

	<i>Electronique numérique</i>	Dossier élève	CI.11 : I6
1°SI – C21	<i>L'analogique, la logique, le numérique</i>	11 octobre 2005 (13:17)	

1. L'analogique, la logique.

Il existe essentiellement deux types d'électroniques :

- L'électronique analogique,
- L'électronique logique.

L'**analogique** signifie *travailler avec des grandeurs pouvant prendre n'importe quelle valeur*. Par exemple, un signal sinusoïdal d'amplitude crête 10 V est analogique car il peut prendre n'importe quelle valeur entre 10 V et -10 V.

La **logique**, par opposition à l'analogique, signifie *travailler avec des grandeurs ne pouvant prendre que deux valeurs : 0 ou 1*. Ces deux valeurs sont appelées *états logiques* ou *niveaux logiques* (NL0, NL1). En pratique, ces deux niveaux sont deux tensions, par exemple 0 V pour le NL0 et 5 V pour le NL1.

L'électronique **numérique** comporte plusieurs signaux logiques, qui, utilisés ensemble, permettent de former des nombres, donc de travailler numériquement.

2. Le codage et le comptage.

2.1. Base 10 (Décimal).

C'est le code utilisé tous les jours par tout le monde, c'est-à-dire la façon de compter classique. On l'appelle code décimal car on utilise dix chiffres: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Pour aller au-delà de 9, on ajoute un chiffre à gauche: 11, 12, ..., 19, 20, ... etc.

2.2. Base 2 (Binaire).

Ici, on n'utilise que deux chiffres: 0 et 1. Pour compter au-delà, il faut, selon le même principe, ajouter un chiffre à gauche.

Ces chiffres, en binaire, s'appellent des bits (de l'anglais *binary digit*).

2.2.1. Binaire naturel.

Avec un seul bit, on est limité à 0 et 1 (deux possibilités):

<i>binaire</i>	<i>décimal</i>
<i>b0</i>	

En ajoutant un bit à gauche, on a alors quatre possibilités :

<i>binaire</i>		<i>décimal</i>
<i>b1</i>	<i>b0</i>	

En ajoutant encore un bit à gauche, on obtient huit possibilités :

<i>binaire</i>			<i>décimal</i>
<i>b2</i>	<i>b1</i>	<i>b0</i>	

On constate donc que le fait d'ajouter un bit double la capacité de comptage. On a une relation simple entre le nombre de bits et la capacité de comptage : Capacité = 2^N avec N = nombre de bits utilisés.

- 1 bit → $2^1 = 2$ combinaisons (0 et 1),
- 2 bits → $2^2 = 4$ combinaisons,
- 3 bits → $2^3 = 8$ combinaisons,
- ...
- 8 bits → $2^8 = 256$ combinaisons,
- ...
- 16 bits → $2^{16} = 65536$ combinaisons,
- ...

Attention, on compte toujours à partir de 0. Une capacité de comptage de 8 entraîne donc un comptage effectif de 0 à 7.

Lorsque l'on associe plusieurs bits entre eux, on forme ce que l'on appelle un *mot* (ou *mot de N bits*). Un mot de 4 bits est un *quartet*. Un mot de 8 bits est un *octet* (ou *byte*, en anglais).

2.2.2. Binaire réfléchi ou Gray.

Plusieurs variables du code binaire naturel peuvent changer simultanément (par exemple de 3 à 4). lors du captage de position, par exemple, cela peut induire des erreurs. Le *code binaire réfléchi* (ou *code Gray*, du nom de son inventeur) remédie à cela en ne prévoyant le changement que d'une seule variable en passant d'une combinaison à l'autre :

<i>binaire naturel</i>			<i>décimal</i>	<i>binaire réfléchi</i>		
<i>b2</i>	<i>b1</i>	<i>b0</i>		<i>b2</i>	<i>b1</i>	<i>b0</i>

2.3. Base 16 (Hexadécimal).

L'inconvénient majeur du codage binaire est qu'un nombre devient vite long : le nombre

Le bit le plus à droite – b_0 – est nommé LSB (de l'anglais *Least Significant Bit*, soit bit de poids le plus faible), et celui le plus à gauche – $b_{(N-1)}$; ici b_2 – est nommé MSB (*Most Significant Bit*, bit de poids le plus fort).

Enfin, un *digit* (de **digital unit**) est un élément d'information numérique de base quelconque. En d'autres termes, chaque chiffre d'un nombre est un digit. Pour rappel, un *bit* est un digit binaire.

4. Les utilisations.

Les trois utilisations du numérique sont le *stockage*, le *transport* et le *traitement d'information*.

4.1 Le stockage.

Stocker un niveau logique, c'est très simple : on utilise un petit condensateur. S'il est chargé, on a un NL1, et s'il est déchargé, un NL0. Pour le changer d'état, on le vide ou on le charge, c'est quasiment instantané. Une autre façon consiste à graver une marque physique, comme sur un disque compact : un plat correspond à un NL0, et une marche (quel qu'en soit le sens) à un NL1¹.

Par contre, si l'on veut stocker un signal analogique, c'est plus compliqué : il faut un élément mécanique en mouvement (continu et très régulier), comme les cassettes audio ou vidéo, ou encore les disques vinyles. Quoi qu'il en soit, la qualité sera moins bonne qu'en numérique (comparer un disque vinyle et un disque compact, ou une cassette VHS et un DVD).

4.2 Le transport.

Imaginons que l'on ait un signal audio de quelques millivolts dans une pièce. On veut l'envoyer dans une pièce située cinq mètres plus loin. Si l'on prend un simple câble, on aura, à réception, notre signal, mais il ne sera plus seul : il sera infesté de parasites du même ordre de tension, car le câble va jouer le rôle d'antenne. Le son sera donc incompréhensible car brouillé. C'est pour cette raison qu'une platine vinyle n'est reliée à un amplificateur que par un câble d'environ 50 cm (plus un câble de terre, pour égaliser les masses), bien qu'il soit blindé.

Maintenant, si on transmet notre signal de façon binaire, on ne va envoyer que des 0 et des 1 (0 V et 5 V par exemple). A la réception, il sera aussi parasité, mais comme notre signal est comparé à approximativement 2,5 V, les parasites seront invisibles, donc éliminés. Ces niveaux de tension sont de plus en plus remplacés par de la lumière : le système à fibre optique, quasiment imperturbable. C'est le cas des platines CD à sortie par fibre optique, que l'on peut éloigner de l'amplificateur de plusieurs dizaines de mètres.

4.3 Le traitement de l'information.

Pour traiter de l'information, rien ne vaut actuellement les technologies numériques. En audio par exemple, il existe le DSP (*Digital Signal Processor*, processeur de gestion numérique du signal). Il permet de filtrer, inverser, transformer, etc. Tout nouvel effet recherché est programmable au sein d'un petit boîtier.

En analogique, un filtre, une inversion, ou tout effet quelconque requiert une structure de base, figée. Cette dernière méthode n'est donc pas (ou peu) évolutive, et de plus, chaque élément utilisé ajoute une distorsion au signal de base, ce qui n'est pas le cas avec le numérique.

5. De l'analogique au numérique.

Pour passer de l'analogique au numérique, le principe est très simple («le principe »... La pratique est un peu plus compliquée !). On va prendre notre signal analogique et, de façon régulière dans le temps, on va regarder son amplitude instantanée (échantillonnage), la convertir en une valeur numérique (conversion analogique / numérique), et la stocker.

¹ L'idée reçue qui consiste à dire qu'un creux est un NL0 et une absence de creux un NL1 est erronée. Le laser utilisé n'est pas prévu pour distinguer de si faibles variations de distance. Le principe mis en œuvre est que si le laser est réfléchi (un plat), on a un NL0, et s'il n'est pas réfléchi (une marche dévie le faisceau), on a un NL1.