

Table des matières

<u>1</u>	<u>Origines</u>	1
<u>2</u>	<u>Modulation d'amplitude / Bande Latérale Unique</u>	2
<u>3</u>	<u>Le récepteur A.M.</u>	4
3.1	<u>Le contrôle automatique de gain</u>	5
3.2	<u>Le présélecteur</u>	6
3.3	<u>Premier mélangeur</u>	7
3.4	<u>Premier filtre de fréquence intermédiaire</u>	8
3.5	<u>Deuxième mélangeur, deuxième I.F.</u>	9
3.6	<u>Démodulation ou détection</u>	10
3.7	<u>Squelch et amplificateur de puissance audio</u>	11
<u>4</u>	<u>Le synthétiseur</u>	12
<u>5</u>	<u>L'émetteur</u>	13
5.1	<u>L'amplificateur de puissance (Power Amplifier)</u>	14
5.2	<u>Filtre harmonique</u>	15

Annexe

<u>IC1</u>	<u>LA1185</u>	16
<u>IC2</u>	<u>TDA1220B</u>	17
<u>IC3</u>	<u>M5223L</u>	18
<u>IC4</u>	<u>TDA190</u>	19
<u>IC5</u>	<u>SM5124</u>	20
<u>IC6</u>	<u>7808</u>	21
	<u>Fréquences</u>	22

1 Origines

Un simple fil émaillé bobiné sur un rouleau de carton et branché à deux feuilles de papier d'aluminium séparées par un papier sulfurisé sert à la fois d'antenne et d'accord pour la radio en modulation d'amplitude. L'écouteur téléphonique branché sur le circuit bouchon suffit à écouter la radio (ou plutôt les radios. Les plus riches peuvent s'acheter un morceau de cristal de sulfure de plomb – la galène – pour faire la détection.

Dans les années '50 les très nombreux postes radios utilisés par l'armée américaine se sont trouvés sur le marché et les bricoleurs ont commencé à s'en servir. Les réglementations ont suivi, si on peut sans licence utiliser la bande 27MHz, on doit toutefois limiter la puissance de l'émetteur à 4W.

Avec l'augmentation du niveau de vie, l'avancement de l'électronique, les radio amateurs ont proliféré. Les chauffeurs de poids lourds ont pris peu à peu possession de la bande 27MHz, les radio amateurs ont déménagé ailleurs dans le spectre radio. Pour couvrir de plus grandes distances ont commencé à communiquer en **Bande Latérale Unique (Single Side Band)**. Et de nos jours, s'ils ont délaissé le 27MHz, beaucoup travaillent un B.L.U. mais aussi en F.M. dans les bandes V.H.F (150-170MHz), U.H.F. (430-470MHz), 800MHz et même au-delà.

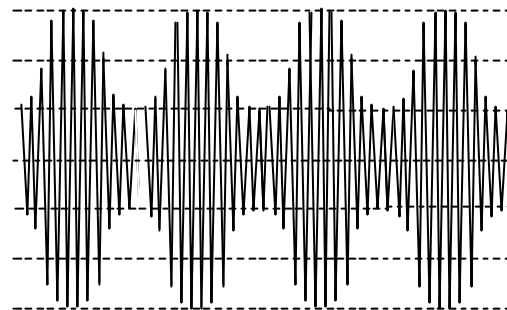
Si la modulation de fréquence a supplanté la modulation d'amplitude dans beaucoup d'utilisations, rien ne remplace la Bande Latérale Unique pour la portée, l'aviation continue aujourd'hui à utiliser la modulation d'amplitude.

2 Modulation d'amplitude / Bande Latérale Unique

Le spectre continu des fréquences a été arbitrairement découpé en plusieurs bandes attribuées à un usage particulier. À l'intérieur de ces bandes les fréquences allouées (ex. : 162.55MHz- canal météo Canada-) sont espacées régulièrement pour éviter tout empiètement.

Chaque émetteur, chaque récepteur fonctionne donc sur une fréquence unique : la **porteuse** issue d'un oscillateur très précis. Pour transmettre un signal tel que la voix ou une image ou des données numériques, cette porteuse est **modulée**. En réception la porteuse modulée reçue doit être démodulée pour récupérer le signal.

La puissance de l'émetteur est fixée par la tension d'alimentation des derniers étages. Si on prend le signal d'un microphone, qu'on l'amplifie et qu'on l'applique comme tension d'alimentation aux derniers étages d'un émetteur, l'amplitude donc la puissance de cet émetteur augmentera ou baissera en suivant la voix. C'est la **modulation d'amplitude**.



Le 'volume' d'un signal en modulation d'amplitude est mesurée par l'indice de modulation. C'est un pourcentage obtenu par les **tensions** maximales et minimales émises sur les ondes.

$$\text{Indice} = \frac{V_M - V_m}{V_M + V_m} \times 100$$

La porteuse est un signal parfaitement sinusoïdal. Si on l'observe sur un analyseur de spectre, il apparaît comme une raie unique. En modulant son amplitude, on la déforme. On peut imaginer que chaque élément de cette porteuse modulée appartient à une sinusoïde de fréquence légèrement plus haute ou plus basse. Le signal modulé occupe donc une bande de fréquence.

Considérons une porteuse à la fréquence F_c : $(\sin 2\pi F_c t)$ module par un signal à la fréquence F avec une addition de 1 pour obtenir 100% de modulation: $(\sin 2\pi F t) + 1$. Le signal module est simplement le produit de ces deux signaux:

$$(\sin 2\pi F t + 1) \times (\sin 2\pi F_c t)$$

Ce qui est mathématiquement égal à :

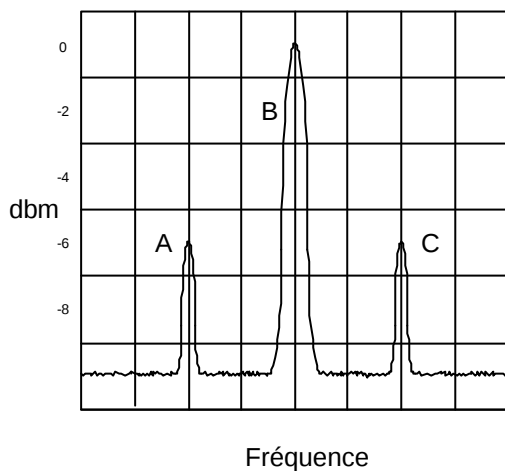
$$(\sin 2\pi F t + 1) \times (\sin 2\pi F_c t) = \frac{1}{2}(\cos(2\pi(F+F_c)t) - \cos(2\pi(F-F_c)t)) + \sin 2\pi F_c t$$

On voit donc apparaître trois pics dans le spectre: la porteuse; un à la fréquence $F_c - F$ avec une tension moitié de celle de la porteuse; un autre à la fréquence $F_c + F$ également avec une tension moitié. Ce sont les bandes latérales basse et haute.

Bande Latérale Unique (Single Side Band)

Lorsqu'on observe une porteuse modulée en amplitude par un signal de fréquence f sur un analyseur de spectre – appareil qui montre la puissance en fonction de la fréquence-, on verra trois pics.

Le pic central est à la fréquence de la porteuse, le pic de gauche A est à la fréquence de la porteuse **moins** celle du signal modulant; le pic de droite C à la fréquence de la porteuse **plus** celle du signal modulant.

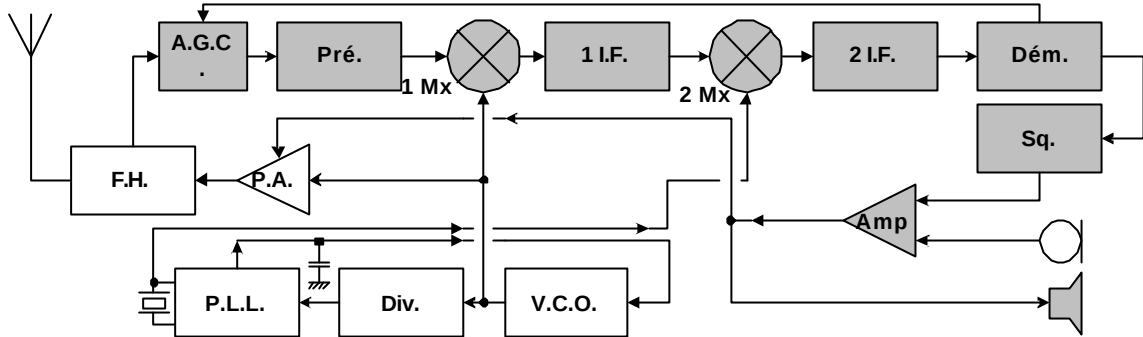


La puissance totale que fournit l'émetteur à l'antenne est répartie entre ces trois fréquences. Le pic central - la porteuse- ne transporte aucune **information**, et une seule des deux **bandes latérales** A ou C suffit en réception à extraire le signal modulant.

Un émetteur en modulation d'amplitude qui n'enverrait sur les airs qu'une seule bande latérale et y concentrerait toute son énergie serait beaucoup plus efficace qu'un émetteur A.M. conventionnel.

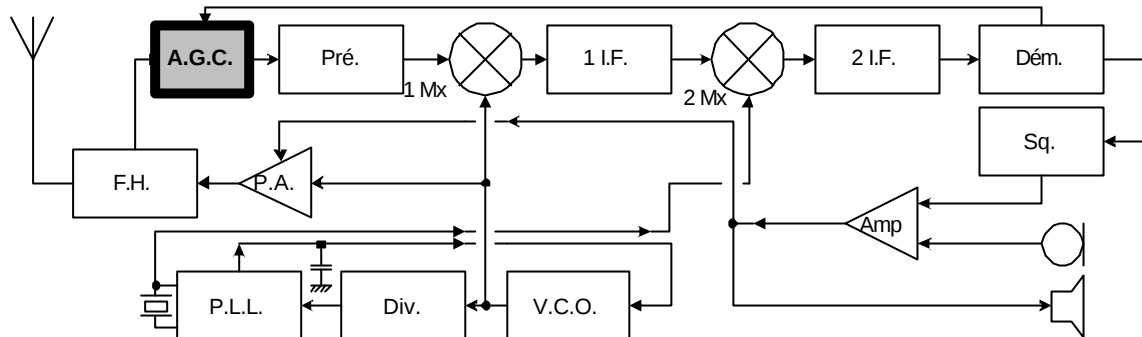
L'émetteur en **Bande Latérale Unique (Single Side Band)** comporte un oscillateur, un modulateur balancé qui élimine la porteuse, un filtre qui sélectionne une seule des bandes latérales et un amplificateur linéaire pour fournir la puissance à l'antenne. Son récepteur doit reconstituer la porteuse (Beat Frequency Oscillator); il est en dehors de cela très conventionnel.

3 Le récepteur A.M.



L'antenne d'un récepteur va recevoir les très nombreuses ondes radio à différentes fréquences; il va lui falloir «choisir » parmi celles-ci. Après élimination de tous les canaux indésirables le signal en modulation d'amplitude (même dans le cas particulier de la B.L.U.) comporte une porteuse dont l'amplitude augmente et baisse au rythme du signal modulant mais aussi selon que l'émetteur est proche ou loin. Le démodulateur va extraire le signal modulant et compenser pour les variations dues à la distance.

3.1 Le contrôle automatique de gain



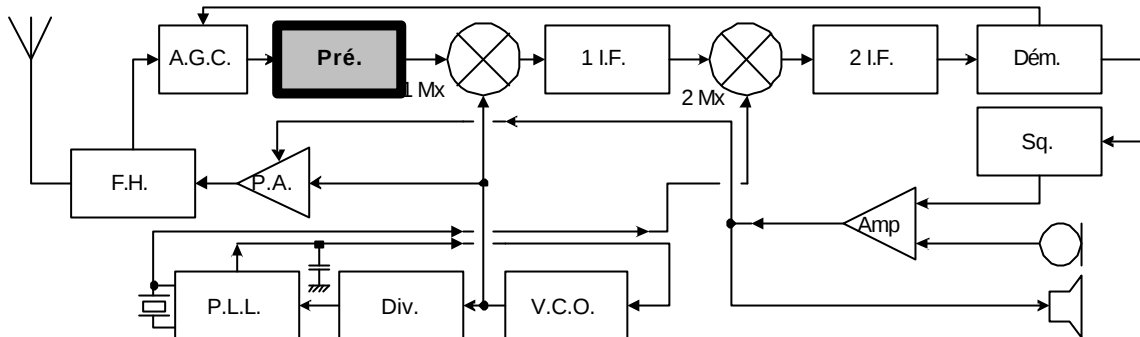
- *Compense les variations du niveau reçu.*

Le signal reçu par un appareil radio est souvent le fruit de multiples réflexions. Tout mouvement de l'antenne peut la faire capter une autre réflexion de niveau très différent.

Le récepteur au complet est linéaire, c'est-à-dire qu'une augmentation du signal à l'antenne devient une augmentation proportionnelle du signal reçu. Pour éviter des variations importantes du son envoyé au haut-parleur, le récepteur comporte un circuit d'ajustement automatique de gain.

Dans le Pro-510^e, l'amplitude du signal audio démodulé IC2-9 est mesuré par D26 C21; cette tension passe à travers de R26 et R32. La sortie de l'amplificateur opérationnel IC3-1 agit sur les diodes D1 et D2 qui atténuent le signal dès l'entrée du récepteur.

3.2 Le présélecteur

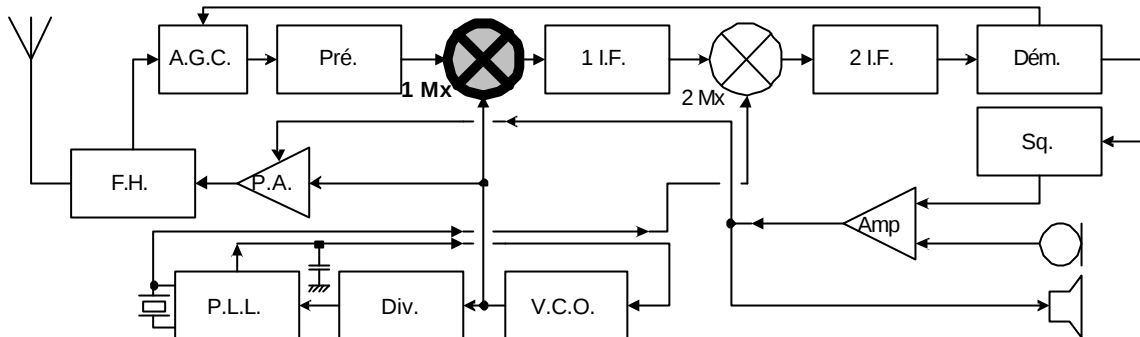


- *Rejette la fréquence image*
- *Fait la sélection de la bande utile du récepteur*

Un filtre sensible et ajustable sur toute la bande, suffisamment sélectif pour ne recevoir qu'une seule fréquence est presque irréalisable. Pour faire la sélectivité d'un récepteur on a plutôt recours aux filtres de fréquences intermédiaires. L'opération qui permet de transformer le signal que l'on veut recevoir en fréquence intermédiaire est transparente à une autre fréquence : **la fréquence image**. Le rôle du présélecteur est avant tout d'éliminer cette éventuelle fréquence image.

Dans le Pro-510^e le présélecteur est composé de C2, L1 et C3, de l'amplificateur entre IC1-1 et IC1-3 et de la bobine L2. La sortie du présélecteur arrive à IC1-4.

3.3 Premier mélangeur



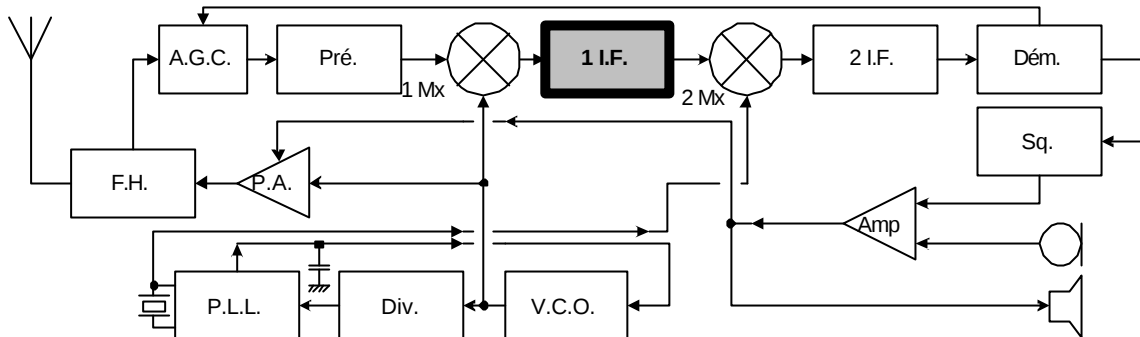
- *Fait la soustraction de fréquence qui permet de sélectionner le canal reçu.*

Parmi les nombreuses fréquences reçues par l'antenne, on trouve la fréquence F_r à la sortie du présélecteur.

En multipliant cette fréquence F_r avec la fréquence d'oscillation du V.C.O. F_{inj} , on obtient à la sortie du mélangeur deux nouvelles fréquences : $F_r - F_{inj}$ et $F_r + F_{inj}$

Dans le Pro-510° le premier mélangeur reçoit le présélecteur en IC1-4 et le mélange avec la fréquence d'injection venant du V.C.O. en IC1-8. La sortie mélangée est en IC1-6

3.4 Premier filtre de fréquence intermédiaire



- ***Ne laisse passer que la fréquence 10.692MHz***

Le premier mélangeur à soustrait aux nombreux signaux reçus par l'antenne la fréquence de première injection. En particulier, la fréquence F_r à été transposée en $F_r - F_{inj}$

Comme $F_r - F_{inj} = 10.692\text{MHz}$, le filtre de première injection va laisser passer ce signal.

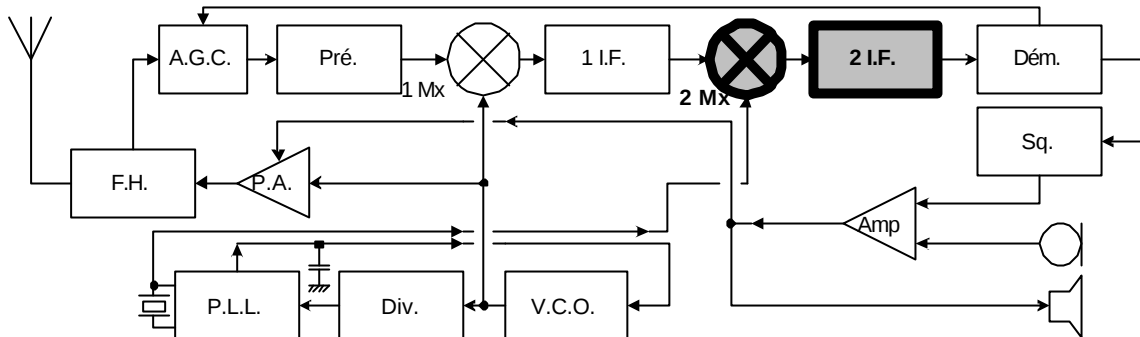
Par contre les autres fréquences transposées, trop loin de 10.692MHz seront éliminées par le filtre.

Donc le premier mélangeur et le filtre de première I.F. sélectionnent la fréquence de réception en fonction de la fréquence de première injection.

On a vu dans le chapitre 3-3 sur le premier mélangeur qu'en plus de faire la soustraction des fréquences issues du présélecteur avec la fréquence de première injection, il fait aussi leur somme. Il existe donc une fréquence telle que $F_i + F_{inj} = 10.692\text{MHz}$ on l'appelle fréquence image. Cette fréquence image vaut à peu près 6MHz, le présélecteur l'a éliminée.

FT1 est le filtre céramique de première I.F.

3.5 Deuxième mélangeur, deuxième I.F.



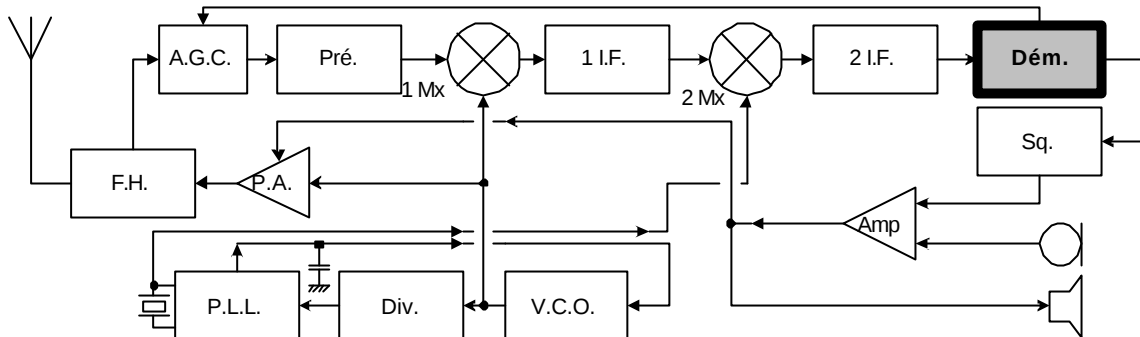
- ***Donne sa sélectivité au récepteur***

Le filtre de premières I.F. est encore relativement large, en plus du canal que l'on veut recevoir et qui est maintenant à la fréquence 10.692MHz, quelques-uns des canaux adjacents ont traversé les premières I.F.

Pour éliminer complètement ces signaux indésirables, on fait à nouveau un second mélange qui amène à une fréquence basse de 450KHz. Un filtre très étroit de seconde I.F. élimine toutes les autres fréquences.

Les premières I.F. entrent en IC2-2 où elles sont mélangées au deuxième oscillateur, le cristal X1 à 10.2419MHz qui arrive en IC2-1. La sortie mélangée IC2-3 arrive au filtre de deuxième I.F. FT2.

3.6 Démodulation ou détection.



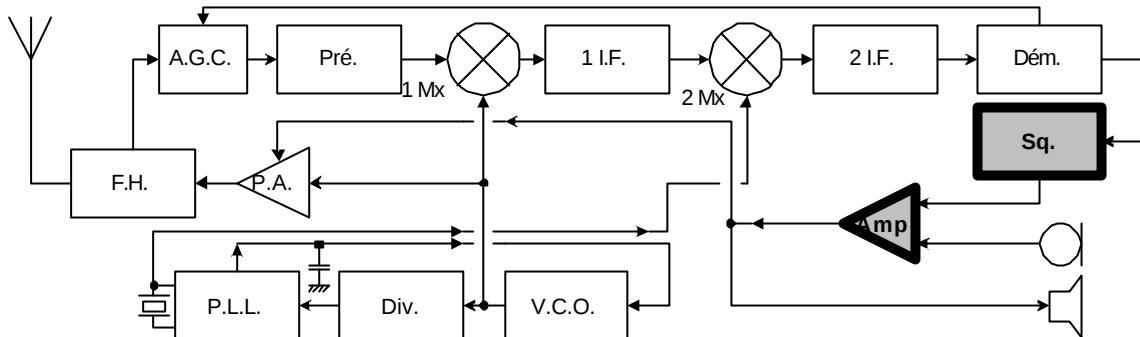
- *Reçoit les deuxièmes I.F. et restitue le signal audio*

Le signal à la fréquence F_r modulé en amplitude a traversé l'atténuateur variable A.G.C. puis le présélecteur. Après les deux mélanges et filtrages successifs, ce signal, toujours modulé en amplitude est maintenant à la fréquence 450KHz.

Le démodulateur va prendre l'enveloppe des deuxièmes I.F pour obtenir le signal audio.

Les secondes I.F. sortent du filtre en IC2-5. L3 participe à la détection; le signal audio sort en IC2-9

3.7 Squelch et amplificateur de puissance audio



- **Bloque le haut-parleur si le signal R.F est trop faible**
- **Amplifie le signal reçu**

La diode D23 et C21 prélève dans le signal audio les crêtes positives.

Le potentiomètre de squelch VR502 et les résistances qui l'entourent fixe une tension de comparaison.

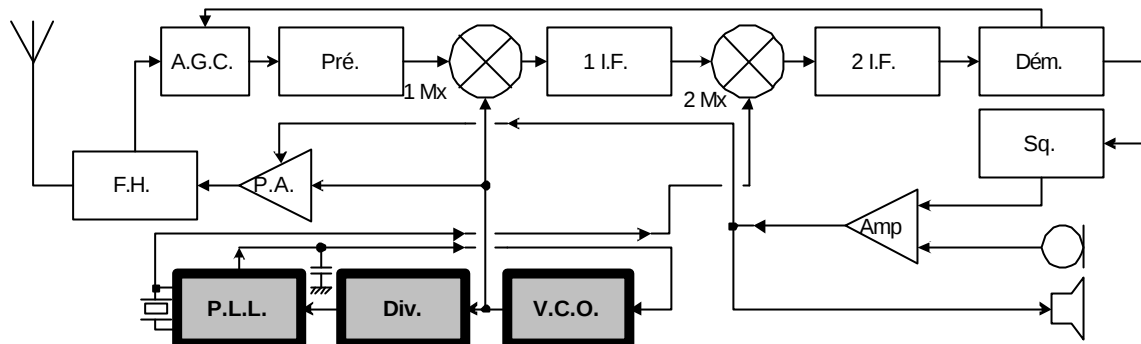
Un amplificateur opérationnel compare ces deux tensions IC3-6 et IC3-5 et change sa sortie IC3-7 en conséquence.

La sortie du squelch IC3-7 est appliquée à l'ampli audio de puissance IC4 à la pin 4.

Q1 et les composants associés filtrent et désaccentuent le signal reçu avant de l'amener au potentiomètre de volume VR501.

La sortie de l'amplificateur de puissance audio IC4-1 passe par un autotransformateur T1 pour parvenir au haut-parleur SP via le jack J3

4 Le synthétiseur



- **En réception, génère la fréquence de première et deuxième injection.**
- **En émission, génère la porteuse.**

Le Voltage Controlled Oscillator est un oscillateur dont la fréquence est fixée par une tension analogique.

Sa fréquence est divisée un nombre entier de fois N par le diviseur numérique Div.

La fréquence divisée par 1024 d'un oscillateur très stable à quartz est alors comparé à la fréquence divisée par N.

La boucle d'asservissement de phase (Phase Locked Loop) génère une tension analogique de comparaison de ces deux fréquences. Cette tension analogique retourne au V.C.O.

La boucle se stabilise quand la fréquence du V.C.O. divisée par N est égale à celle du cristal divisée par 1024 (10001.85Hz).

Ainsi, si N vaut 1627 le V.C.O se calera à la fréquence de
 $10001.85 \times 1627 = 16.273\text{MHz}$

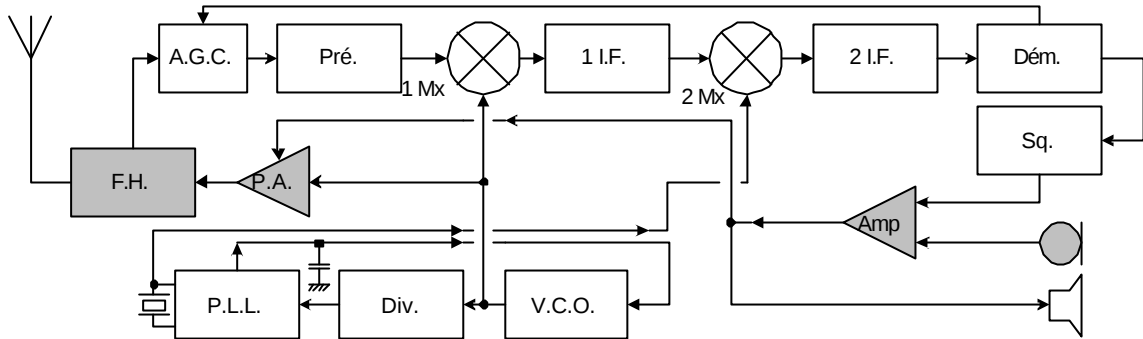
C'est précisément la fréquence de première injection pour recevoir le canal 1.
 $16.273 + 10.692 = 26.965\text{MHz}$

Si N vaut 2696 le V.C.O. se calera à la fréquence de
 $10001.85 \times 2696 = 26.965\text{MHz}$

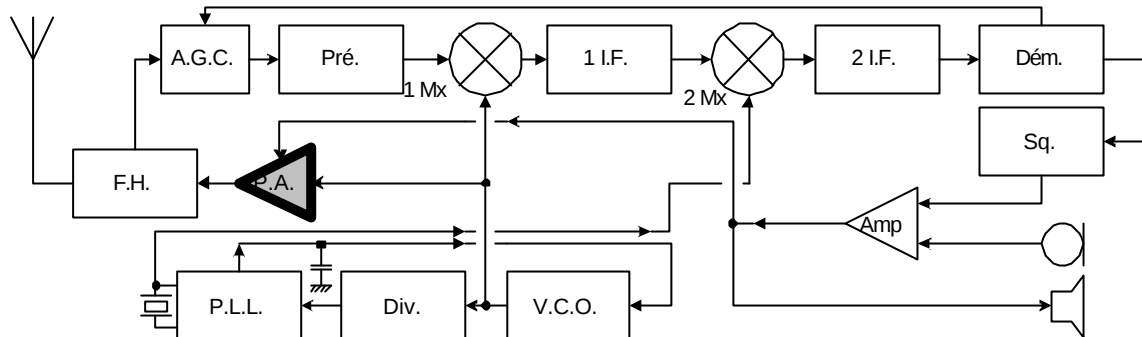
Qui est la fréquence de la porteuse du canal 1 en émission.

Dans le Pro-510^e le V.C.O est constitué des transistors Q702 et Q701 et des composants associés. IC5 contient le diviseur programmable par N, l'oscillateur du pilote à 10.2419MHz qui sert aussi de deuxième injection, son diviseur par 1024 et le comparateur de phase. La roue codeuse S501 fixe le nombre N de la division du V.C.O. DS51 affiche le canal correspondant sur la face avant du mobile.

5 L'émetteur



5.1 L'amplificateur de puissance (Power Amplifier)



- *Amplifie la porteuse issue du V.C.O.*
- *Module en amplitude cette porteuse*

Le signal très faible issu du microphone, pré accentué par Q6 (qui sert aussi de limiteur) est amplifié par l'amplificateur de puissance IC4.

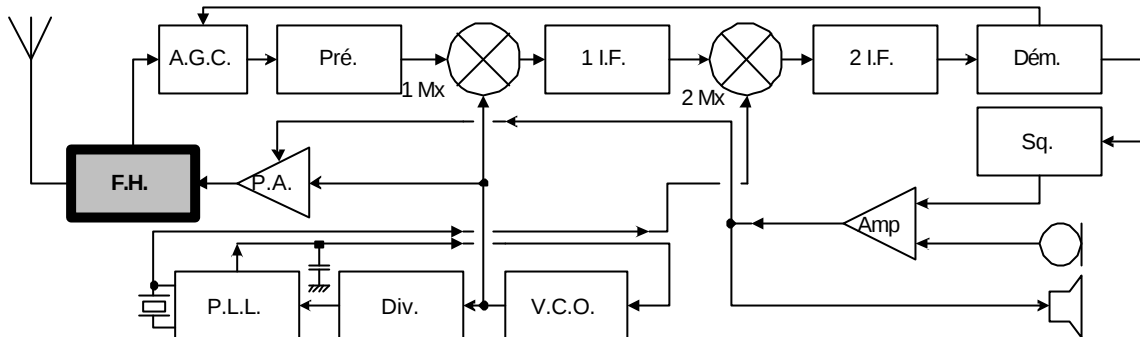
Une des bornes du secondaire du transformateur T1 est polarisée à 13.8V.

L'autre borne du secondaire de T1 sera donc à 13.8V si on ne parle pas et variera entre 0V et 27.6V avec la parole.

Cet audio variant de 0V à 27.6V sert d'alimentation aux deux derniers étages de l'amplificateur de puissance. La porteuse issue du V.C.O. est ainsi modulée en amplitude par le signal venant du microphone.

Le P.A. est constitué de Q4, Q3 amplificateurs intermédiaires linéaires en **classe A** et de Q2, Q501 amplificateurs de puissance et modulateurs en **classe C**.

5.2 Filtre harmonique



- *Élimine les harmoniques produites par l'amplification.*

Les deux derniers étages du P.A. travaillent en classe C pour limiter leur échauffement, ils génèrent des harmoniques aux fréquences $2F_t$, $3F_t$, $4F_t$...

Afin de ne pas déranger les utilisateurs éventuels de ces fréquences, on installe après le P.A. un filtre passe bas qui les éliminera.

Le filtre harmonique sert aussi d'adaptateur d'impédance entre la sortie de Q501 et l'antenne.

IC1

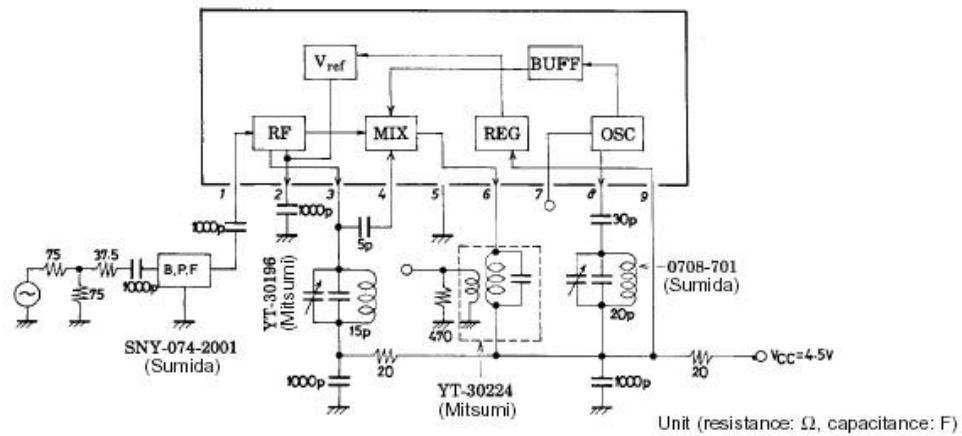
Monolithic Linear IC



LA1185

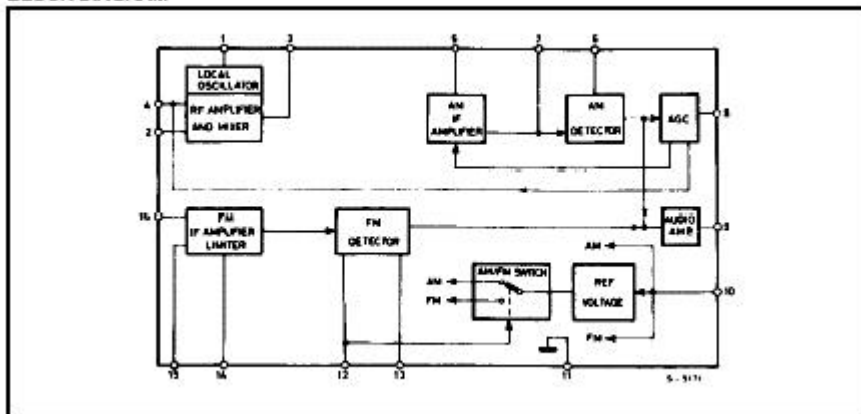
FM Front-end for Radio-cassette Recorder, Home Stereo Applications

Test Circuit and Equivalent Circuit Block Diagram

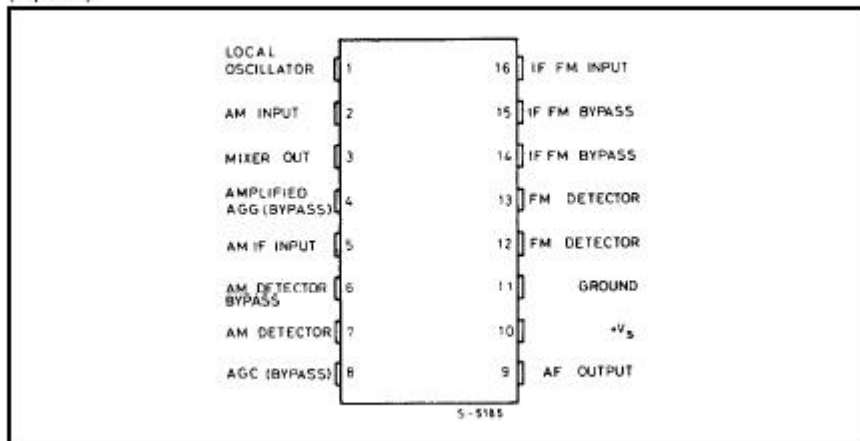


IC2

BLOCK DIAGRAM



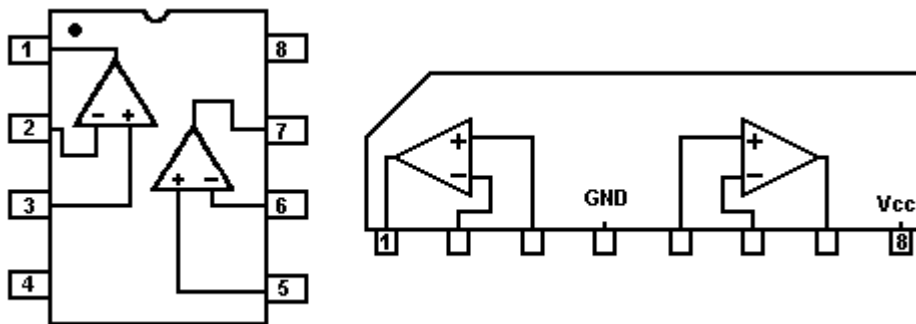
PIN CONNECTION
(Top view)



IC3

M5223L

6 Dual Operational Amplifier



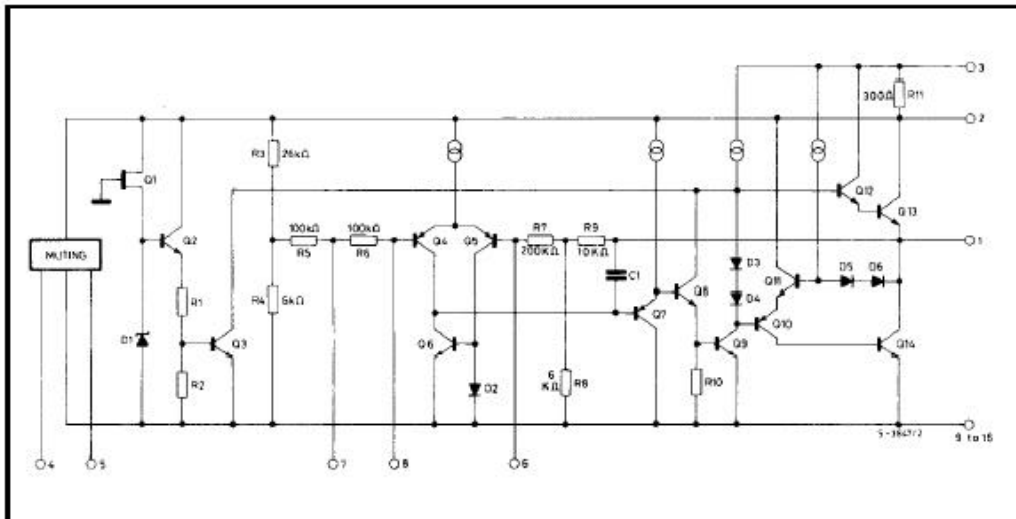
IC4



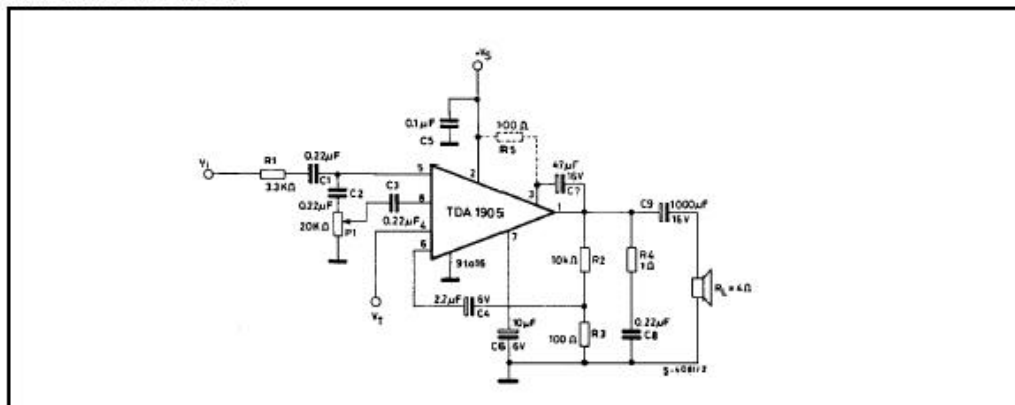
TDA1905

5W AUDIO AMPLIFIER WITH MUTING

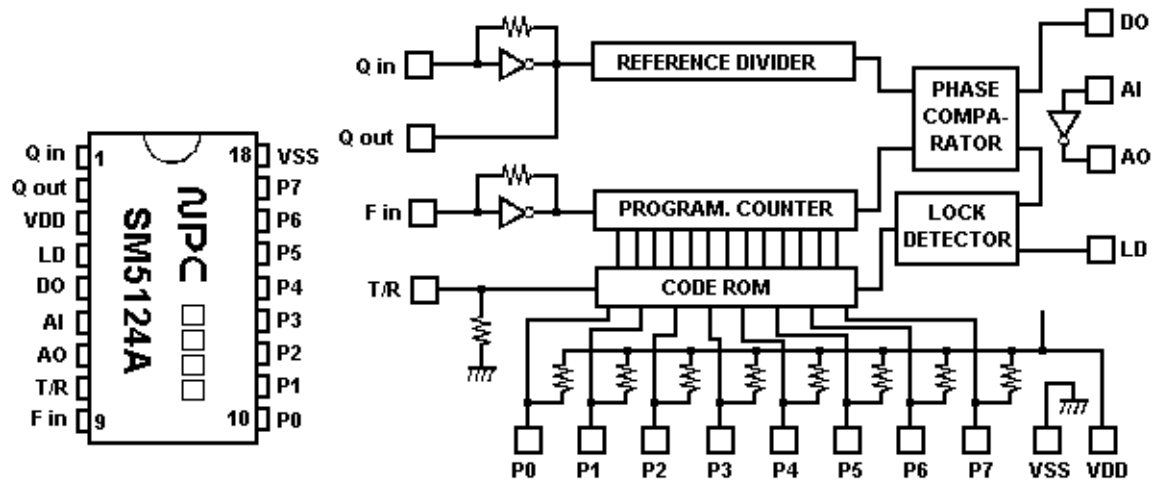
SCHEMATIC DIAGRAM



APPLICATION CIRCUIT



IC5



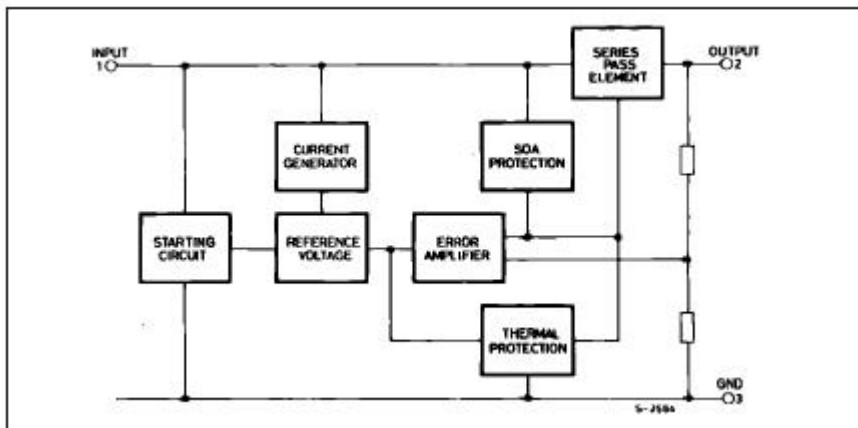
IC6



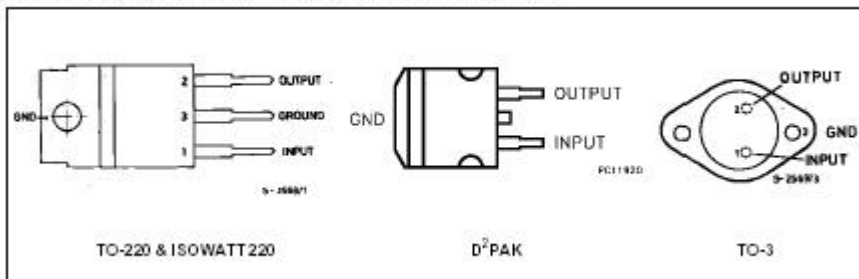
**L7800
SERIES**

POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

BLOCK DIAGRAM



CONNECTION DIAGRAM AND ORDERING NUMBERS (top view)



Fréquences

Canal Numéro	F Tx/Rx (MHz)	Tx Division (N)	Tx VCO (MHz)	Rx Division (N)	Rx VCO (MHz)
1	26.965	2696	26.965	1627	16.273
2	26.975	2697	26.975	1628	16.283
3	26.985	2698	26.985	1629	16.293
4	27.005	2700	27.005	1631	16.313
5	27.015	2701	27.015	1632	16.323
6	27.025	2702	27.025	1633	16.333
7	27.035	2703	27.035	1634	16.343
8	27.055	2705	27.035	1636	16.363
9	27.065	2706	27.065	1637	16.373
10	27.075	2707	27.075	1638	16.383
11	27.085	2708	27.085	1639	16.393
12	27.105	2710	27.105	1641	16.413
13	27.115	2711	27.115	1642	16.423
14	27.125	2712	27.125	1643	16.433
15	27.135	2713	27.135	1644	16.443
16	27.155	2715	27.115	1646	16.463
17	27.165	2716	27.165	1647	16.473
18	27.175	2717	27.175	1648	16.483
19	27.185	2718	27.185	1649	16.493
20	27.205	2720	27.205	1651	16.513
21	27.215	2721	27.215	1652	16.523
22	27.225	2722	27.225	1653	16.533
23	27.255	2725	27.255	1656	16.565
24	27.233	2723	27.233	1654	16.543
25	27.245	2724	27.245	1655	16.553
26	27.265	2726	27.265	1657	16.573
27	27.275	2727	27.275	1658	16.583
28	27.285	2728	27.285	1659	16.593
29	27.295	2729	27.295	1660	16.603
30	27.305	2730	27.305	1661	16.613
31	27.315	2731	27.315	1662	16.623
32	27.325	2732	27.325	1663	16.633
33	27.335	2733	27.335	1664	16.643
34	27.345	2734	27.345	1666	16.663
36	27.365	2736	27.365	1667	16.673
37	27.375	2737	27.375	1668	16.685
38	27.385	2738	27.385	1669	16.693
39	27.395	2739	27.395	1670	16.703
40	27.405	2740	27.405	1671	16.713