, e che probabilmente riprenderò in un successivo articolo.

Dati filtri:

PASSA BANDA 3.5/3.8 Mhz :

Passa Alto

Frequenza centrale = $F_{min} \pm 2\%$ (dovuto a tolleranza dei componenti)
 $3.5\text{Mhz} - 2\% = 3.43\text{ Mhz}$

Passa Basso frequenza centrale = $F_{max} + 2\%$
 $3.8\text{Mhz} + 2\% = 3.876\text{ Mhz}$

PASSA BANDA 7/7.1 Mhz :

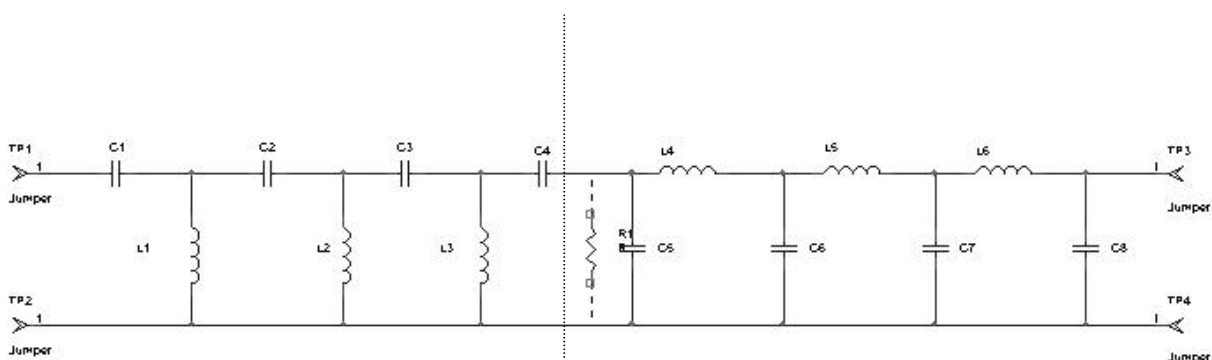
Passa Alto Frequenza centrale = $F_{min} - 2\%$ (dovuto a tolleranza dei componenti)
 $7\text{Mhz} - 2\% = 6.86\text{ Mhz}$

Passa Basso frequenza centrale = $F_{max} + 2\%$
 $7.1\text{Mhz} + 2\% = 7.242\text{ Mhz}$

PASSA BANDA 14/14.350 Mhz :

Passa Alto Frequenza centrale = $F_{min} - 2\%$ (dovuto a tolleranza dei componenti)
 $14\text{Mhz} - 2\% = 13.72\text{ Mhz}$

Passa Basso frequenza centrale = $F_{max} + 2\%$
 $14.350\text{Mhz} + 2\% = 14.637\text{ Mhz}$



Passa Alto tipo C

Passa Basso tipo B

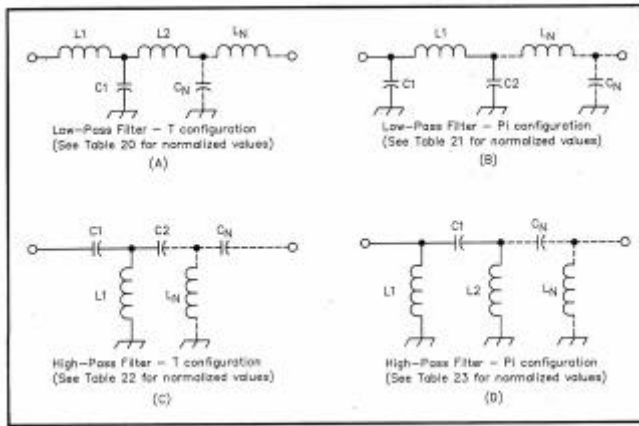


TABELLA 1

Chebyshev High-Pass and Low-Pass Filters—Attenuation (dB)

No. elements	Ripple, dB	SWR	2f _c	3f _c	4f _c	5f _c	6f _c	7f _c
3	1	2.66	22.46	34.05	41.58	47.85	52.68	56.74
3	0.1	1.36	12.24	23.60	31.42	37.39	42.22	46.29
3	0.01	1.10	4.08	13.73	21.41	27.35	32.18	36.24
3	0.001	1.03	0.63	5.13	11.58	17.42	22.20	26.25
5	1	2.66	45.31	64.67	77.73	87.57	95.72	102.50
5	0.1	1.36	34.85	54.21	67.27	77.21	85.26	92.04
5	0.01	1.10	24.82	44.16	57.22	67.17	75.22	82.00
5	0.001	1.03	14.94	34.16	47.22	57.16	65.22	71.99
7	1	2.66	68.18	96.29	113.57	127.49	138.77	148.26
7	0.1	1.36	57.72	84.83	103.11	117.03	128.31	137.80
7	0.01	1.10	47.68	74.78	93.07	106.99	118.27	127.75
7	0.001	1.03	37.68	64.78	83.05	96.96	108.26	117.75
9	1	2.66	91.06	129.91	149.42	167.32	181.82	194.01
9	0.1	1.36	80.60	115.45	138.95	156.86	171.36	183.55
9	0.01	1.10	70.56	105.41	128.91	146.81	161.31	173.51
9	0.001	1.03	60.55	95.40	118.91	136.81	151.31	163.50

fig.4

Per tutti e tre i filtri è stata scelta una attenuazione di **57.72dB a 2F_c**, pertanto il numero di elementi corrispondente è 7, con un ripple di 0.1dB e SWR di 1.36; questi valori sono validi sia per il filtro Passa Alto che per quello Passa Basso.

Adesso in base alla configurazione prescelta di fig.4 verrà determinato il tipo di filtro con la propria tabella associata per la determinazione dei componenti, sia per Passa Alto che per Passa Basso.

Per il Filtro Passa Alto 3.43Mhz si cerca nella **tabella C** il grado del filtro con il relativo ripple e successivamente si divide il valore trovato in tabella per la frequenza di riferimento; stessa procedura per tutti i componenti del filtro; mentre per il filtro Passa Basso a 3.876 la tabella corrispondente è la **B**.

PASSA ALTO 3.43 Mhz	PASSA BASSO 3.876 Mhz
C1) 2694.9 / 3.43 = 785 > 780 Pf	C5) 3759.8 / 3.876 = 970 > 1000 pF
C2) 1518.2 / 3.43 = 442 > 470 Pf	C6) 6673.9 / 3.876 = 970 > 1721 pF
C3 = C2	C7 = C6
C4 = C1	C8 = C5
L1) 5.593 / 3.43 = 1.6 uH	L4) 11.32 / 3.87 = 2.9 > 3 uH
L2) 5.058 / 3.43 = 1.47 uH	L5) 12.52 / 3.87 = 3.2 > 3.3 uH
L3 = L1	L6 = L4

RIASSUNTO COMPONENTI PER TUTTI I FILTRI

	FILTRO PASSA ALTO F _c			FILTRO PASSA BASSO F _c		
	3.43	6.86	13.72	3.876	7.242	14.637
C1	780	390	195	C5	1000	520
C2	470	220	110	C6	1721	920
C3	470	220	110	C7	1721	920
C4	780	390	195	C8	1000	520
L1	1.6 H 1,68	0.8 H	0.4 H	L4	3 H	1.5 H
L2	1.47 H 1,5	0.73 H 1	0.4 H	L5	3.3 H	1.73 H 1,68
L3	1.6 H 1,68	0.8 H	0.4 H	L6	3 H	1.5 H

Tra parentesi i valori montati.

Chebyshev Low-Pass Filter—T Configuration

No. elements	Ripple, dB	L1	L2	L3	L4	L5	C1	C2	C3	C4
3	1	16.10	16.10				3164.3			
3	0.1	8.209	8.209				3652.3			
3	0.01	5.007	5.007				3088.5			
3	0.001	3.253	3.253				2312.6			
5	1	16.99	23.88	16.99			3473.1	3473.1		
5	0.1	9.126	15.72	9.126			4364.7	4364.7		
5	0.01	6.019	12.55	6.019			4153.7	4153.7		
5	0.001	4.318	10.43	4.318			3571.1	3571.1		
7	1	17.24	24.62	24.62	17.24		3538.0	3735.4	3538.0	
7	0.1	9.400	16.68	16.68	9.400		4528.9	5008.3	4528.9	
7	0.01	6.342	13.91	13.91	6.342		4432.2	5198.4	4432.2	
7	0.001	4.690	12.19	12.19	4.690		3951.5	4924.1	3951.5	
9	1	17.35	24.84	25.26	24.84	17.35	3562.5	3786.9	3786.9	3562.5
9	0.1	9.515	16.99	17.55	16.99	9.515	4591.9	5146.2	5146.2	4591.9
9	0.01	6.481	14.36	15.17	14.36	6.481	4542.5	5451.2	5451.2	4542.5
9	0.001	4.854	12.81	13.88	12.81	4.854	4108.2	5299.0	5299.0	4108.2

TABELLA A

Chebyshev Low-Pass Filter—Pi Configuration

No. elements	Ripple, dB	C1	C2	C3	C4	C5	L1	L2	L3	L4
3	1	6441.3	6441.3				7.911			
3	0.1	3283.6	3283.6				9.131			
3	0.01	2002.7	2002.7				7.721			
3	0.001	1301.2	1301.2				5.781			
5	1	6795.5	9552.2	6795.5			8.683	8.683		
5	0.1	3650.4	6286.6	3650.4			10.91	10.91		
5	0.01	2407.5	5020.7	2407.5			10.38	10.38		
5	0.001	1727.3	4170.5	1727.3			8.928	8.928		
7	1	6896.4	9847.4	9847.4	6896.4		8.85	9.34	8.85	
7	0.1	3759.8	6673.9	6673.9	3759.8		11.32	12.52	11.32	
7	0.01	2536.8	5564.5	5564.5	2536.8		11.08	13.00	11.08	
7	0.001	1875.7	4875.9	4875.9	1875.7		9.879	12.31	9.879	
9	1	6938.3	9935.8	10,105.	9935.8	6938.3	8.906	9.467	9.467	8.906
9	0.1	3805.9	6794.5	7019.9	6794.5	3805.9	11.48	12.87	12.87	11.48
9	0.01	2592.5	5743.5	6066.3	5743.5	2592.5	11.36	13.63	13.63	11.36
9	0.001	1941.7	5124.6	5553.2	5124.6	1941.7	10.27	13.25	13.25	10.27

TABELLA B

Chebyshev High-Pass Filter—T Configuration

No. elements	Ripple, dB	C1	C2	C3	C4	C5	L1	L2	L3	L4
3	1	1573.0	1573.0				8.005			
3	0.1	3085.7	3085.7				6.935			
3	0.01	5059.1	5059.1				8.201			
3	0.001	7786.9	7786.9				10.95			
5	1	1491.0	1060.7	1491.0			7.293	7.293		
5	0.1	2775.6	1661.7	2775.6			5.803	5.803		
5	0.01	4208.6	2018.1	4208.6			6.098	6.098		
5	0.001	5865.7	2429.5	5865.7			7.093	7.093		
7	1	1469.2	1028.9	1028.9	1469.2		7.160	6.781	7.160	
7	0.1	2694.9	1518.2	1518.2	2694.9		5.593	5.058	5.593	
7	0.01	3994.1	1820.9	1820.9	3994.1		5.715	4.873	5.715	
7	0.001	5401.7	2078.0	2078.0	5401.7		6.410	5.144	6.410	
9	1	1460.3	1019.8	1002.7	1019.8	1460.3	7.110	6.689	6.689	7.110
9	0.1	2662.2	1491.2	1443.3	1491.2	2662.2	5.516	4.922	4.922	5.516
9	0.01	3908.2	1764.1	1670.2	1764.1	3908.2	5.576	4.647	4.647	5.576
9	0.001	5218.3	1977.1	1824.6	1977.1	5218.3	6.657	4.780	4.780	6.657

TABELLA C

Chebyshev High-Pass Filter—Pi Configuration										
No. elements	Ripple, dB	L1	L2	L3	L4	L5	C1	C2	C3	C4
3	1	3.932	3.932				3201.7			
3	0.1	7.714	7.714				2774.2			
3	0.01	12.65	12.65				3280.5			
3	0.001	19.47	19.47				4381.4			
5	1	3.727	2.652	3.727			2917.3	2917.3		
5	0.1	6.939	4.029	6.939			2321.4	2321.4		
5	0.01	10.52	5.045	10.52			2439.3	2439.3		
5	0.001	1.466	6.074	1.466			2837.3	2837.3		
7	1	7.159	5.014	5.014	7.159		1469.2	1391.6	1469.2	
7	0.1	6.737	3.795	3.795	6.737		2237.2	2023.1	2237.2	
7	0.01	9.985	4.552	4.552	9.985		2286.0	1949.1	2286.0	
7	0.001	13.50	5.195	5.195	13.50		2564.1	2057.7	2564.1	
9	1	3.651	2.549	2.507	2.549	3.651	2844.1	2675.6	2675.6	2844.1
9	0.1	6.656	3.728	3.608	3.728	6.656	2206.5	1968.9	1968.9	2206.5
9	0.01	9.772	4.410	4.176	4.410	9.772	2230.5	1858.7	1858.7	2230.5
9	0.001	13.05	4.943	4.561	4.943	13.05	2466.3	1911.8	1911.8	2466.3

TABELLA D

I valori che sono stati ricavati sono in genere standard con una tolleranza nel caso dei condensatori del 5%, mentre le induttanze che sono del tipo a scatolino e la loro tolleranza è del 10%.

In ogni caso con il circuito stampato in seguito proposto è possibile realizzare i valori calcolati effettuando delle coppie in serie o parallelo di induttanze o capacità.

Nel caso le induttanze avessero valori molto piccoli è possibile costruirsele tipo ad aria cioè senza magneti utilizzando del filo di rame isolato, e rispettando la seguente formula:

$$mH = \frac{\left(\frac{R}{2.54}\right)^2 * N^2}{9\left(\frac{R}{2.54}\right) + 10 * \left(\frac{L}{2.54}\right)}$$

dove:

R = Raggio della bobina in cm.

N = Numero di avvolgimenti

L = Lunghezza della bobina in cm

Per verificare meglio la progettazione su carta ho utilizzato un simulatore che in campo elettronico è molto conosciuto; si tratta di **PSpice** ed è un pacchetto software sviluppato negli anni 70 ed evolutosi fino alla versione 8.0 dalla Microsim. Passiamo a questo punto alla simulazione con **Pspice** dei tre circuiti in modo tale da verificare la correttezza dei valori trovati ed inoltre tenendo conto dell'influenza delle tolleranze dei componenti sulle varie larghezze di banda per verificare la stabilità entro limiti accettabili.

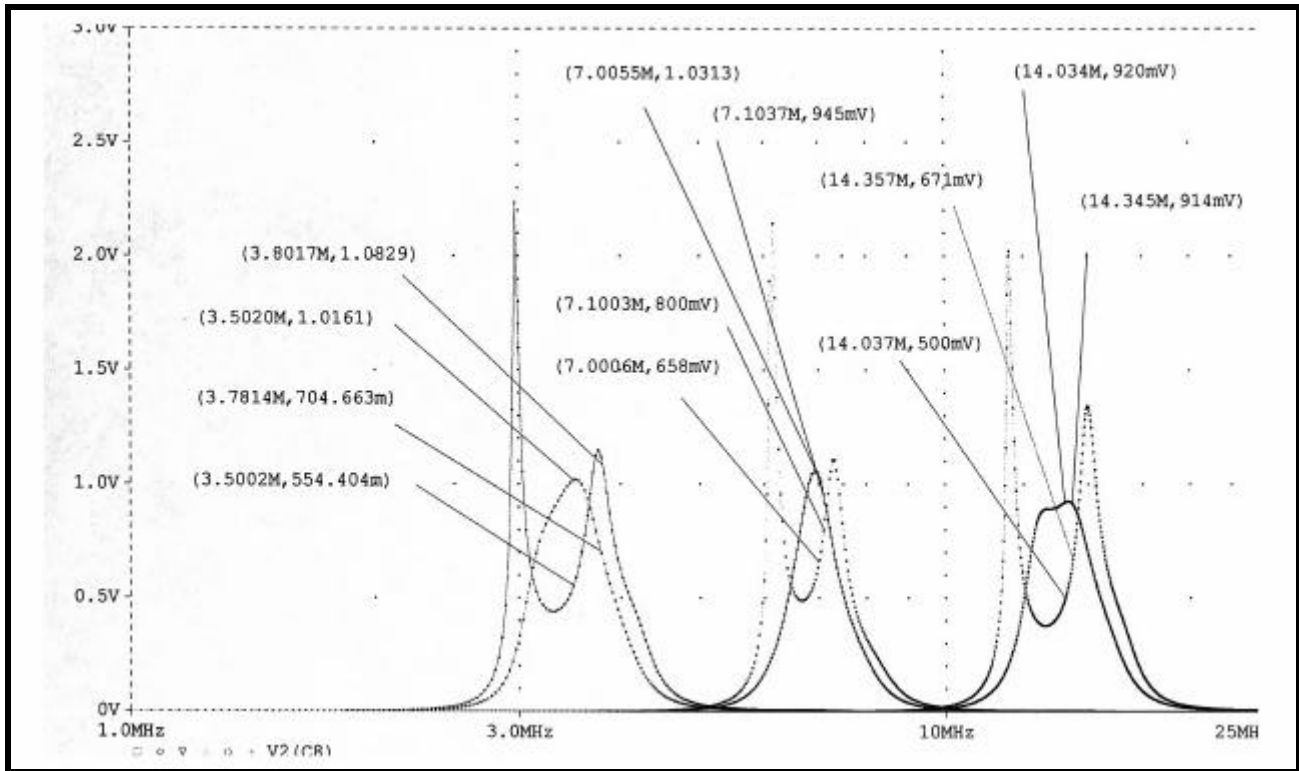


fig.5 Simulazione con PSPICE con tolleranze induttiva +/- 10%.

Il grafico di fig.5 riporta la simulazione dei tre filtri Passa Banda, dove per ogni banda sono rappresentate due curve. La simulazione è stata realizzata introducendo all'ingresso di ogni filtro un segnale sweepato a 30 Mhz con un ampiezza di 1V ed inoltre considerando soltanto le tolleranze delle induttanze del 10%.

Pertanto la prima curva di ogni filtro, quella con maggiore dimensione, costituisce il peggiore caso in cui tutte le induttanze hanno una tolleranza di **+10%**, mentre le curve di entità minore rappresentano il peggiore caso in cui tutte le induttanze hanno **10%** del valore nominale.

Durante la simulazione è stato necessario introdurre R2 da 50 ohm, per poter migliorare la risposta dei filtri, poiché probabilmente l'unione del F.PA con F.PB non preservava la fatidica impedenza di 50 ohm. Comunque dai valori riportati si può notare anche un notevole scostamento dalla Fc, con conseguente attenuazione in alcuni casi anche del 50% del segnale di ingresso.

Il passo successivo sarà quello di montare i filtri su C.S.; dalla tabella riassuntiva si deduce che alcuni componenti hanno dei valori standard, mentre altri (es. C1=780pF, C6=1721pF...) sono realizzabili connettendo in parallelo o serie capacità o induttanze tale da ricavare il valore desiderato.

Voglio ricordare che a differenza delle resistenze il valore delle capacità in parallelo si somma, pertanto per realizzare il valore di 1720pF sarà sufficiente connettere in parallelo una capacità da 1500pf + 220pF; comunque in seguito quando presenterò il C.S. sarà anche possibile montare in caso di necessità i componenti in parallelo o serie.

Prima di passare alla spiegazione del c.s. riporto sul grafico di fig.9 la risposta di tutti e tre i filtri di banda, utilizzando un generatore di rumore (che chiunque può realizzare V. RR precedenti), e lo S-METER del proprio RTX.

Un'analisi immediata a colpo d'occhio guardando il grafico riassuntivo può essere che in entrambi i tre filtri i valori rilevati in fase di realizzazione hanno seguito abbastanza l'andamento teorico della fase di progettazione, eccetto la pendenza ai limiti delle bande divenuta più ripida rispetto ai valori teorici nominali; questo dovuto alla tolleranza delle

induttanze che hanno spostato leggermente la frequenza di taglio dei filtri Passa Alto e Passa Basso e di conseguenza aggiungendo anche qualche dB di perdita d'inserzione in più rispetto la teoria.

Personalmente considero trascurabile questo difetto poiché su queste bande basse i segnali disturbanti e non, arrivano ad oltre 9+20 per cui volutamente ho lasciato tali componenti invariati.

Le basette da realizzare sono molto semplici; le fig.6,fig.7,fig.8 mostrano in scala 1:1 rispettivamente il Lato componenti, Lato Saldatura, pertanto è sufficiente guardare lo schema elettrico, fare riferimento alla tabella costruita precedentemente per rispettare i valori progettati.

Nel caso i valori di induttanza o capacità non fossero riconducibili ad un unico componente, esiste la possibilità di sommare o montare in parallelo i vari componenti, sulle piazzole posizionate in prossimità. Infatti con questo sistema è possibile utilizzare la maggior parte dei componenti passivi in commercio, evitando in alcuni casi di costruirseli. Spero che sia stato sufficientemente chiaro nell'esposizione con l'auspicio di aver rimosso almeno qualche dubbio, comunque eventuali richieste di informazioni, potete inviarle via email a ik2yjd@everyday.com, buon divertimento e 73..

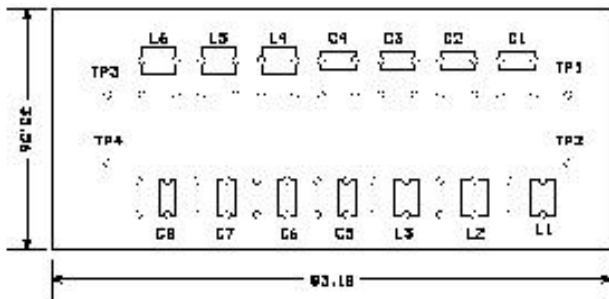
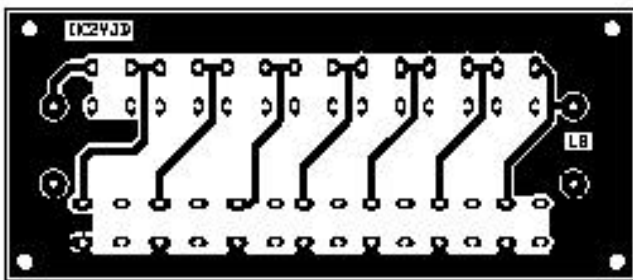


Fig.6



SCALA 1:1

Fig.7

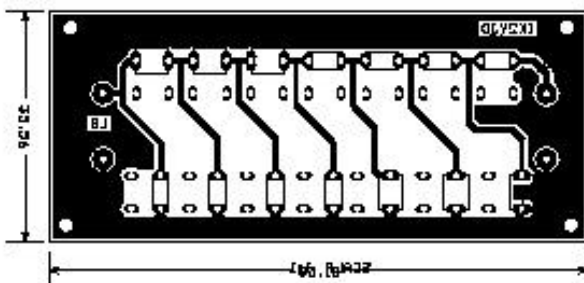


fig.8

RIEPILOGO FILTRI DI BANDA CONFRONTANDO I VALORI NOMINALI SIMULATI ED I VALORI REALMENTE MISURATI.

