Filtres céramiques

L'apparition des filtres céramiques n'est pas récente. En effet, avant la généralisation de ce genre de circuits dans les appareils de l'électronique de divertissement, cette technologie était déjà utilisée lors de l'introduction de la télévision couleur.

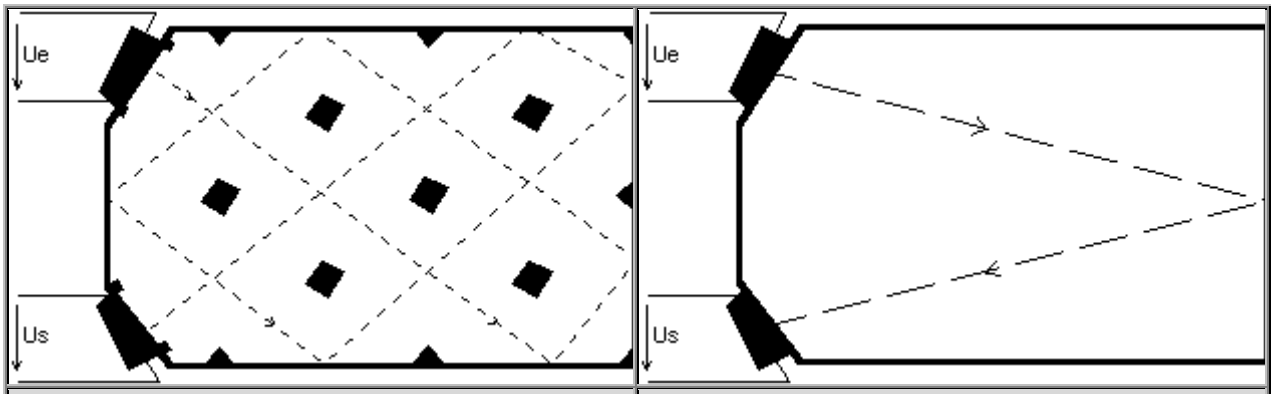
Alors que les premiers postes de télévisions couleur fonctionnaient encore avec des tubes électroniques, la ligne à retard chrominance utilisait le principe de la piézoélectricité. Que ce soit dans les normes PAL, SECAM ou NTSC, pour décoder les signaux couleurs, il est nécessaire de retarder le signal de la valeur d'une ligne, soit 64 [µs].

Comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, un filtre peut également être considéré comme un réseau à retard, ou à avance. Cela signifie que le signal met un certain temps pour traverser le filtre, ce qui provoque un déphasage de la tension d'entrée par rapport à la tension de sortie.

Le principe de fonctionnement des premières lignes à retard télévision était assez simple et mettait en pratique les notions vues précédemment. Le signal de chrominance d'une fréquence de 4.43 [MHz] pour le système PAL est injecté sur un petit cristal piézoélectrique. La propriété de ce cristal est de se déformer lorsqu'il est soumis à une tension électrique. Cette propriété est réversible, ce qui signifie que le cristal va produire une tension électrique lorsqu'il sera soumis à une déformation mécanique.

Dans la pratique, le signal à 4.43 [MHz] arrive sur le premier cristal que se met en vibration ultrasonore. Cette vibration met un certain temps pour traverser le corps en verre de la ligne à retard, avant d'arriver sur le second cristal qui va transformer cette vibration en tension électrique. La durée du retard dépendra des dimensions mécaniques du corps de la ligne à retard, dans notre cas ce sera de 64 [µs]. Le trajet du signal fera perdre de l'amplitude à la vibration, donc à l'amplitude de la tension fournie par le second cristal. Cette perte de tension sera facilement compensée par un étage amplificateur.

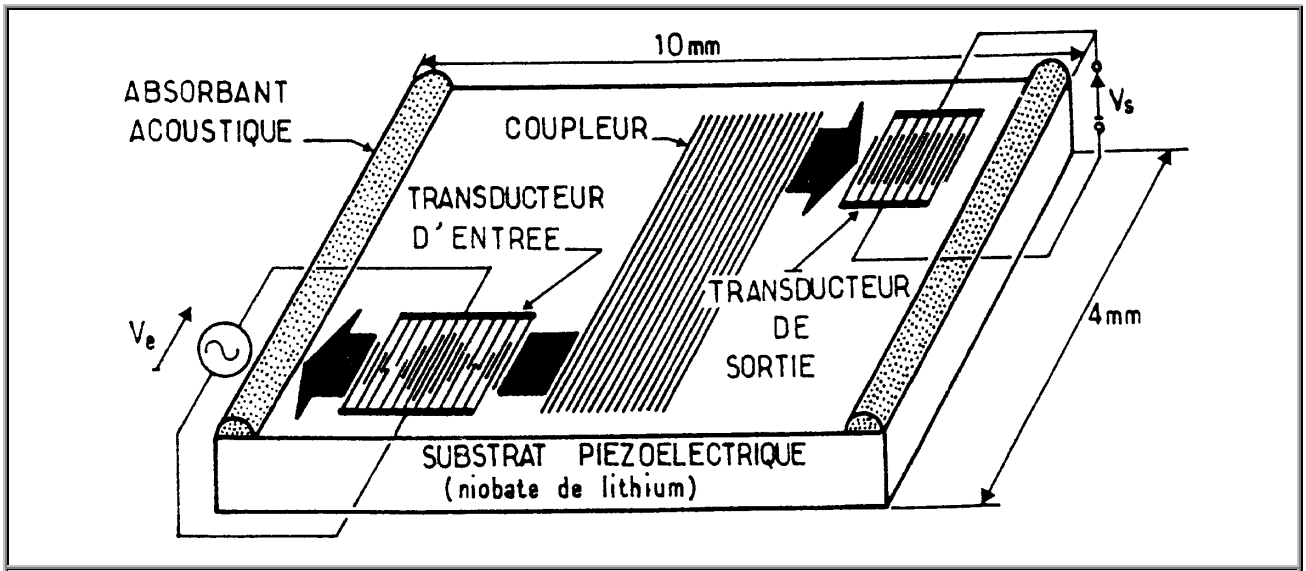
Exemples pratique de ligne à retard à cristal piézoélectrique



Chemin simple Les points noirs concentrent le signal	Chemin complexe

Ce genre de ligne à retard a été très utilisé jusqu'au milieu des années 80. Ensuite, de nouvelles technologies sont apparues et les téléviseurs récents sont maintenant équipés de lignes à retard sous forme de circuits intégrés. Ils fonctionnent selon le principe du transfert de charges CCD que nous étudierons plus tard.
Après les lignes à retard utilisants des cristaux de quartz, les ingénieurs se sont penchés sur d'autres applications. La plus répandue actuellement se trouve dans tous les appareils de l'électronique de divertissement. Il s'agit de ce que l'on appelle communément les filtres à ondes de surface.
Ils portent ce nom car il s'agit, comme pour la ligne à retard, d'une onde acoustique émise par un cristal piézoélectrique et qui se propage sur une certaine matière appelée substrat. Cette onde va rencontrer des obstacles qui vont modifier sa propagation en fonction de sa fréquence. C'est ce qui donnera le courbe de réponse du filtre.

Composition des filtres à ondes de surface



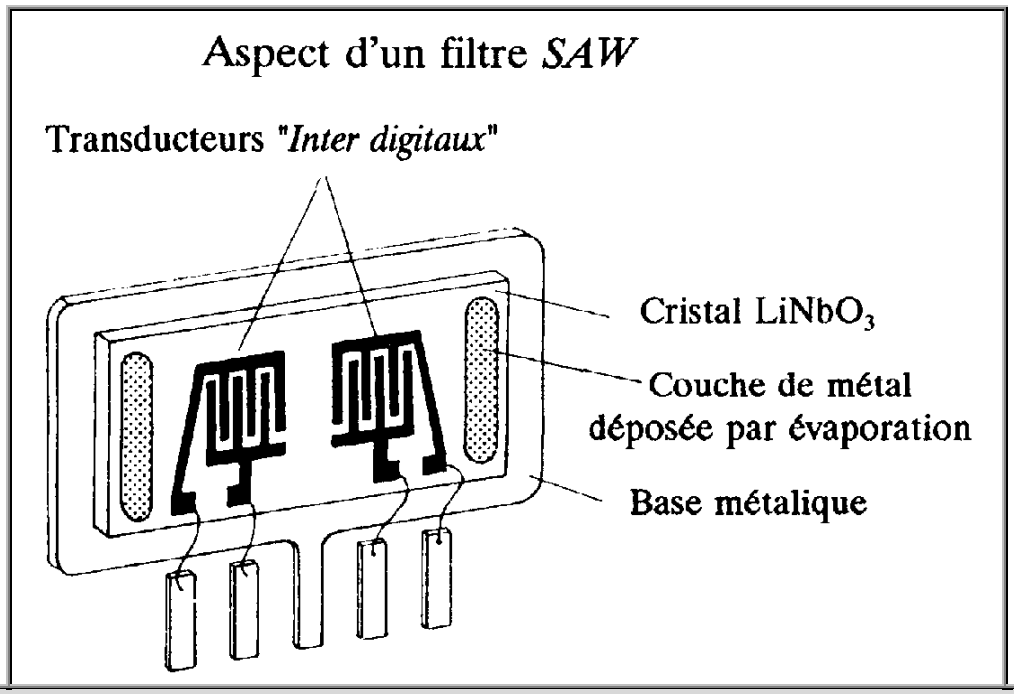
Le transducteur d'entrée qui transforme le signal électrique en onde acoustique. Comme nous l'avons vu précédemment, le transducteur se déforme en fonction du signal électrique et va créer une onde acoustique comme les transducteurs des anciennes télécommandes TV à ultra son.

Le transducteur de sortie qui transforme l'onde acoustique (vibration mécanique), en signal électrique. Ce transducteur fonctionne de la même manière que celui de l'entrée.

Substrat piézoélectrique sur lequel l'onde va se propager. Il est en nobiate de lithium (Li NbO3). Cette matière a été choisie en fonctionne de son coefficient de couplage qui est élevé et des faibles pertes en signal.

Eléments absorbant acoustique. Ce sont deux bandes placées aux extrémités du substrat qui vont absorber les ondes qui se dirigent vers elles. Elle sont là pour éviter une réflexion des ondes, ce qui provoquerait des interférences néfastes pour la courbe du filtre (voir cours d'électroacoustique).

Eléments coupleurs. Ce sont les éléments les plus importants du filtre, car ce sont eux qui lui donnent ses catéchistiques, en fonction de leurs dimensions. L'onde de surface ne peut être transmise que si la fréquence est telle que les nœuds de vibration se trouvent tous entre deux dents successives. Si le peigne (coupleurs) présente des écarts de dents légèrement différents, ce n'est plus une seule fréquence, mais une plage de fréquences qui peut traverser le filtre. Nous obtenons alors le bande passante désirée.



Ces filtres sont actuellement très utilisés dans les étages HF et MF des récepteurs RTV. Leurs caractéristiques varient en fonction de leur application.

Un filtre MF radio utilisé pour la réception AM sera accordé sur une seule fréquence qui se situera entre 450 et 500 [kHz]. Ce filtre aura une bande passante étroite.

Un filtre MF utilisé pour la réception FM sera accordé sur une fréquence de 10.7 [MHz]. Ce filtre aura une bande passante plus large que le précédent pour couvrir l'excursion de fréquence FM.

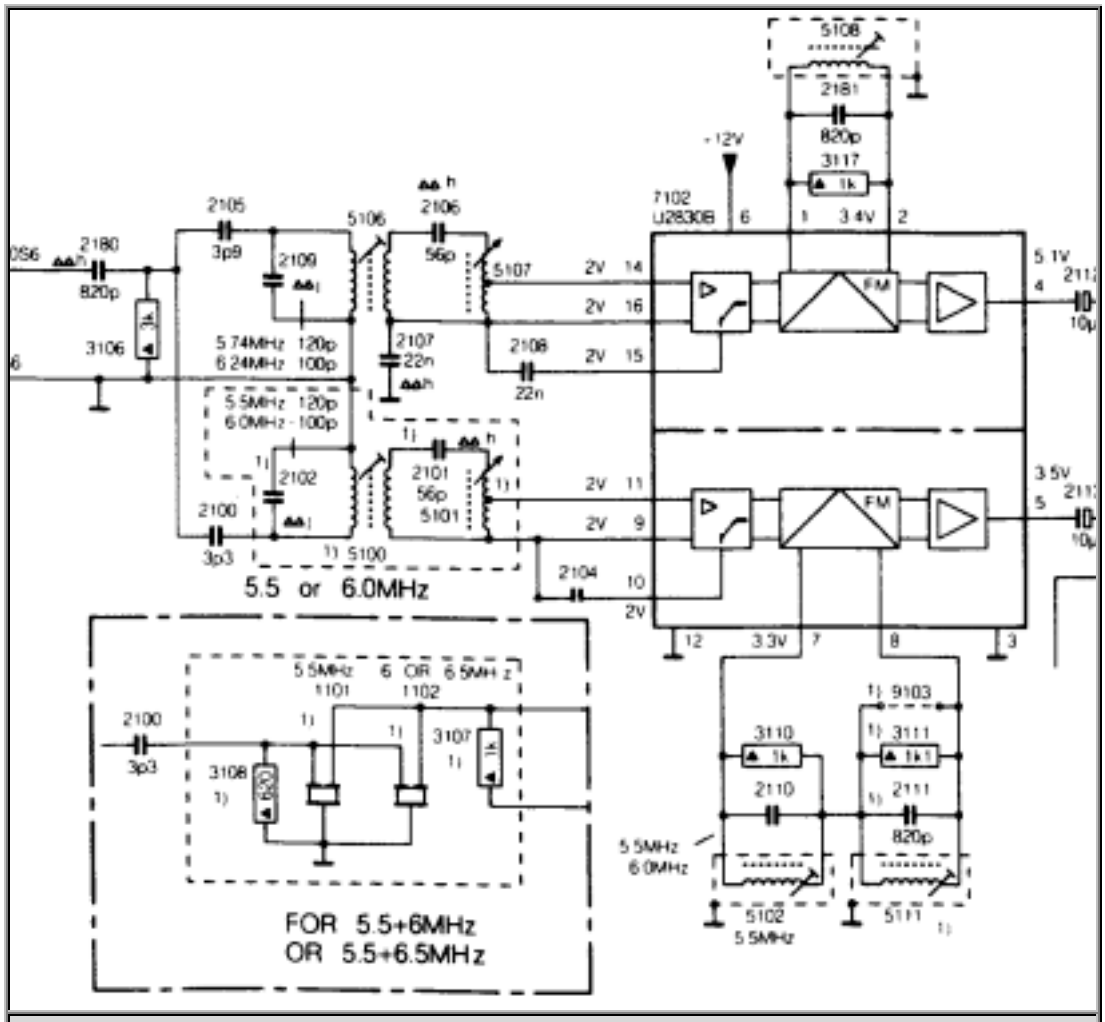
Applications

Le principal avantage de ces filtres est d'offrir la possibilité d'une très grande sélectivité. Selon la forme des coupleurs sur le substrat, il sera accordé sur une fréquence bien précise, pour être utilisé comme filtre bouchon, ou sur une bande de fréquences, comme filtre passe-bande.

La grande sélectivité du cristal nous permet d'obtenir des filtres qui élimineront ou favoriseront une fréquence bien précise.

Exemples de simplification d'emploi

Les deux schémas ci-dessous représentent une chaîne MF son d'un téléviseur couleur multinorme. Ce téléviseur doit pouvoir fonctionner en normes B, G et I. En norme BG, la moyenne fréquence est accordée sur 5.5 [MHz], alors qu'en norme I, la MF est accordée sur 6 [MHz]. Cela ne rend pas possible la réalisation d'un montage LC fonctionnant simultanément sur les deux fréquences. La première version est réalisée au moyen d'éléments réactifs. Pour l'adaptation à la norme I, il est nécessaire de changer la valeur du condensateur C2102 et de procéder au réglage de la bobine L5100. Dans la seconde version, l'emploi de 2 filtres à ondes de surface nous permet de prévoir le fonctionnement sur les deux fréquences. Chaque filtre est accordé sur la fréquence correspondant à la norme B, G ou I. Il n'est même pas utile de prévoir une commutation grâce aux caractéristiques des filtres à ondes de surface.
Les deux filtres OS sont simplement montés en parallèle et leurs caractéristiques se combinent pour permettre le fonctionnement avec les deux fréquences MF. La sélectivité des filtres OS étant particulièrement bonne, les deux filtres ne se perturbent pas l'un sur l'autre.



Module son. Téléviseur couleur Philips, châssis 2B

Cet exemple parle de lui-même. La disparition de tout réglage est un avantage non négligeable, le filtre céramique étant taillé en usine pour une certaine fréquence. On peut toutefois remarquer que le constructeur a conservé des circuits accordés et couplés à bobines et condensateurs pour les deux discriminateurs. Il aurait tout aussi bien pu choisir des filtres céramiques.

Applications en radio

L'emploi de ces filtres ne se limite pas à la télévision couleur. Nous les retrouvons maintenant régulièrement dans les récepteurs radio. Que ce soit dans les petits Walkman, ou dans les chaînes Hi-Fi haut de gamme.

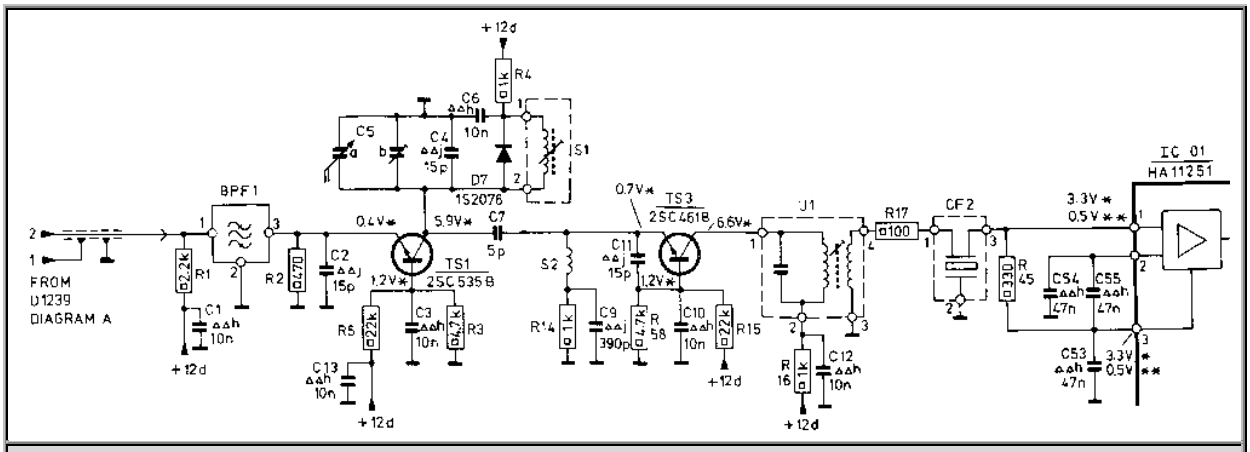
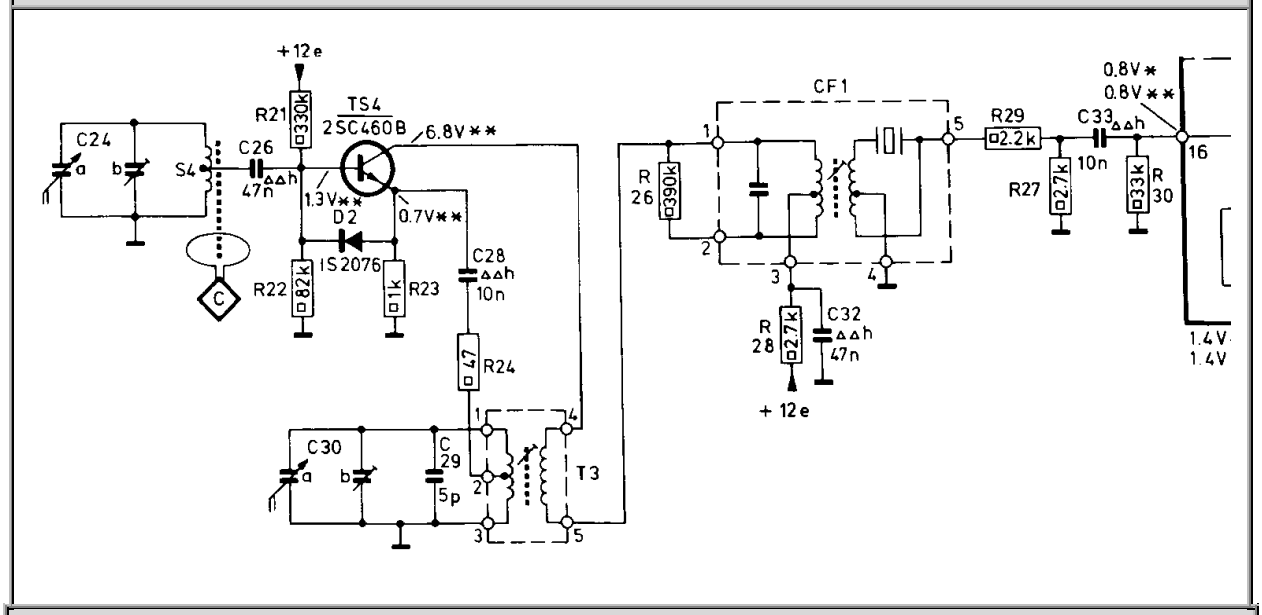


Schéma d'un récepteur FM. Il est composé d'un mélange entre des filtres conventionnels, réalisés au moyen d'éléments réactifs et des filtres à ondes de surface.

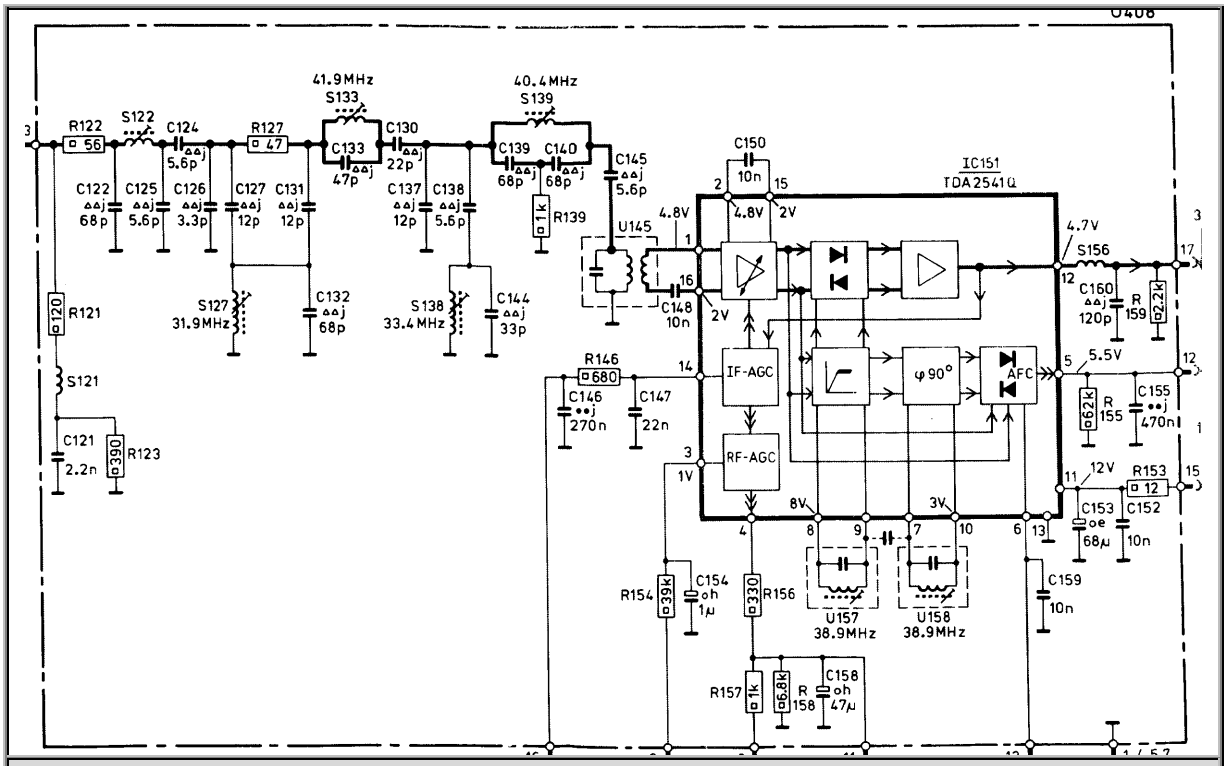


Dans la partie AM, il y a également un filtre à ondes de surface.

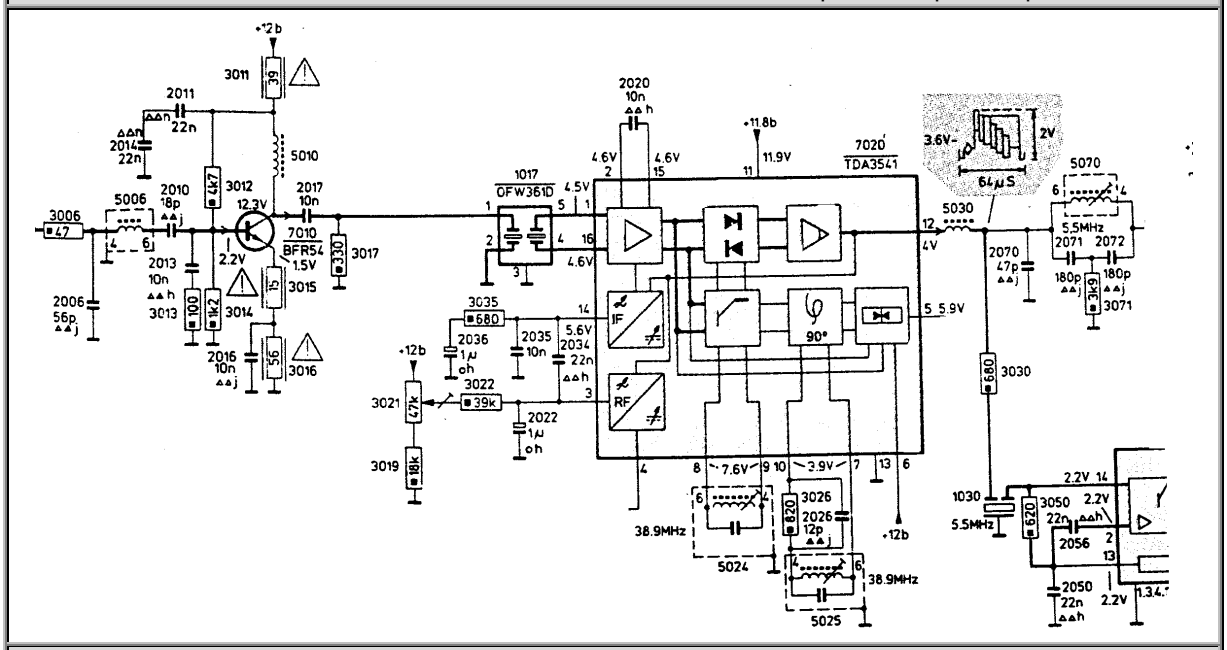
Cette fois, il est combiné avec un filtre LC dans le but d'en améliorer la sélectivité.

Filtres céramiques passe-bande

Dans un téléviseur, la courbe de réponse des étages d'amplification MF doit correspondre à un gabarit très précis. Avant l'arrivée des filtres à ondes de surface, toute une série de circuits accordés filtraient le signal MF pour qu'il soit conforme aux niveaux désirés. Outre le prix supérieur en matériel de ce genre de réalisation, tous ces filtres nécessitaient un réglage, d'où une perte de temps à l'usine ainsi que des risques supplémentaires de pannes. Ces filtres RL sont maintenant remplacés par des filtres à ondes de surface, comme le montrent les deux exemples ci-dessous



Ancien châssis, utilisant les filtres accordés pour chaque fréquence.



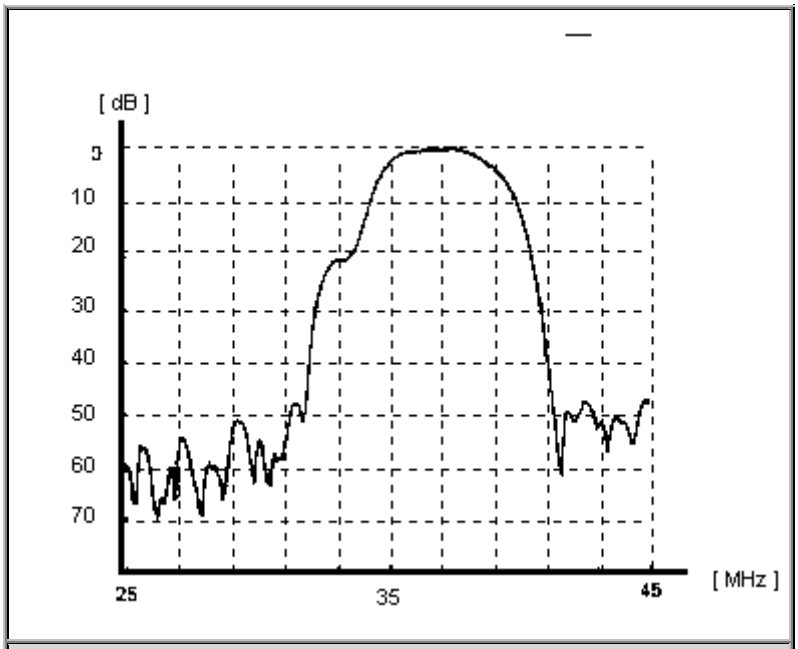
Même étage, mais équipé d'un filtre à ondes de surface. La simplification est évidente !

Caractéristiques techniques

Pour permettre le choix du filtre, les fabricants nous fournissent des caractéristiques techniques qui se présentent de la manière suivante.

Tableau des valeurs et courbe de réponse

		Atténuation		
	fréquence	minimum	typique	maximum
	[MHz]	[dB]	[dB]	[dB]
Passage du signal	37.0		15	
Par rapport à une atténuation de référence 0 [dB] à 37 [MHz]				
Porteuse vision	39.05	5	6	7
Porteuse chrominance	35.07	1	3	4
Porteuse son mono / canal I	33.5	18	20	22
Porteuse son stéréo / canal II	33.74	18	20	22
Porteuse vision canal adjacent	31.5	40	46	--
Porteuse son canal adjacent	41.5	46	50	--
Réponse hors bande	10 à 60	38	--	--
	60 à 100	15	--	--
Ondulation de la bande passante	36 à 38	--	0.5	1.0



Cette courbe représente la réponse en fréquence du filtre RW 153A, utilisé dans les étages MF des téléviseurs. Elle correspond au gabarit MF normalisé, et aux valeurs indiquées dans le tableau du haut de la page.