



ANNEE UNIVERSITAIRE 2012/2013

Devoir surveillé terminal

Parcours : Physique et Ingénieries

Epreuve : **MI2025 Electronique du quotidien**

Date : mercredi 12 juin 2013

Durée : 1h30

Documents non autorisés

Epreuve de F. MARC



Exercice 1 : Radar

Un radar (**radio detection and ranging**) est un système de détection et de mesure (de distance et de vitesse) par onde radio : une impulsion radio est envoyée vers la cible puis son écho est détecté et mesuré. On considère ici un radar possédant une seule antenne d'émission - réception. G_r est le gain de l'antenne du radar, et P_e la puissance émise à la fréquence f .

Si W_1 est la densité surfacique de puissance émise par le radar au niveau de la cible distante de D_1 , la cible se comporte comme une surface qui capte et réfléchit une puissance égale à $P_1 = W_1 \cdot \sigma$, où σ est appelée surface équivalente radar. La cible rayonne alors de manière omni directionnelle (donc de gain 1) cette puissance P_1 . $P_e = 1 \text{ MW}$, $f = 3 \text{ GHz}$, cible (avion) tel que $\sigma = 10 \text{ m}^2$.

- 1- Déterminer l'expression de la densité surfacique de puissance W_1 en fonction des paramètres de la liaison.
- 2- Déterminer l'expression de la puissance P_1 en fonction des paramètres de la liaison.
- 3- Etablir alors ce qu'on appelle « l'équation du radar » c'est-à-dire l'expression de P_r puissance reçue en retour au niveau du radar après réflexion sur la cible.
- 4- L'antenne a un gain $G_r = 43 \text{ dB}$. Donnez la valeur de G_r en unités standard (linéaires)
- 5- En réception, le radar peut détecter une puissance $P_{r,\min} = 1 \text{ pW}$. Quelle est la distance maximale à laquelle il peut détecter un avion ?
- 6- Quelle puissance faudrait-il envoyer pour doubler la portée du radar ?

Rappel : relation entre gain et surface équivalente d'une antenne : $S = \frac{\lambda^2}{4\pi} G$

Exercice 2 : Synthétiseur

Parmi les systèmes électroniques de traitement du son, les synthétiseurs ont une particularité : alors que les autres systèmes transforment, enregistrent ou transmettent des signaux sonores générés par des systèmes mécaniques, les synthétiseurs génèrent eux-mêmes des signaux qui constitueront des sons. Parmi les synthétiseurs, on distingue deux grandes familles : les synthétiseurs analogiques (apparus dès les années 1910) et les synthétiseurs numériques (apparus dans les années 1970) qui soit utilisent des échantillons (samples) enregistrés, soit simulent numériquement le fonctionnement des synthétiseurs analogiques.

De nos jours, on peut trouver des synthétiseurs (de qualité moyenne) pour seulement quelques dizaines d'euros, à destination des enfants. Ils disposent néanmoins d'un clavier et peuvent imiter le son de nombreux instruments (piano, violon,...). Ces synthétiseurs bas de gamme sont presque entièrement numériques et utilisent des échantillons sonores qui sont reproduits à une fréquence dépendant de la note jouée.

Nous étudierons ici le principe d'un tel synthétiseur très simplifié :

- il ne traite pas l'enveloppe du signal sonore, c'est-à-dire la variation rapide de l'amplitude au cours du temps pour reproduire l'attaque, le maintien et l'amortissement des notes ;
- il ne peut produire qu'une note à la fois.

Le schéma de principe est donné figure 1. Il comporte les composants suivants.

Les deux compteurs (CPTR 1 et CPTR2) commutent sur les fronts montants de leurs horloges CLK respectives. CPTR1 comporte une entrée RESET de remise à zéro **synchrone** : lorsque RESET vaut 1, le compteur passe à 0 **au front montant** de l'horloge.

Chaque touche du clavier est constituée d'un interrupteur et d'un circuit anti-rebond. La sortie de la touche fournit un 1 si elle est appuyée, un 0 sinon.

Le **circuit CIRC1** est un circuit numérique combinatoire dont la sortie est un nombre P (codé sur N bits) dépendant de la période de la note correspondant à la touche enfoncée. Si plusieurs touches sont enfoncées, CIRC1 se comporte comme si une seule de ces touches (la plus à gauche par exemple) était enfoncée. La sortie B (qui commande l'amplificateur de sortie) vaut 1 si au moins une touche est enfoncée.

Le **circuit CIRC2** est un circuit numérique combinatoire dont la sortie S vaut¹

$$S = \overline{(P_0 \oplus Q_0)} \cdot \overline{(P_1 \oplus Q_1)} \cdot \overline{(P_2 \oplus Q_2)} \dots \overline{(P_{N-1} \oplus Q_{N-1})}.$$

Le circuit ROM est une mémoire morte (Read Only Memory) : c'est un circuit combinatoire qui pour chaque valeur de son entrée d'adresse A donne en sortie une valeur de donnée D fonction de la valeur de A. On peut donc considérer ce circuit comme une table (ou une fonction combinatoire) qui à chaque valeur de A associe une valeur de D, choisie par le concepteur.²

CNA est un convertisseur numérique analogique.

A- Etude du générateur de fréquence

- 1- Donnez l'expression de B en fonction des entrées C_i (venant des touches du clavier)
- 2- Ecrivez la table de vérité de la fonction $E_k = \overline{(P_k \oplus Q_k)}$ en fonction de P_k et Q_k .
- 3- Pour quelle relation triviale entre P_k et Q_k la sortie E_k vaut elle 1 ?
- 4- Pour quelle relation entre les nombres P et Q la sortie S de CIRC2 vaut elle 1 ?
- 5- Complétez le chronogramme de la figure 2 en annexe en prenant $N=4$ et $P=6$.
- 6- Quelle est la relation entre les fréquences f_{CLK1} et f_{CLK2} de CLK1 et de CLK2 et la valeur de P ?

B- Etude du générateur sonore

Le contenu de la ROM (pour $K=3$) est donné dans la table 1 en annexe 2.

- 7- Complétez les cases de la table 1 **entourées de traits épais**.
- 8- Quelle est l'expression de V_s en fonction de D et V_{ref} ?
- 9- Que devient cette expression pour $V_{ref} = 10V$?
- 10- Complétez le chronogramme de la figure 3 en annexe en prenant $K=3$ et $V_{ref} = 10V$
- 11- Quelle est la relation entre la période T du signal sonore, la fréquence f_{CLK2} de l'horloge CLK2, et K ?

C- Etude globale

On veut que le synthétiseur permette les notes du Do2 (261 Hz) au Do4 (1046 Hz)³. Pour une précision suffisante des fréquences, on code P et Q sur $N=10$ bits. On gardera ici $K=3$.

- 12- Quelle est la valeur maximale possible pour P ?
- 13- Pour synthétiser un Do2 et un Do4, quelles doivent être les valeurs correspondantes de f_{CLK2} ?
- 14- Si la valeur maximale de P est utilisée pour synthétiser le Do2, que doit valoir f_{CLK1} ?
- 15- Que vaut alors P pour le Do4 ?

¹ $a \oplus b$ (ou exclusif) vaut 1 si a est vrai ou b est vrai, mais pas les deux.

² La particularité d'une mémoire morte est qu'on peut enregistrer le contenu de la mémoire à la fabrication (ROM), ou l'acheter vierge et la programmer une fois (il s'agit alors d'une Programmable ROM – PROM, grâce à un système de fusibles) ou plusieurs fois si elle est effaçable (Erasable PROM – EPROM). A la différence des mémoires vives (RAM), les données sont gardées en mémoire même lorsque le circuit n'est plus alimenté. Les clés USB sont conçues autour d'une EPROM (type Flash).

³ Le Do2 (note Do de l'octave 2) et le Do4 sont séparés par deux octaves. Une octave correspond à un rapport de fréquences égal à 2. L'octave est subdivisée conventionnellement en 12 demi-tons visibles sur le clavier d'un piano.

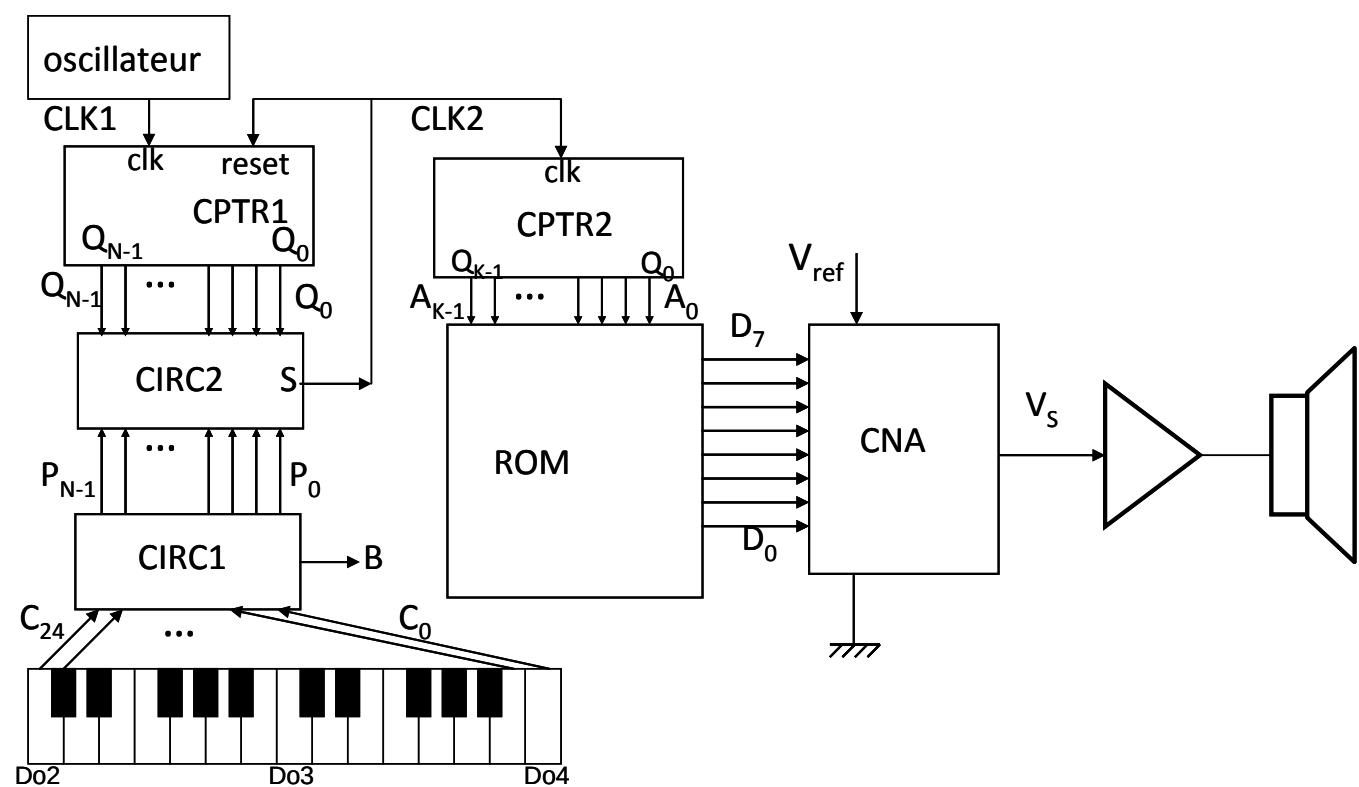


Figure 1 : Schéma du synthétiseur

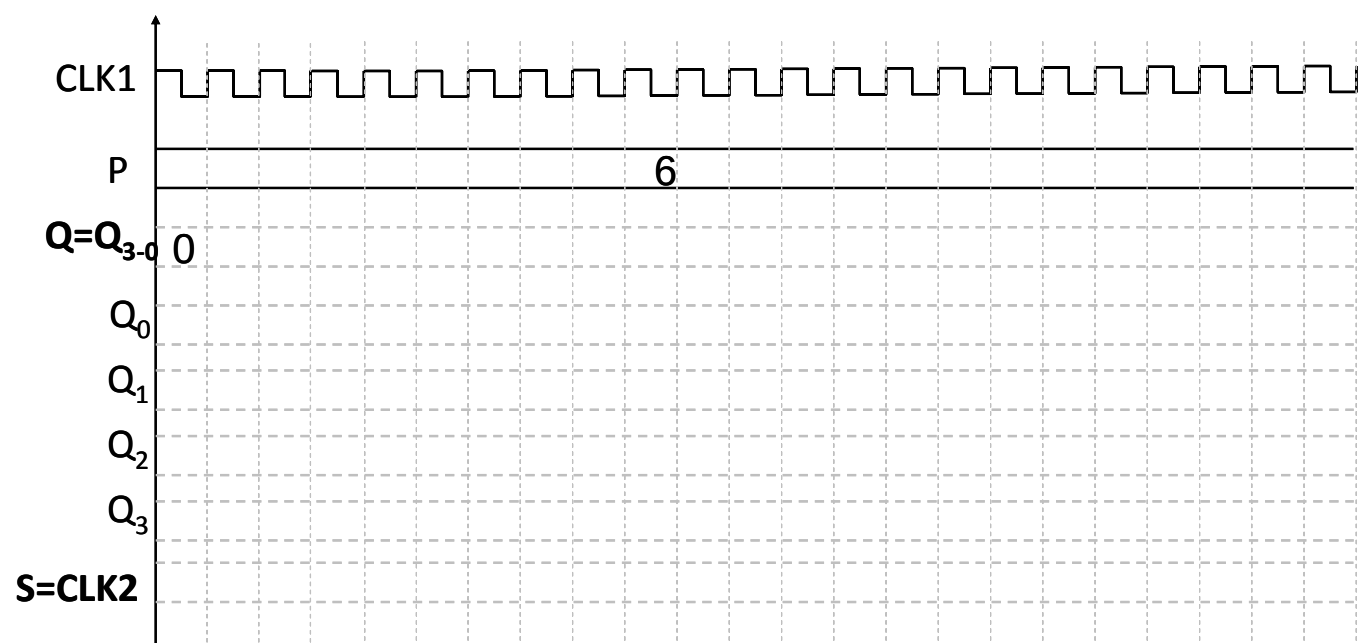


Figure 2 : Chronogramme du circuit de synthèse de fréquences

A	D	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	128								
1	143								
2		1	1	0	1	1	0	1	0
3		0	1	1	1	1	0	0	0
4	72								
5	95								
6	30								
7	75								

Table 1 : Contenu de la ROM

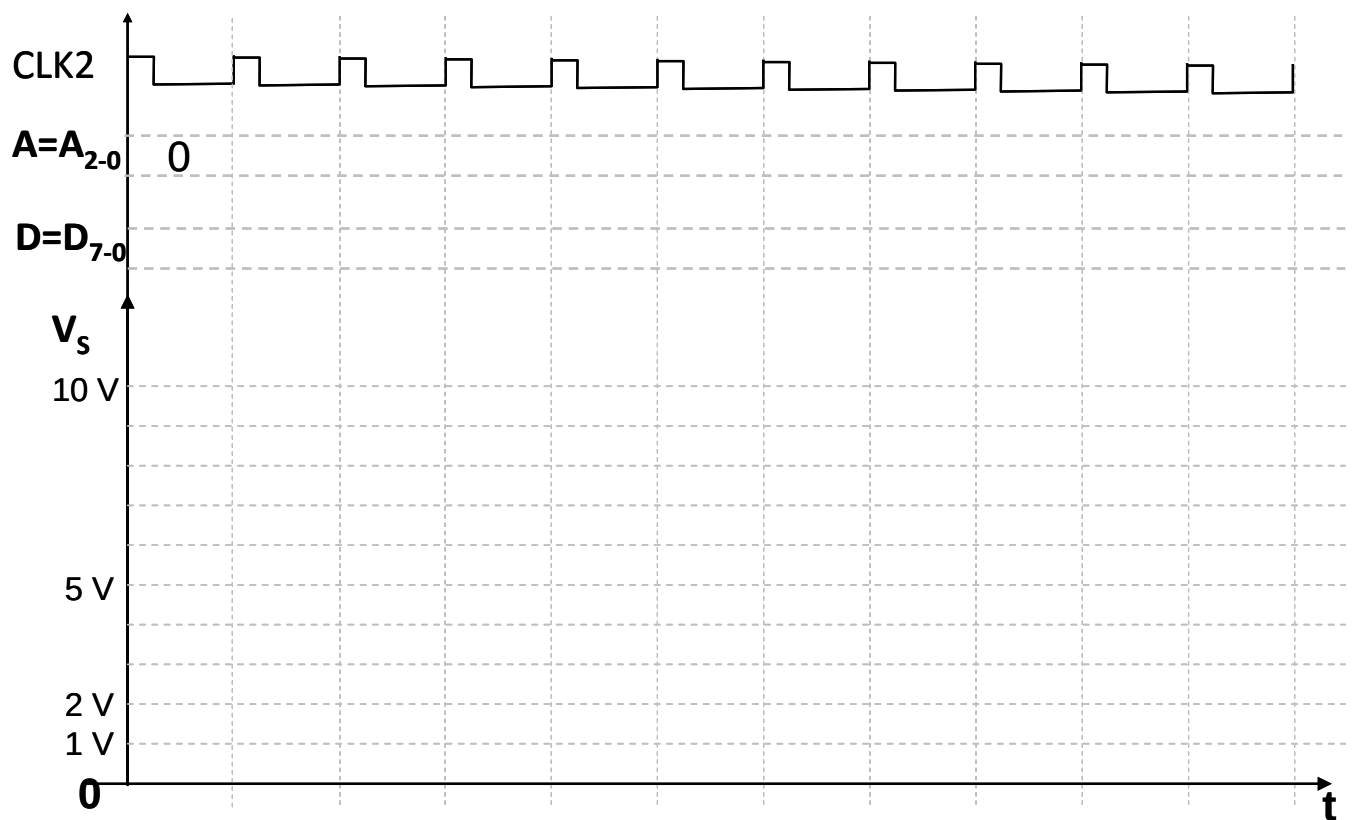


Figure 3 : Chronogramme du générateur sonore