



## Amplificateurs opérationnels à FET

La technologie fait des progrès, le FORMANT aussi! Celui-ci comporte des transistors à effet de champ qui, à l'époque, étaient préférables à des amplificateurs opérationnels bon marché pour prélever le signal sous haute impédance et le transmettre en toute "linéarité". Entretemps sont apparus les amplificateurs opérationnels à transistors d'entrée FET. Ceci concerne non seulement les VCO nouveaux, mais aussi ceux que l'on a déjà réalisés avec l'ancienne technologie.

Les versions "rapides" des amplificateurs opérationnels à FET n'existaient pas encore à l'époque de la conception du FORMANT. Il était alors impossible d'envisager leur mise en œuvre; c'est pourquoi le FORMANT est équipé, dans sa version initiale, de transistors à effet de champ discrets (figure 1a). Le problème était résolu de manière tout à fait satisfaisante d'ailleurs. Mais elle présentait certains inconvénients dont l'énumération sera motivante pour une amélioration du circuit de l'oscillateur:

- 1) le facteur d'amplification n'est pas exactement unitaire, mais légèrement inférieur (de l'ordre de 0,9).
- 2) du fait des tolérances inhérentes à cette catégorie de composants, il faut adapter la résistance de source au transistor mis en œuvre.
- 3) la tension  $U_{GS}$  provoque un "offset" de la tension d'entrée par rapport à la tension de sortie; cet offset ( $-U_{GS}$ ) doit être compensé dans l'étage suivant.
- 4) la plage de commande est relativement étroite.
- 5) la tension  $U_{GS}$  et de ce fait, la tension de sortie dérivent selon un facteur thermique.

Ces inconvénients ne sont tout de même pas prohibitifs, mais puisqu'à présent il est possible de les éliminer sans que les qualités des VCO ne soient compromises, il y a tout lieu de se donner le mal de le faire.

Le montage en drain commun de la figure 1a apparaît dans plusieurs modules du FORMANT; il pourra dans tous les cas de figure être remplacé par le montage à amplificateur opérationnel à FET de la figure 1b. Ceci concerne l'interface, les VCO, les VCF et quelques uns des circuits proposés en extension dans ce livre. Les deux avantages qui résulteront de cette modification sont une stabilité en température sensiblement meilleure et le fait que l'adaptation des résistances de source est devenue inutile.

### Les points chauds

Le plus grand inconvénient du montage en drain commun (source suiveuse) est la dérive liée au coefficient thermique. Et c'est bien sûr dans les VCO que cette dérive se fait le plus nettement sentir; cette dérive a pour conséquence directe celle de la fréquence d'oscillation. Il en va de même pour l'interface, dont le KOV commande lui aussi la fréquence de l'ensemble des VCO. Dans la pratique, la présence d'amplificateurs opérationnels à FET sur l'interface ne se justifie que lorsque le clavier s'étend au-delà de cinq octaves. Dans ce cas-là, il n'est pas inintéressant d'utiliser des amplificateurs opérationnels multiples du type TL 084 ou TL 074. Ceux-ci pourront remplacer avantageusement T1, T3 et T4. Le quatrième ampli-op qui resterait inutilisé peut remplacer un 741, comme par exemple IC5 ou IC6. Cette modification n'est pas tout à fait compatible avec le circuit imprimé original. Si l'on réalise ses propres circuits imprimés, on pourra redessiner cette partie du circuit sans difficulté. Sinon, la modification pourra être faite par câblage, avec éventuellement un petit morceau de circuit d'essai.

La compensation d'offset avec P4 devra être corrigée une fois que la modification aura été menée à bien.

La stabilité en température des VCF n'est pas liée à la tolérance des FET.

Il en résulte qu'hormis le masochisme, rien ne justifie une modification de ces modules.

### VCO avec ampli-op à FET

C'est donc sur les VCO que la modification s'impose. On notera (avec peut-être du dépit) qu'elle entraînera inévitablement une correction du réglage de l'oscillateur et du convertisseur de formes d'ondes. Sur les VCO existants, la modification ne se justifie effectivement que lorsque l'utilisateur est insatisfait de la stabilité en température de ses modules.

La figure 2a montre le circuit initial avec ses deux transistors à effet de champ montés en drain commun. T2 exerce une influence directe sur la stabilité de la fréquence d'oscillation. Le premier pas consiste donc à le remplacer par un suiveur de tension réalisé à l'aide du seul LF356H. Le reste du circuit peut rester inchangé comme le montre la figure 2b. L'ajustable P10 agit sur l'amplitude du signal en dent de scie et doit être mis approximativement en position médiane. Une nouvelle procédure de réglage de l'oscillateur et du convertisseur de forme d'onde s'impose, parce que la modification affecte non seulement l'amplitude mais aussi le potentiel de courant continu du signal en dent de scie.

La figure 3a montre comment adapter la nouvelle implantation des composants à l'ancien circuit imprimé selon le schéma de la figure 2b. Les broches 1 et 5 du LF 356 (IC12) en boîtier métallique TO ne sont pas utilisées; on les coupera à ras du boîtier. La broche 6 pourra être soudée directement sur la broche 2. Sur le circuit imprimé déjà réalisé, il faut supprimer R17 et T2, tandis que IC12 sera implanté conformément à la figure 3a.

Si l'on démarre un nouveau VCO, la modification sera plus conséquente. La figure 2c en donne le schéma. Par rapport au circuit initial de la figure 2a, on constate l'absence de T2, T3, R17, R20, R16 et P10. Le suiveur de tension réalisé à l'aide de l'amplificateur opérationnel IC12 remplace les deux transistors à effet de champ. La valeur de la résistance R18 passe à 470 ohms.

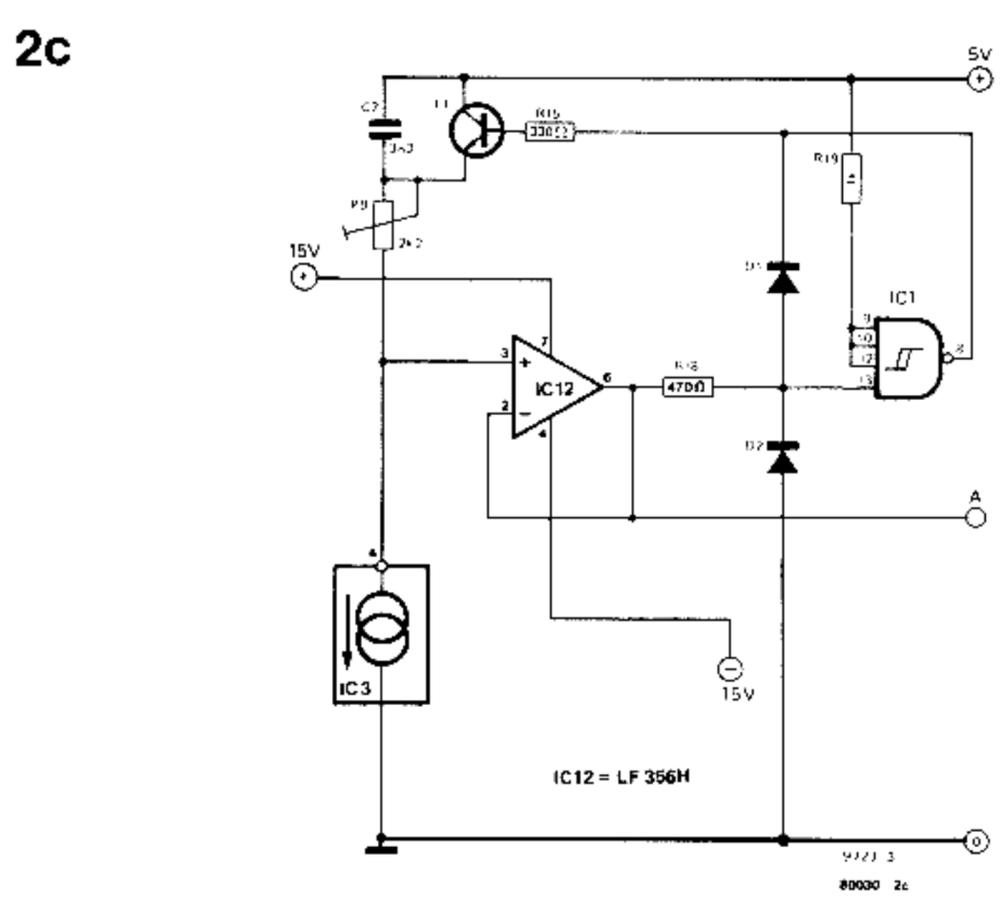
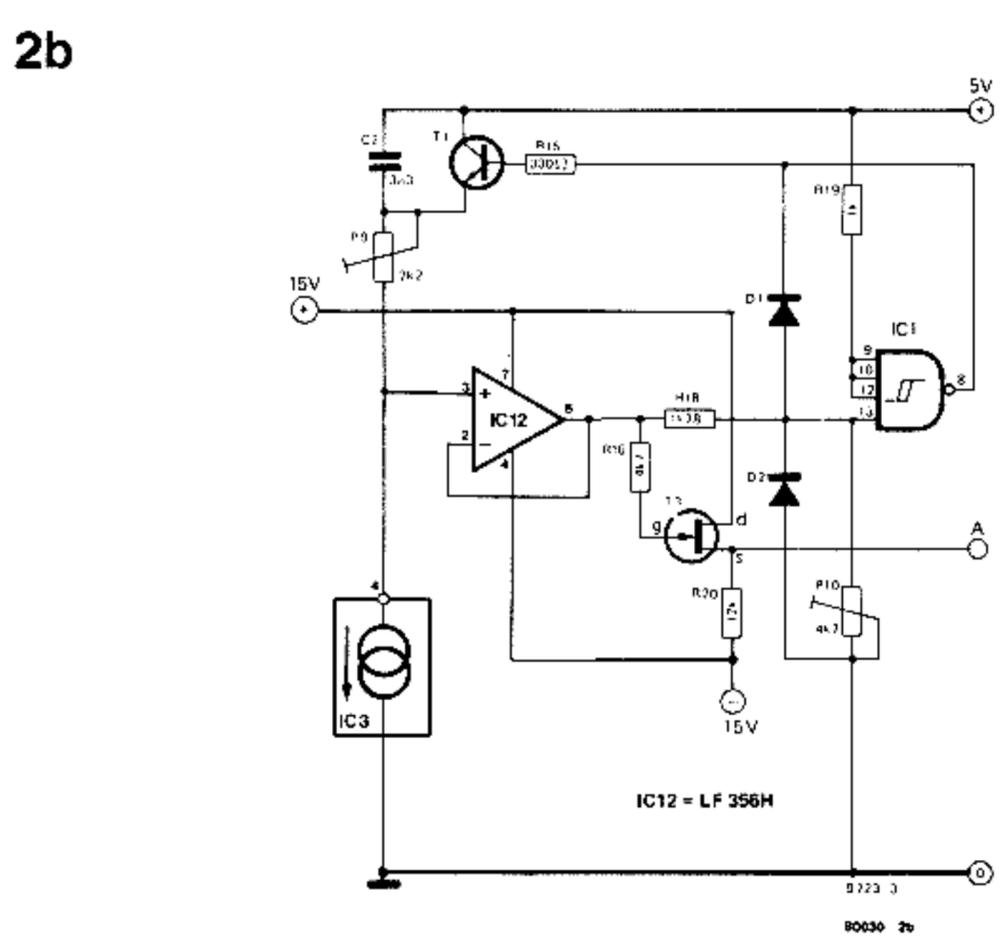
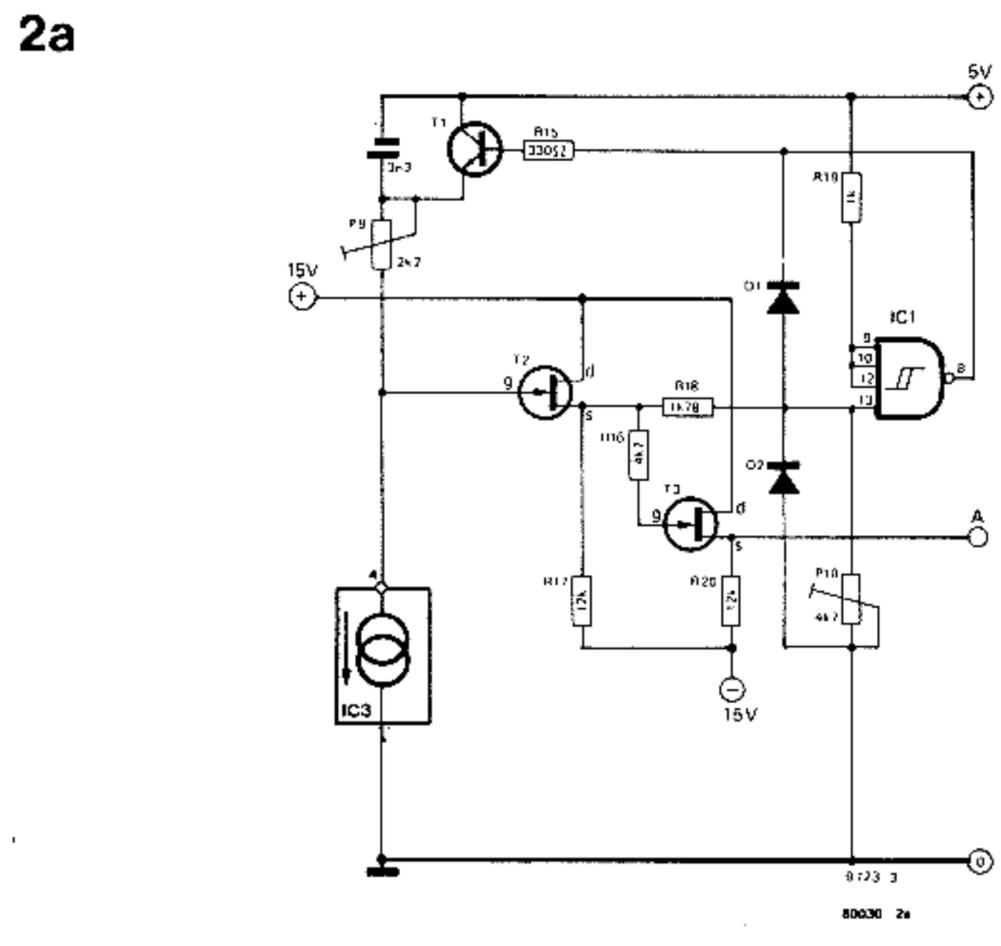
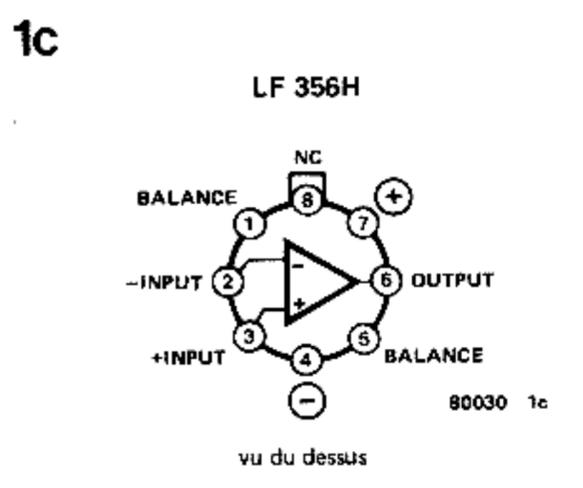
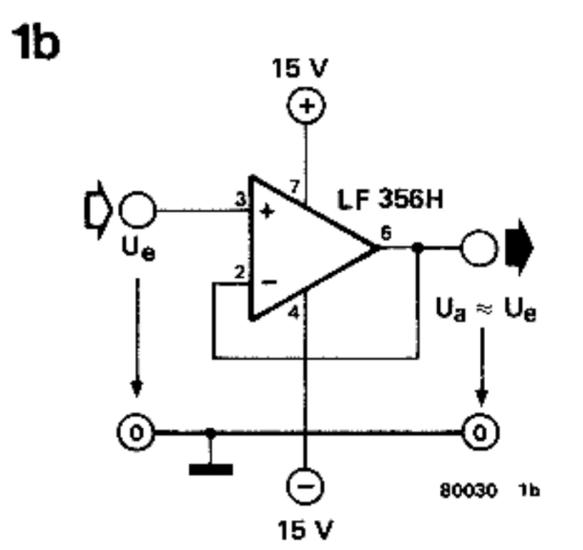
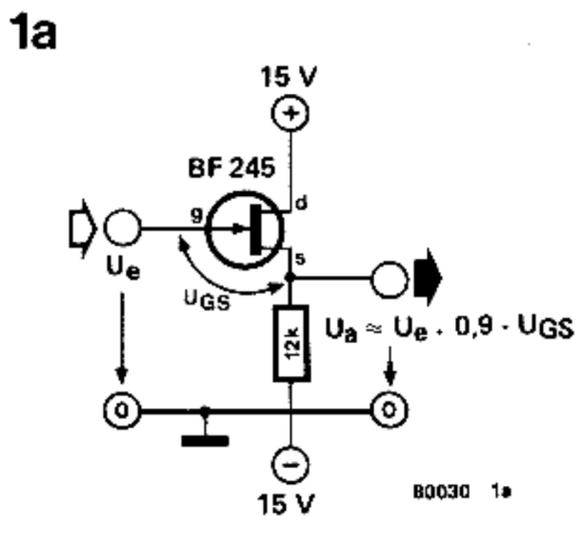


Figure 1a. Montage en drain commun avec un transistor à effet de champ à canal N. Ce circuit est mis à contribution dans l'interface, les VCO et les VCF du FORMANT.

Figure 1b. Suiveur de tension réalisé à l'aide d'un ampli-op à FET. Ce circuit pourra remplacer dans le FORMANT les montages en drain commun partout où une meilleure stabilité thermique est souhaitable.

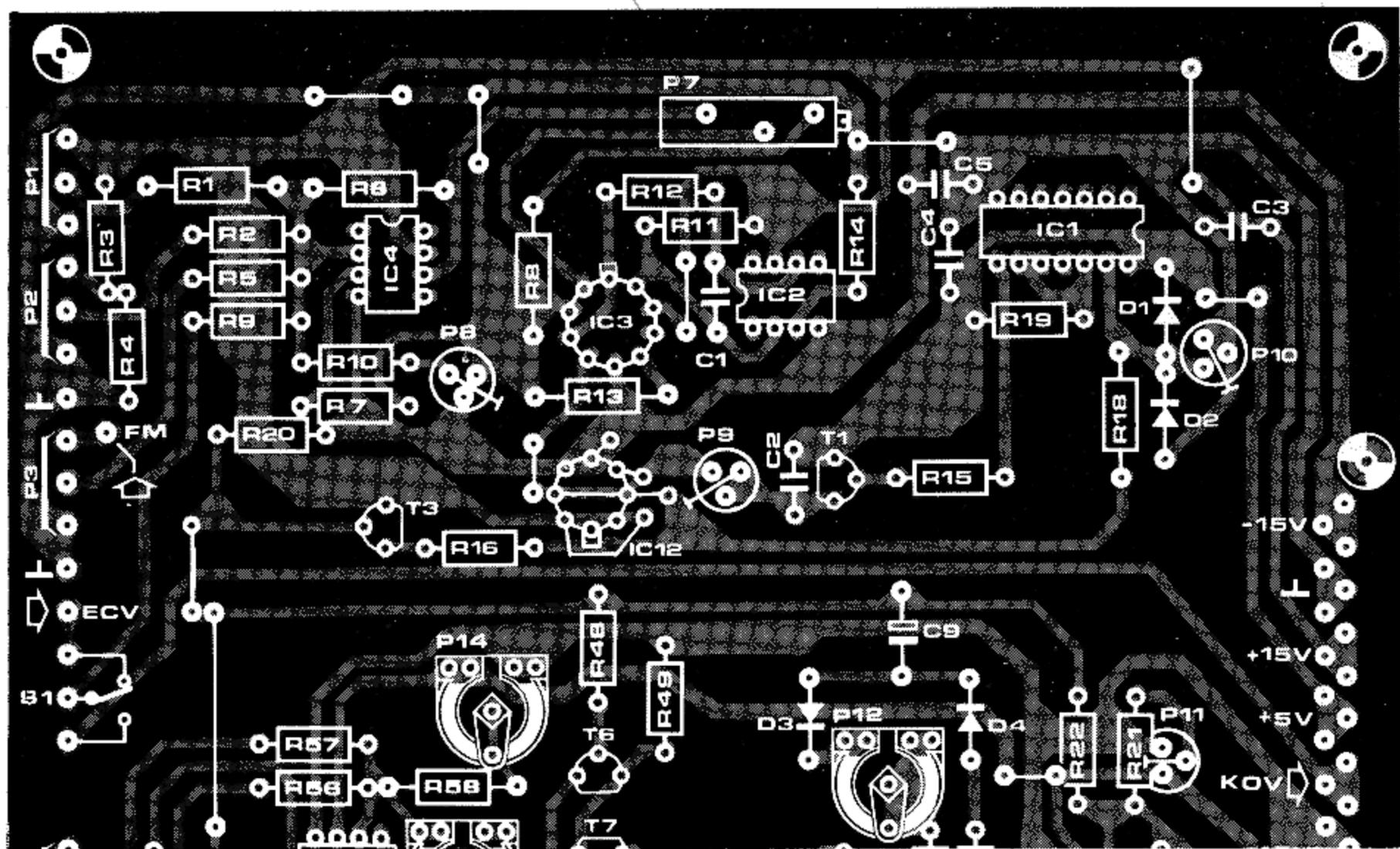
Figure 1c. Brochage du circuit LF 356, vu de dessus. Les broches 1, 8 et 5 pourront être coupées à ras du boîtier.

Figure 2a. Le circuit de l'oscillateur du VCO du FORMANT. Celui-ci comporte deux transistors à effet de champ montés en drain commun; T2 exerce une influence directe sur la stabilité de la fréquence de sortie.

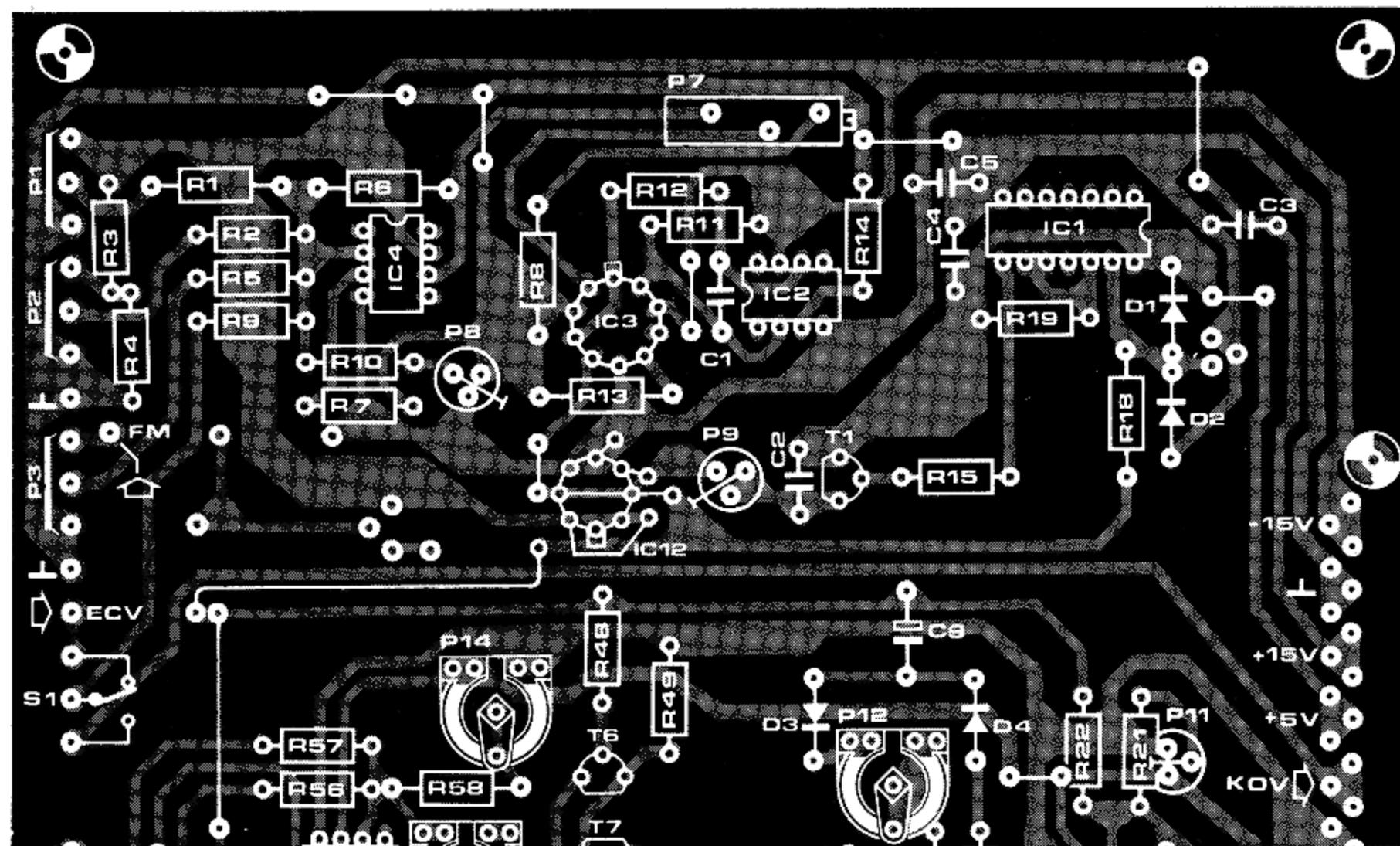
Figure 2b. S'il s'agit de modifier un VCO existant, il suffira de remplacer T2 par un ampli-op; ceci ne pose aucun problème d'implantation.

Figure 2c. La modification est radicale avec les nouveaux VCO, permettant ainsi l'économie de quelques composants.

3a



3b



Il n'est pas indispensable qu'elle soit à film métallique, à moins que l'on ne tienne à atteindre le nec plus ultra en matière de stabilité thermique.

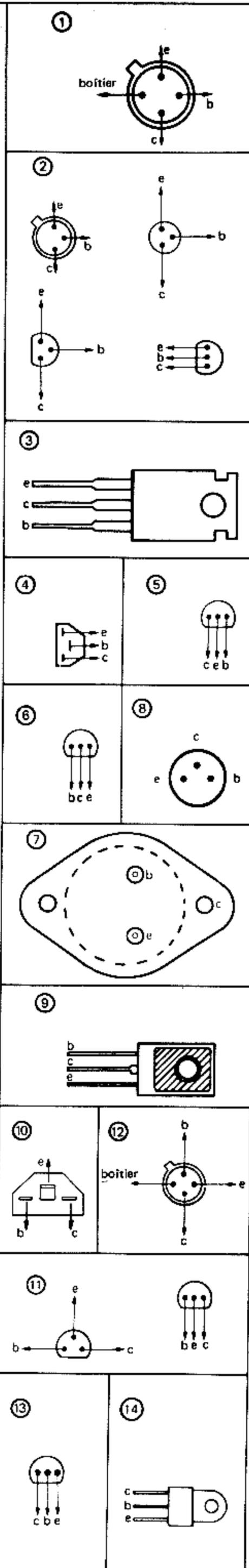
La figure 3c indique comment implanter les composants sur le nouveau VCO. IC12 prend la place de T12/R17 et un strap à gauche d'IC12 remplace T3/R16. L'ampli-op à FET du circuit de la figure 2c n'apporte pas seulement une meilleure

stabilité thermique mais réduit aussi le nombre des composants, parmi lesquels figure le potentiomètre P10, un Cermet coûteux, qu'il n'était d'ailleurs pas facile de régler. En conclusion, nous pouvons affirmer que la dernière modification proposée dans ce livre est sans doute la première que l'amateur soucieux de qualité et d'efficacité se devra de réaliser!

Figure 3a. L'implantation des composants du circuit de la figure 2b ne pose que peu de problèmes.

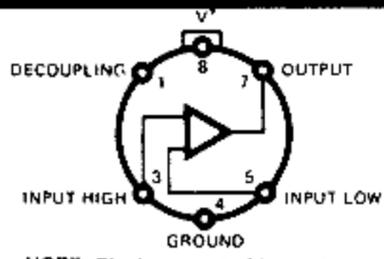
Figure 3b. Le circuit de l'oscillateur est considérablement simplifié grâce à la mise en œuvre d'un amplificateur opérationnel à FET.

TRANSISTORS	Type	PNP = P NPN = N	U <sub>CEO</sub> (volt)	I <sub>c(max)</sub> (mA)	P <sub>max</sub> (mW)		h <sub>FE</sub> (min)	boîtier	remarques
					non refroidi.				
			0 = < 20 00 = 25-40 000 = 45-60 0000 = 65-80 00000 = > 85	0 = < 50 00 = 55-100 000 = 105-400 0000 = 405-2 A 00000 = > 2 A	0 = < 300 00 = 305-1000 refroidi 00* = 1-10 W 00** = 10-35 W 00*** = > 40 W	0 = < 20 00 = 25-50 000 = 55-120 0000 = > 125			
TUN	N		0	00	0	000			
TUP	P		0	00	0	000			
AC126	P		0	00	00	0000	2		
AF239	P		0	0	0	0	1	base commune : f <sub>T</sub> = 700 MHz	
BC107	N		000	00	0	000	2		
BC108	N		0	00	0	000	2		
BC109	N		0	00	0	0000	2	faible Smit	
BC140	N		00	0000	00*	00	2		
BC141	N		000	0000	00*	00	2		
BC160	P		00	0000	00*	00	2		
BC161	P		000	0000	00*	00	2		
BC182	N		000	000	0	0000	2		
BC212	P		000	000	0	000	2		
BC546	N		0000	00	00	0000	2		
BC556	P		0000	00	00	000	2		
BD106	N		00	00000	00**	00	7		
BD130	N		000	00000	00***	0	7		
BD132	P		000	00000	00**	00	9		
BD137	N		000	0000	00*	00	9		
BD138	P		000	0000	00*	00	9		
BD139	N		0000	0000	00*	00	9		
BD140	P		0000	0000	00*	00	9		
BDY20	N		000	00000	00***	0	7		
BF180	N		0	0	0	0	1	base commune : f <sub>T</sub> = 675 MHz	
BF185	N		0	0	0	00	12	base commune : f <sub>T</sub> = 220 MHz	
BF194	N		0	0	0	000	10	émetteur commun : f <sub>T</sub> = 260 MHz	
BF195	N		0	0	0	000	10	émetteur commun : f <sub>T</sub> = 200 MHz	
BF199	N		00	0	00	000	11	émetteur commun : f <sub>T</sub> = 550 MHz	
BF200	N		0	0	0	00	1	base commune : f <sub>T</sub> = 240 MHz	
BF254	N		00	0	0	000	11	émetteur commun : f <sub>T</sub> = 260 MHz	
BF257	P		00000	00	00	00	2	émetteur commun : f <sub>T</sub> = 90 MHz	
BF494	N		0	0	0	000	11	émetteur commun : f <sub>T</sub> = 260 MHz	
BFX34	N		000	00000	00	00	2	f <sub>T</sub> = 70 MHz	
BFX89	N		0	0	0	00	1	émetteur commun : f <sub>T</sub> = 1000 MHz	
BFY90	N		0	0	0	00	1	émetteur commun : f <sub>T</sub> = 1000 MHz	
BSX19	N		0	0000	0	000	2		
BSX20	N		0	0000	0	000	2		
BSX61	N		000	0000	00	000	2		
HEP51	P		00	0000	00	000	1		
HEP53	N		00	0000	00	000	1		
HEP56	N		0	00	00	000	5	f <sub>T</sub> = 150 MHz	
MJE171	P		000	00000	00**	00	9	f <sub>T</sub> = 200 MHz	
MJE180	N		00	00000	00**	00	9	f <sub>T</sub> = 750 MHz	
MJE181	N		000	00000	00**	00	9		
MJE340	N		00000	0000	00**	00	9		
MPS A05	N		000	0000	00	00	13		
MPS A06	N		0000	0000	00	00	13		
MPS A09	N		0000	0	00	000	13		
MPS A10	N		00	00	00	00	13		
MPS A13	N		00	000	00	0000	13		
MPS A16	N		00	00	00	000	13		
MPS A17	N		00	00	00	0000	13		
MPS A18	N		000	000	00	0000	13		
MPS A55	P		000	0000	0	00	13		
MPS A56	P		0000	0000	0	00	13		
MPS U01	N		00	00000	00*	00	14		
MPS U05	N		000	00000	00*	00	14		
MPS U56	P		0000	00000	00*	00	14		
MPS2926	N		0	00	00	00	13	f <sub>T</sub> = 300 MHz	
MPS3394	N		00	00	00	000	13	f <sub>T</sub> = 100 MHz	
MPS3702	P		00	000	00	000	13		
MPS3706	N		0	0000	00	00	13		
MPS6514	N		00	00	0	0000	13	f <sub>T</sub> = 480 MHz	
TIP29	N		00	0000	00**	0	3		
TIP30	P		00	0000	00**	0	3		
TIP31	N		00	00000	00**	0	3		
TIP32	P		00	00000	00**	0	3		
TIP140	N		000	00000	00**	0000	7	Darlington	
TIP142	N		000000	000000	00**	0000	7	Darlington	
TIP2955	P		000	00000	00**	0	3		
TIP3055	N		000	00000	00**	0	3		
TIP5530	P		000	00000	00**	0	3		
2N696	N		000	0000	00	0	2		
2N706	N		0	0	0	0	2		
2N914	N		0	0000	00	00	2		
2N1613	N		000	0000	00	00	2		
2N1711	N		000	0000	00	000	2		
2N1983	N		00	0000	00	000	2		
2N1984	N		00	0000	00	00	2		
2N2219	N		00	0000	00	00	2		
2N2222	N		00	0000	00	00	2		
2N2925	N		00	00	0	0000	13		
2N2955	P		00	00	0	0	2	≠ MJE2955, TIP2955!	
2N3054	N		000	00000	00**	00	7		
2N3055	N		000	00000	00**	0	7		
2N3553	N		00	0000	00*	0	2	f <sub>T</sub> = 500 MHz	
2N3568	N		000	0000	0	000	13		
2N3638	P		00	0000	0	000	13		
2N3702	P		00	000	00	000	13		
2N3866	N		00	000	00*	0	2	f <sub>T</sub> = 700 MHz	
2N3904	N		00	000	0	00	13		
2N3905	P		00	000	00	000	13		
2N3906	P		00	000	00	000	13		
2N3907	N		000	0	0	000	13		
2N4123	N		00	000	0	00	13		
2N4124	N		00	000	0	000	13		
2N4126	P		00	000	0	000	13		
2N4401	N		00	0000	00	0	13		
2N4410	N		0000	000	00	000	13		
2N4427	N		0	000	00*	0	2	f <sub>T</sub> = 700 MHz	
2N5183	N		0	0000	00	000	2		

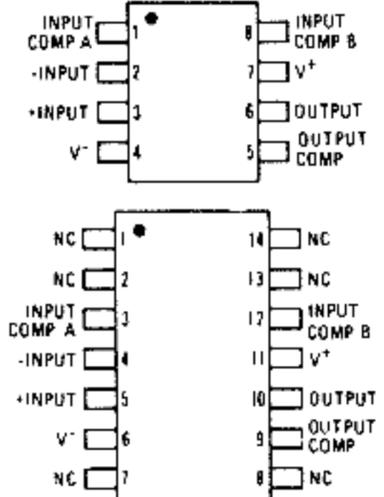


OPAMPS, COMPARATORS

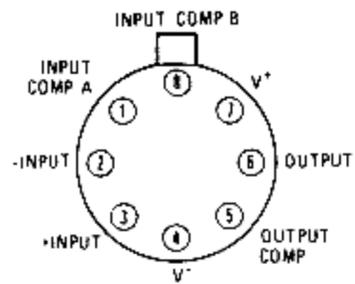
703



NOTE: Pin 4 connected to case.

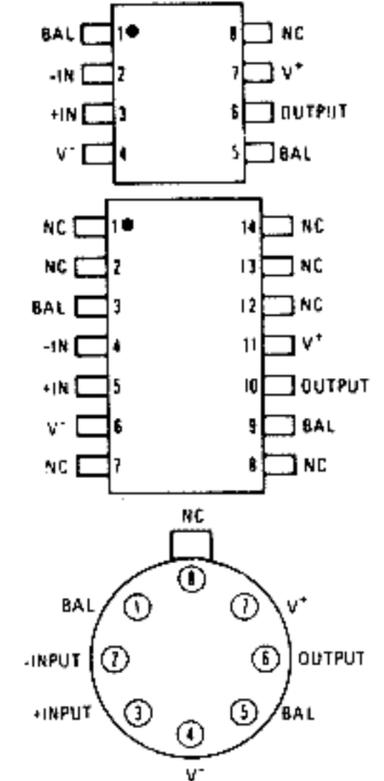


NOTE: Pin 7 connected to bottom of package.

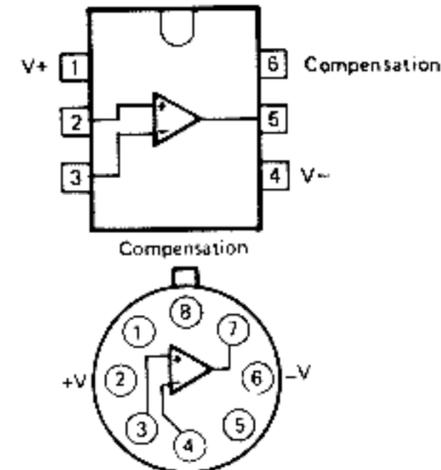


NOTE: Pin 4 connected to case.

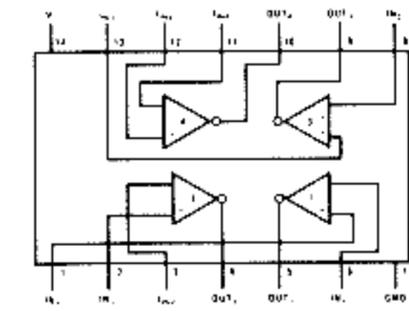
741 (835,844)



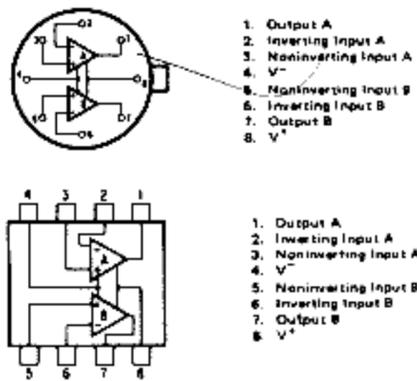
TAA 861 (A)



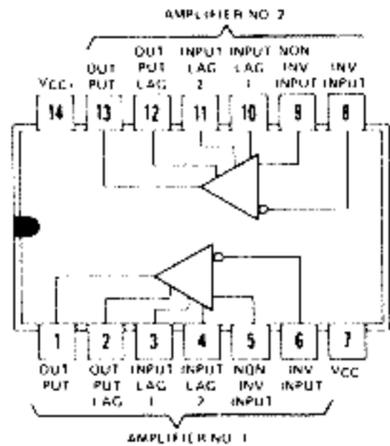
LM3900



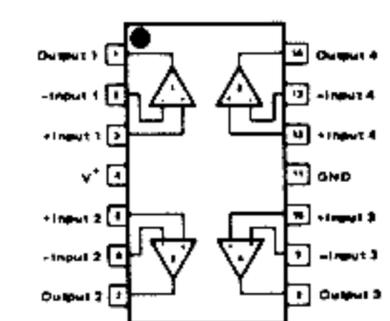
1458 (5558)



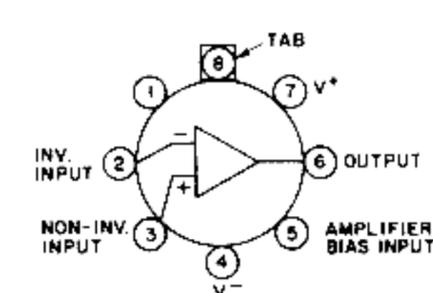
SN 76131 = TBA 231 =  $\mu$ A 739



324

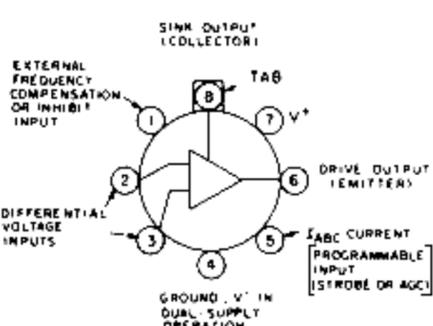


CA 3080



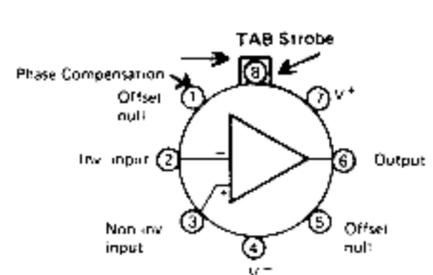
NOTE: Pin 4 is connected to case.

CA 3094



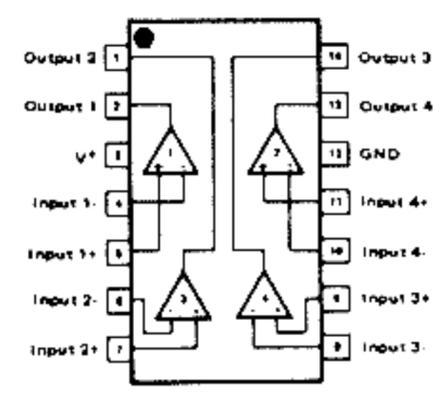
NOTE: Pin 4 is connected to case.

CA 3130



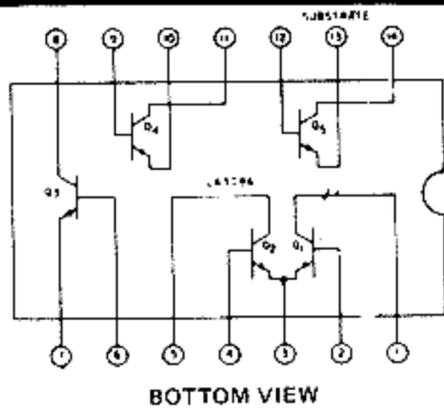
NOTE: Pin 4 is connected to case.

339 (3302)



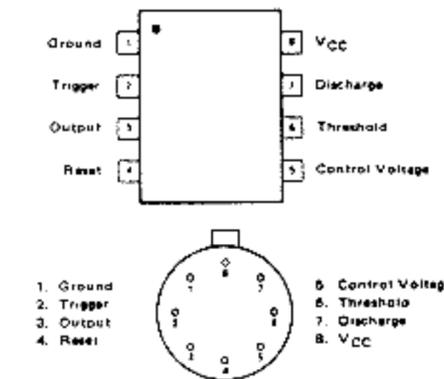
SPECIAL TYPES

CA 3086 = CA 3046

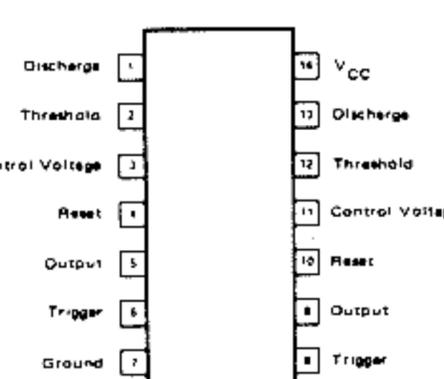


BOTTOM VIEW

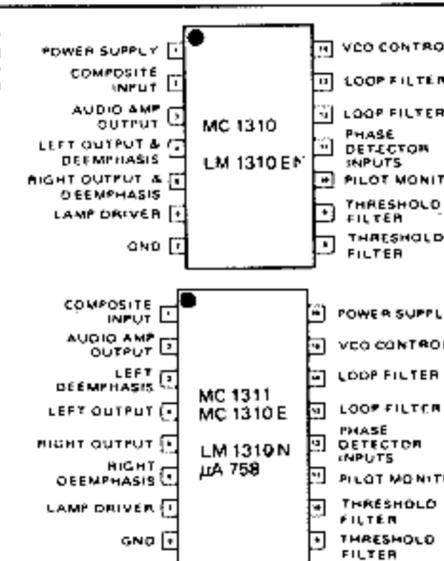
555



556

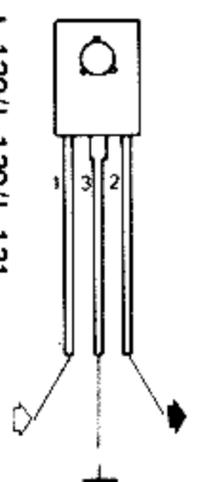


1310



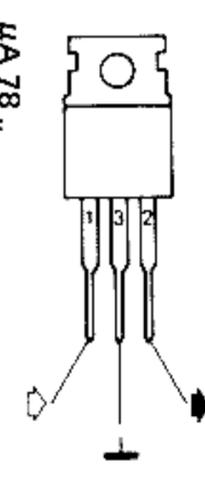
VOLTAGE REGULATORS

L 129/L 130/L 131



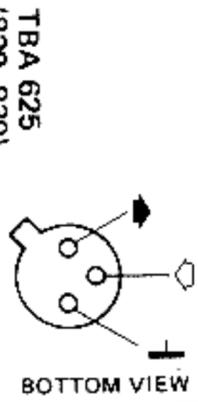
BOTTOM VIEW

$\mu$ A 78

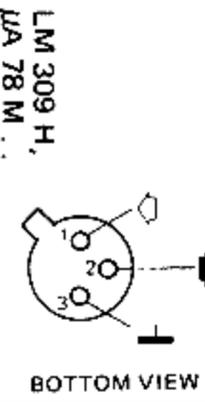


BOTTOM VIEW

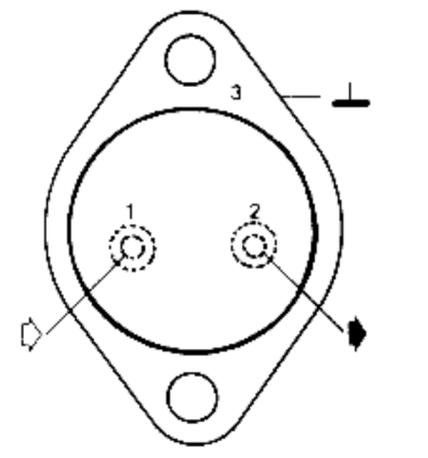
TBA 625 (829, 830)



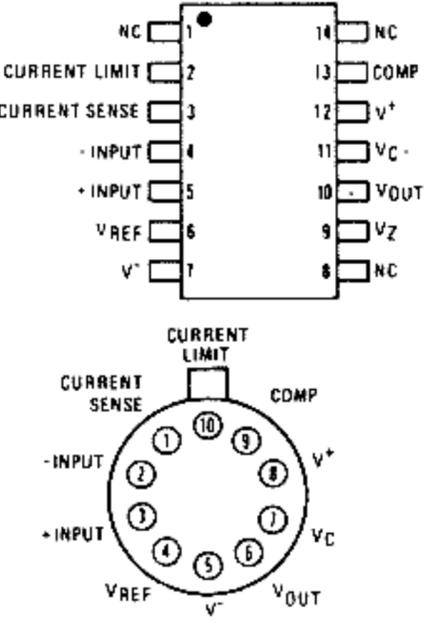
LM 309 H,  $\mu$ A 78 M



LM309K

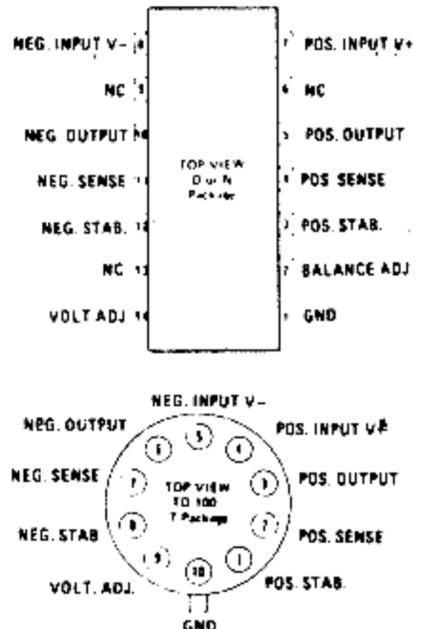


723 (550)



NOTE: On metal can, pin 5 is connected to case.

SG 3501 (SG 4501)



LM 325 (LM 125/LM 225)

