

Principe des antennes Doppler pour le Montréal 3V2

Jean-Paul YONNET

F1LVT@yahoo.fr

www.F1LVT.com

Les 4 fouets et le commutateur sont les seules parties du Doppler qui voient passer la haute fréquence, plus précisément les signaux reçus en VHF ou UHF (signaux RF). Nous nous limiterons aux antennes basiques, en essayant d'expliquer le fonctionnement pas à pas.

Ce que nous appelons l'antenne Doppler, c'est l'ensemble de l'antenne avec ses 4 fouets et son commutateur. Le commutateur reçoit les signaux de commutation du Doppler, ce qui permet de commuter la réception successivement sur un des 4 fouets. Cette commutation est réalisée par des diodes PIN.

1 – Les signaux de commande des antennes

Le boîtier du Montréal 3V2 génère quatre créneaux inversés de 5V d'amplitude dont la durée est de 0,5 ms toutes les 2 ms (Figure 1) pour le pilotage des antennes.

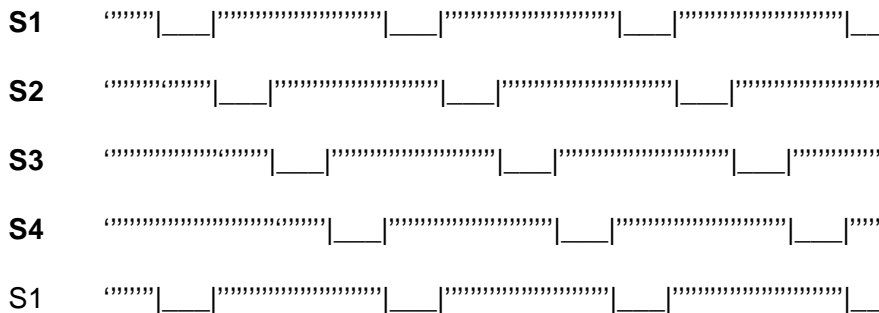


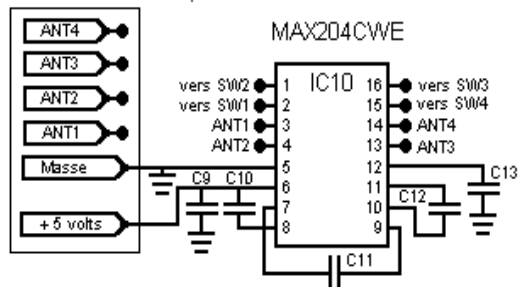
Figure 1 : Les signaux de commande des antennes

Avec ces signaux, il faut commuter successivement un fouet sur quatre. Pour cela on va amplifier ces signaux dans l'antenne Doppler, puis les utiliser pour commander la commutation des fouets par diode PIN.

2 – Principe de l'antenne Doppler

Le schéma de l'antenne complète est présenté sur la Figure 2. Ce schéma est l'aboutissement de nombreux travaux réalisés par tous ceux qui ont travaillé sur les Doppler et conçu toute la série des Doppler Roanoke et Montréal, en particulier Joe MOELL (K0OV), Chuck TAVARIS (N4FQ) et Jacques BRODEUR (VE2EMM) [1].

Vers le DB-15 du Doppler



Liste des pièces

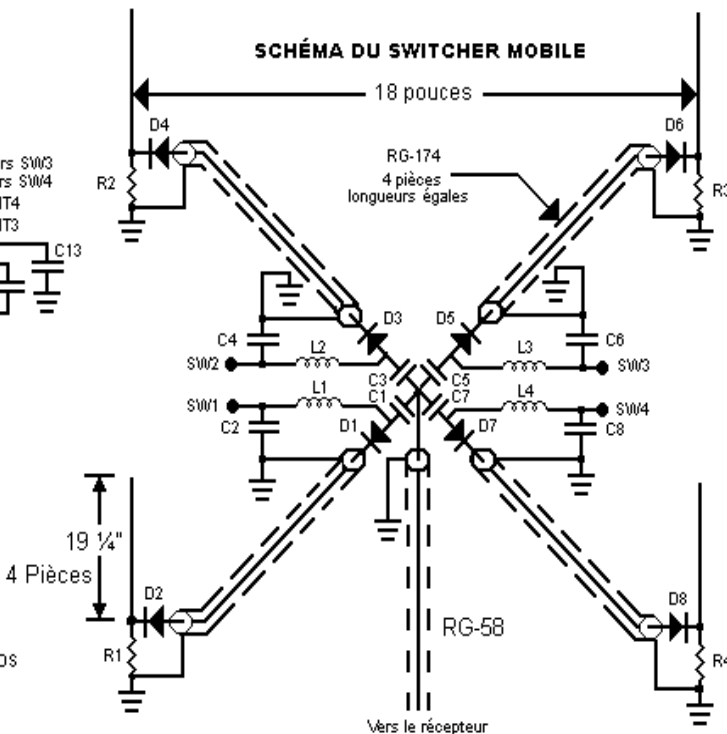
Composantes surfaces montés

- IC10 = MAX204CWE 16/SO .150
- C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 = 470 pF CER
- C9, C10, C11, C12, C13 = 100nF CER
- D1, D3, D5, D7 = HSMP389B SOT23
- L1, L2, L3, L4 = 0.47 uH

Composantes régulières

- D2, D4, D6, D8 = Pin Diodes SS 200V TO-92 MPN3700DS
- R1, R2, R3, R4 = 560 OHMS 1/2 Watts

SCHÉMA DU SWITCHER MOBILE



Serge VE2HLS 2 janvier 2005

Figure 2 : Schéma de l'antenne Doppler de K00V

Sur ce schéma, on reconnait le circuit qui réalise l'amplification des tensions de commande en haut à gauche de la Figure 2. Il est construit autour d'un MAX204CWE en CMS. On peut tout aussi bien utiliser un MAX234 (successeur du MAX204) ou un MAX 235 pour cette fonction. Ces circuits existent aussi en version DIL, plus faciles à souder pour ceux qui n'ont pas l'habitude des circuits CMS. Ce circuit d'amplification doit être placé dans le commutateur d'antennes.

L'antenne elle-même est constituée de 4 fouets taillés en quart d'onde, reliés au commutateur central par un tronçon de câble coaxial (Figure 2 et 6). En pied d'antenne, on trouve une diode PIN et une résistance, par exemple R1 et D2 pour la première antenne.

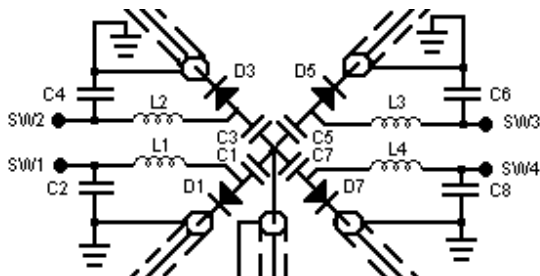


Figure 2b : Commutateur central

Le commutateur d'antennes, c'est la partie centrale (Figure 2b). Le signal HF de chaque antenne passe au travers d'une diode PIN et d'un condensateur, par exemple D1 et C1 pour la première antenne. Les diodes PIN sont commandées par les signaux qui sortent de l'étage d'amplification (SW1). Le courant continu traverse successivement L1, D1, D2, R1 pour l'antenne 1.

3 – Le principe des interrupteurs à diode PIN

Les diodes PIN sont utilisées comme interrupteurs dans le domaine des radiofréquences. Elles réalisent la fonction de **commutation RF**. Dans le sens direct, elles doivent être polarisées suffisamment pour s'assurer qu'elles ont une faible résistance à la RF, et lorsqu'une polarisation inverse est appliquée, elles agissent comme un circuit ouvert, avec une faible capacité.

Un autre type de fonctionnement existe, c'est celui des **atténuateurs RF**. La diode est linéaire quand elle est polarisée en direct, en se comportant comme une résistance pilotée par le courant continu de polarisation. La diode PIN peut être utilisée comme une résistance variable dans un atténuateur.

Il existe une très grande variété de diodes PIN. Certains utilisateurs préfèrent quelques références de chez HP, d'autres celles de NXP ... A vrai dire pour les Doppler ou les Homing, pourvu que les diodes soient bien prévues pour l'application de commutation RF, les caractéristiques sont relativement proches.

Quand les téléviseurs étaient à tube, la commutation de bandes dans les tuners analogiques était réalisée par des diodes PIN qui fonctionnaient entre 50 MHz et 800 MHz. La plupart du temps, c'étaient des diodes Telefunken BA243 ou BA244 (Figure 3 et 4) [2]. Ces diodes PIN sont très bien adaptées pour les antennes Doppler ou les antennes Homing. Dans les années 80 - 90, quand on trouvait un téléviseur qui ne fonctionnait plus, on démontait le tuner analogique pour récupérer les diodes BA243 ou BA244. Ce temps-là est révolu, à la fois parce qu'on ne trouve pratiquement plus de téléviseurs à tube mais aussi parce qu'on trouve plus facilement ces diodes PIN.

BA243A, BA244A

Silicon Epitaxial Planar Diode Switches

for electronic band-switching in radio and TV tuners in the frequency range of 50 ... 1000 MHz. The dynamic forward resistance is constant and very small over a wide range of frequency and forward current. The reverse capacitance is also small and largely independent of the reverse voltage.

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

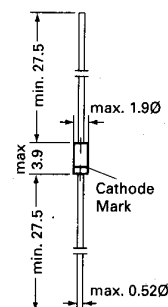


Figure 3 : Diode PIN BA243 - BA244.

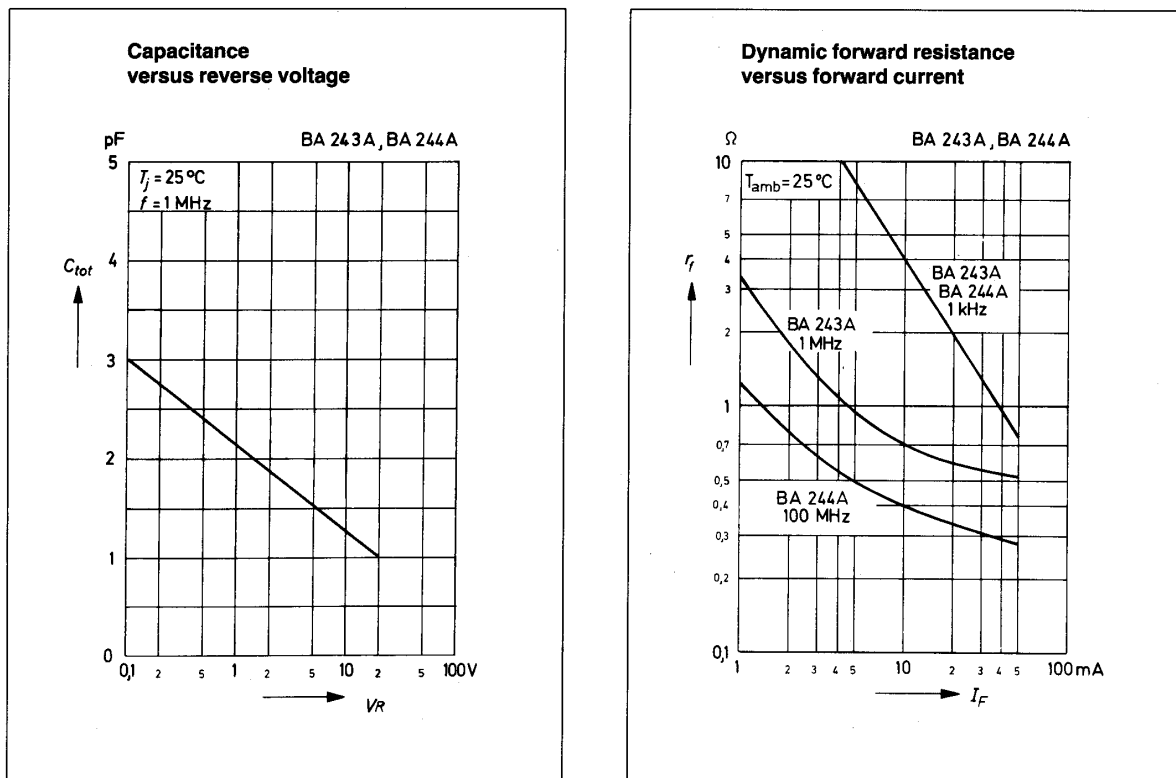
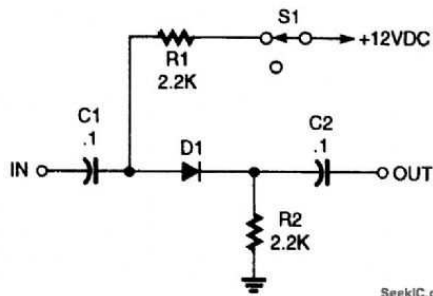


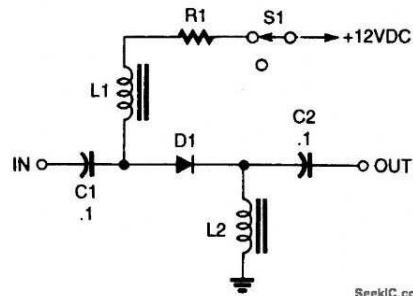
Figure 4 : Caractéristiques des diodes BA243 – BA 244

Ces diodes PIN BA 243 – BA 244 présentent une résistance série nettement inférieure à $1\ \Omega$ pour toute la bande 50 MHz – 1000 MHz dès que le courant continu de polarisation dépasse 2 à 3 mA (Figure 4). Pour les utiliser comme interrupteur RF, il faut que la diode soit traversée par un courant continu de pilotage dans le sens direct ; la diode est alors passante pour les signaux HF aussi bien dans un sens que dans l'autre. Ces signaux HF traversent le montage grâce aux deux condensateurs C1 et C2 en série de part et d'autre de la diode (Figure 5). Il faut que les résistances R1 et R2 soient suffisamment grandes pour minimiser la dérivation du signal RF. Sur le montage de la Figure 5, ce sont des résistances de $2,2\ \text{k}\Omega$ qui sont utilisées. Il faut une tension continue de commande suffisamment élevée pour que le courant de polarisation soit de plusieurs milliampères dans le sens « passant ».

En sens inverse, pour bloquer la diode, il suffit théoriquement d'une tension nulle. Mais si les signaux HF sont suffisamment grands, ils peuvent perturber cet état « bloqué ». C'est pourquoi, pour maintenir cet état bloqué il faut appliquer à la diode une tension négative de quelques volts.



SeekIC.com Fig. 5A



SeekIC.com Fig. 5B

Figure 5 : Montage de base des diodes PIN :

- 5A : entre 2 résistances pour la polarisation continue ($I_{DC} \approx 3mA$).
- 5B : entre 2 inductances et une résistance.

Sur la Figure 5B, ce sont des inductances qui sont utilisées de part et d'autre de la diode PIN. Attention cependant à l'utilisation des inductances en haute fréquence. Une inductance est un composant bobiné capable de stocker de l'énergie. Quand on bobine des spires, la capacité entre spires peut transformer votre inductance en un composant à comportement capacitif ! Votre inductance se comporte alors comme un condensateur. Il faut absolument que les inductances utilisées soient clairement spécifiées pour la plage de fréquence de fonctionnement.

Bilan : pour piloter la diode PIN dans le sens « passant », il faut une source capable de fournir un courant de quelques milliampères (typiquement 3 mA) avec une tension suffisante. Pour bloquer la diode PIN, il faut une tension négative de plusieurs volts.

Pour l'antenne Doppler de K00V, c'est une solution mixte résistance-inductance qui est utilisée (Figure 6). En mode passant, le courant de commande (SW1) traverse l'inductance L1, les 2 diodes PIN en série D1 et D2, et se referme par R1 qui fixe sa valeur. En mode bloqué, la tension négative aux bornes des diodes est fixée par la tension de commande.

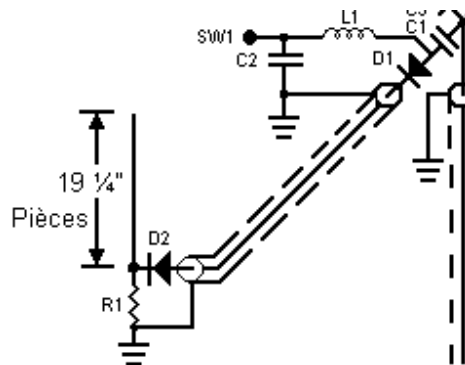


Figure 6 : Pilotage des diodes PIN

4 – Etage d’amplification des signaux de commande

Les créneaux [0V – 5V] correspondent à la logique TTL. Il existe des circuits dédiés qui font la conversion entre ces niveaux TTL et des niveaux plus élevés comme la norme RS232. Le plus connu est le MAX 232 (Figure 7), qui contient 2 entrées TTL converties en RS232, c'est-à-dire ± 10 à 12 V, et 2 entrées inversées qui ne sont pas utiles pour notre application.

Dans une antenne Doppler, ce n’est pas 2 mais 4 signaux qu’il faut amplifier : ce sont les 4 signaux de pilotage des antennes. On pourrait utiliser 2 circuits MAX232, avec 8 condensateurs 1 μF (et 2 sur les alimentations). Mais il existe des solutions beaucoup plus simples, comme le MAX204. C’est le circuit proposé par les auteurs du Doppler Montréal, mais il est difficile à utiliser car il est en technologie CMS, et il est devenu difficile voire impossible à trouver.

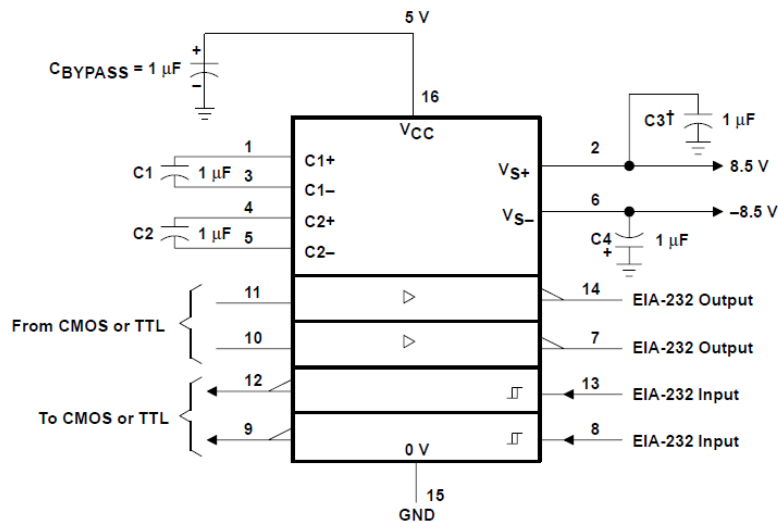


Figure 7 : Schéma de fonctionnement du MAX232

Ce MAX204 réalise exactement la fonction recherchée : conversion de 4 entrées TTL en niveaux RS232. Il fonctionne avec 4 condensateurs 0,1 μF et un 5^{ème} sur l’alimentation. C’est le circuit proposé par KOOV pour ses antennes Doppler. Cette solution fonctionne bien, mais ce MAX204 n’existe qu’en composant de surface ce qui le rend difficile à souder sans une certaine expérience, et son prix est assez élevé quand on arrive à le trouver. La référence complète est MAX204CWE ou MAX204EWE. Il existe théoriquement une version en boîtier DIL16, le MAX204CPE, mais elle est très rare ; nous ne l’avons jamais vu.

Ce MAX204 est aujourd’hui remplacé par le MAX234 (Figure 8), toujours en version composant de surface (MAX234CWE ou MAX234EWE). La version DIP (**MAX234CPE**) est disponible pour une dizaine d’euros chez les distributeurs de composants. Des ventes par lots permettent de le trouver à un prix plus bas [3].

La Figure 9 donne un exemple de circuit imprimé pour faire l’adaptation de niveau avec la MAX234. Sur la carte, il n’y a que le MAX234 sur son support, 5 condensateurs de 1 μF et les deux connecteurs d’entrée sortie.

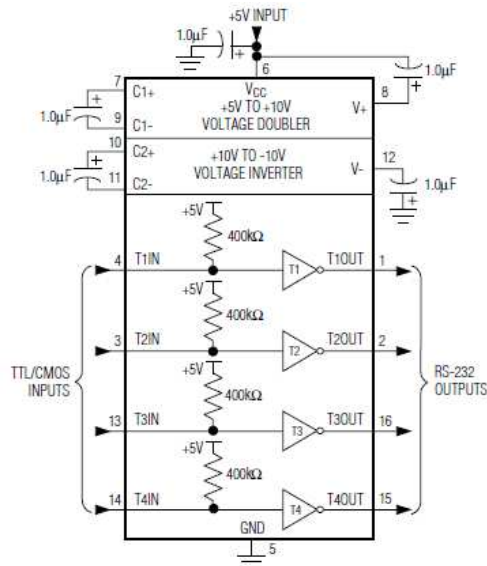


Figure 8 : Conversion de 4 niveaux TTL en RS232 par le MAX 234 [4]

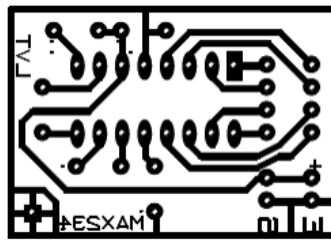


Figure 9 : Circuit imprimé pour le MAX234

Quand on regarde les différents circuits voisins [4], la même fonction peut être réalisée par d'autres circuits intégrés : MAX200, MAX205 à MAX208, MAX211, MAX213, MAX230, MAX234, MAX235 à MAX238. Tous ces circuits contiennent au moins 4 convertisseurs TTL – RS232, la plupart du temps associés d'autres fonctions. Ils fonctionnent tous avec 4 condensateurs extérieurs de 0,1 µF. Deux circuits fonctionnent sans aucun condensateur extérieur, ce sont les MAX205 et MAX235 (et le MAX225 en DIP28). La référence complète de ces circuits est **MAX235CPG** ou **MAX235EPG**. Ils sont très intéressants pour plusieurs raisons [5]. Comme ils fonctionnent sans condensateurs extérieurs (sauf un condensateur de filtrage sur la ligne d'alimentation), le montage qui fait l'adaptation de niveau est simplifié à l'extrême (Figure 10). Ces circuits n'existent qu'en version DIP 24 large. Le seul problème, c'est leur prix relativement élevé, une vingtaine d'euros pour le moins cher, le MAX235CPG. Mais on trouve de temps en temps des ventes par lots à un tarif plus réduit [3].

Tous ces circuits sont alimentés en 5V. En sortie des étages de conversion de tension, on obtient une tension positive entre +8V et +9V, et une tension négative de -8V à -9V. La tension positive +5V est convertie en tension négative de -9V et la tension nulle devient +9V. Globalement c'est une inversion et une amplification de tension.

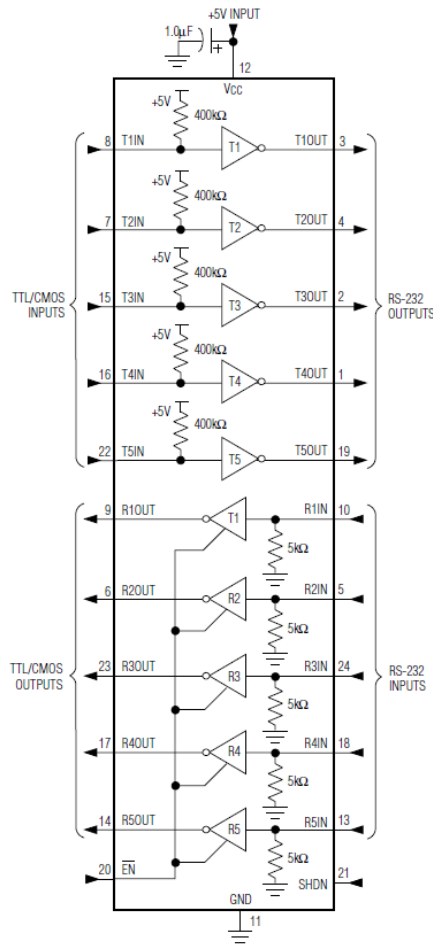


Figure 10 : Schéma du MAX235 : 5 convertisseurs TTL → RS232 et les fonctions inverses, fonctionnement sans condensateurs extérieurs

En sortie de cet étage d'amplification, les signaux de commande des antennes sont des créneaux positifs décalés (Figure 11).

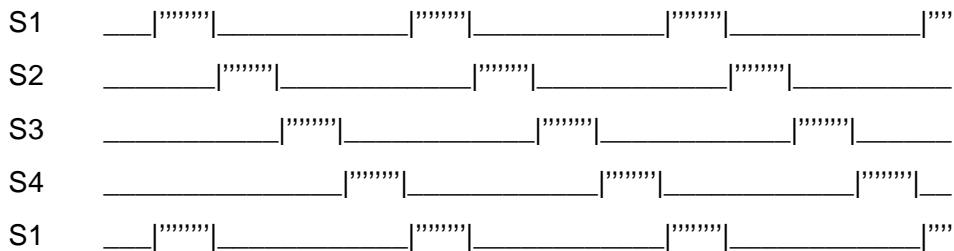


Figure 11 : Chronogramme des tensions de commande des antennes, entre + 8 V et - 8 V

5 - Synthèse

La construction d'une antenne Doppler nécessite beaucoup de soin car c'est la seule partie qui est traversée par les signaux haute fréquence.

Ce qu'il faut retenir, c'est essentiellement le principe de l'antenne, avec son commutateur central, ses quatre fouets autour du commutateur central, l'amplification des signaux de commande et l'utilisation des diodes PIN pour commuter les fouets.

Les signaux de commande issus du Doppler Montréal 3V2 sont au niveau TTL (créneaux 0 – 5V). Il faut d'abord amplifier ces signaux. Pour cela on peut utiliser un montage avec un **MAX234** (qui remplace le MAX204 original) ou un **MAX235** (sans condensateurs extérieurs).

Pour la commutation des fouets, différents types de diodes PIN peuvent être utilisés, pourvu que ces diode PIN soient adaptées à la commutation RF. Pour notre part, nous utilisons essentiellement les diodes PIN **BA243**, en boîtier standard, qui sont relativement bon marché et qui fonctionnent très bien dans les antennes Doppler ou Homing.

Références

[1] Antenne Doppler

<http://www.homingin.com/newdopant.html>

[2] Doc BA243-BA244 sur internet

<http://www.alphacron.de/download/hardware/BA244A.pdf>

[3] Page « Constructions et composants »

<http://www.f1lvt.com/8b-Constructions2.18.html>

[4] Documentation MAXIM MAX232 et autres

<http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX220-MAX249.pdf>

[5] « Amplification des signaux de commande des diodes PIN dans les antennes Doppler »

<http://www.f1lvt.com/files/429-AmplificateurAntenneDoppler.188.pdf>