

Systèmes électroniques de traitement et de communication

Le monde merveilleux de l'électronique

Thierry BRU (bru@univ-st-etienne.fr)
Bureau I 123

2

T. BRU

25/10/2011

I. Définitions, généralités

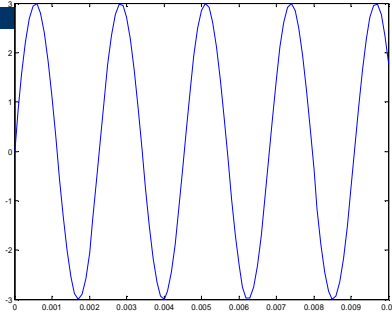
- L'électronique est une science de l'ingénieur qui étudie et conçoit les structures effectuant des traitements de signaux électriques (courants ou de tensions), porteurs d'information ou d'énergie.
- Dans cette définition la notion de l'information est considérée dans un sens large : elle désigne toute grandeur, physique (telle la température, le son ou la vitesse), ou abstraite, telle une image, un code, ...) qui peut évoluer en temps réel selon une loi inconnue à l'avance.

3

T. BRU

25/10/2011

I. Définitions, généralités
Exemples de signaux : signal sinusoïdal



4

T. BRU

25/10/2011

I. Définitions, généralités
Signal analogique sinusoïdal

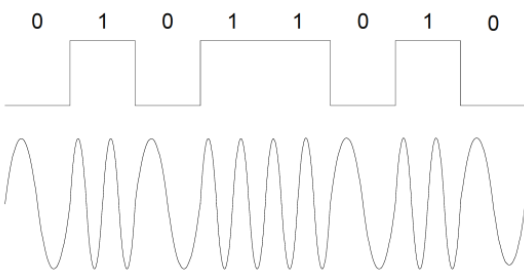
- Ce qui a été représenté est un signal sinusoïdal causal (nul pour $t < 0$), soit $\sin(\omega t) \cdot h(t)$
- Le signal sinusoïdal ou signal harmonique $\sin \omega t$ ne contient aucune information
- Pourtant, il est très utilisé en laboratoire et dans les études théoriques. Pourquoi ?

5

T. BRU

25/10/2011

I. Définitions, généralités
Exemples de signaux : signal FSK



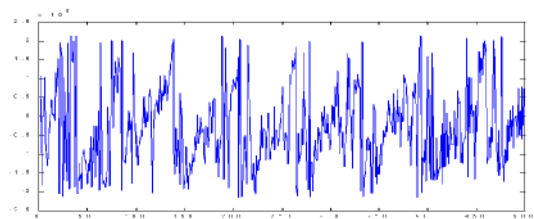
6

T. BRU

25/10/2011

II. Définitions, généralités

Exemples de signaux



Electrocardiogramme (ECG)

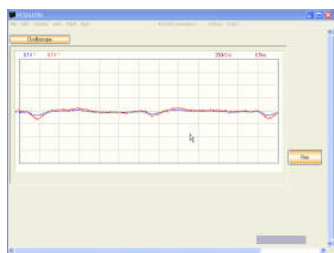
7

T. BRU

25/10/2011

II. Définitions, généralités

Exemples de signaux : « I Waited for you »



8

T. BRU

25/10/2011

II. Définitions, généralités

Exemples de signaux

- « I Waited for you » + signal sinusoïdal 1 kHz
- « I Waited for you » + bruit blanc
- Spectre de « I Waited for you » + bruit blanc
- ?

9

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

- On date généralement les débuts des applications de l'électronique à l'invention du tube électronique en 1904 John Ambrose Fleming (diode à vide), puis de la triode en 1906 par l'ingénieur américain Lee De Forest (qui a permis la réalisation des amplificateurs nécessaires aux transmissions sans fil)

10

T. BRU

25/10/2011

I. Un peu d'histoire

- L'électronique est une science de l'ingénieur qui étudie et conçoit les structures effectuant des traitements de signaux électriques (courants ou de tensions), porteurs d'information ou d'énergie.
- Dans cette définition la notion de l'information est considérée dans un sens large : elle désigne toute grandeur, physique (telle la température, le son ou la vitesse), ou abstraite, telle une image, un code, ... qui peut évoluer en temps réel selon une loi inconnue à l'avance.

11

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire



12

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

- Première industrie mondiale en volume d'activité devant l'automobile depuis 1990
- La croissance de l'industrie électronique a trois origines :
 - Une technologie (la microélectronique) permettant d'intégrer des fonctions électroniques de plus en plus complexes dans la majeure partie des systèmes techniques (industriels, scientifiques, ...) et des objets de la vie courante ;
 - une grande sophistication des produits existants, qui entraîne un renouvellement rapide des marchés ;
 - l'apparition incessante de nouveaux marchés
 - téléphonie mobile, de loin le plus grand facteur de croissance du secteur des télécommunications avec Internet, et maintenant les tablettes graphiques

13

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

Exemple de nouveau marché pour l'industrie électronique



14

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

- Le développement de l'électronique a également permis celui de la science et des techniques de l'informatique :
 - en permettant la réalisation de calculateurs de plus en plus rapides et complexes, à des coûts compatibles pour d'une large diffusion ;
 - ce développement a en retour amélioré les moyens disponibles pour le développement de l'électronique elle-même (logiciels de simulation de circuits, méthode de traitement de signal sophistiquées,...)

15

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

- À l'origine et au cœur de l'explosion de l'industrie électronique se situent bien sûr la **microélectronique** (étude et fabrication de composants électroniques à l'échelle micrométrique) et la **numérisation de l'information**, des signaux et des images.
- Le prix Nobel 2000 de physique a récompensé, entre autres, l'Américain Jack Kilby pour l'invention du circuit intégré en 1958.
- Le **circuit intégré** (CI), aussi appelé **puce électronique**, est un **composant électronique** réalisant une ou plusieurs fonctions électroniques plus ou moins complexes et intégrant souvent **plusieurs types de dispositifs électroniques de base dans un volume réduit**.

16

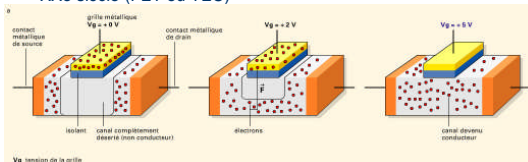
T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

Trois moteurs : le transistor, le circuit intégré, le microprocesseur

- **Le transistor, un interrupteur quasi parfait (1947-1960)**
 - L'idée d'interrupteur (relais électrique) solide commandé par une tension électrique appliquée remonte au début du XXe siècle (FET ou TEC)



17

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

Trois moteurs : le transistor, le circuit intégré, le microprocesseur

- **Le transistor, un interrupteur quasi parfait (1947-1960)**
 - Transistor à jonctions ou bipolaire (Shockley, 1952)
 - **C'est le transistor à effet de champ (TEC ou FET) qui est aujourd'hui le plus utilisé dans sa version MOS (Metal Oxyd Semiconductor)**, à cause de la simplicité de sa structure qui permet d'atteindre de **très grandes densités d'intégration et de très faibles consommations (structure CMOS)**.
 - Dans les circuits intégrés numériques, le MOSFET est presque toujours utilisé par **paires (canal N + canal P)** dans une structure appelée CMOS (Complementary MOS).

18

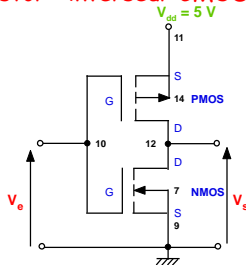
T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

Trois moteurs : le transistor, le circuit intégré, le microprocesseur

• Le transistor : inverseur CMOS



19

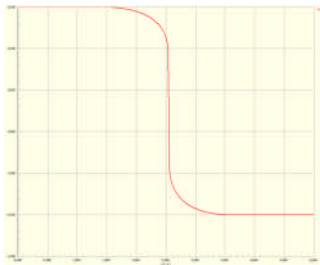
T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

Trois moteurs : le transistor, le circuit intégré, le microprocesseur

• Caractéristique de transfert statique d'un inverseur CMOS



20

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

Trois moteurs : le transistor, le circuit intégré, le microprocesseur

• Le circuit intégré (1958 – 1959)

- Quelques visionnaires proposent alors de fabriquer tous les composants électroniques avec un seul matériau, le semiconducteur, qui servirait aussi de support, d'où le terme de circuit intégré « monolithique » (une seule pierre).
- Encombrement, consommation, coût ↓
- Complexité, fiabilité ↑
- Au départ, on intègre tous les composants classiques de l'électronique (résistances, capacités, diodes, transistors)
- On supprime autant que possible les résistances en les remplaçant par des transistors ou des capacités (TTL ou Transistor Transistor Logic).

21

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

Trois moteurs : le transistor, le circuit intégré, le microprocesseur

• Le circuit intégré (1958 – 1959)



22

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

Trois moteurs : le transistor, le circuit intégré, le microprocesseur

• Le microprocesseur (1971)

- La société japonaise Basicom avait demandé à la firme américaine Intel de concevoir des puces permettant de réaliser un **calculateur programmable destiné aux calculatrices, machines de bureau et caisses enregistreuses.**
- On s'est rendu compte qu'il était possible de mettre l'essentiel des fonctions nécessaires sur une seule puce pouvant, par programmation, effectuer non seulement les fonctions demandées, mais aussi des **tâches de calcul logique pour de nombreuses autres applications.**

23

T. BRU

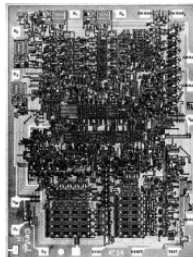
25/10/2011

II. Un peu d'histoire

Trois moteurs : le transistor, le circuit intégré, le microprocesseur

• Le microprocesseur (1971)

- 4004 d'INTEL
 - (2250 Transistors Bip
 - 108 KHz, 4bits, 604 mots ad.)



24

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

Trois moteurs : le transistor, le circuit intégré, le microprocesseur

- L'augmentation du nombre de transistors sur une même puce a permis d'obtenir de plus en plus de mémoire et de capacité logique par microprocesseur

| | | | | | | | | |
|--|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| largeur de grille du microprocesseur (µm) | 0,14 | 0,075 | 0,045 | 0,035 | 0,025 | | | |
| transistors par cm ² d'un microprocesseur (en millions) | 20 | 48 | 97 | 170 | 400 | | | |
| taille de la puce du microprocesseur (mm ²) | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | | | |
| année de première livraison | 1998 | 2000 | 2002 | 2004 | 2006 | 2008 | 2010 | 2012 |

25

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

Trois moteurs : le transistor, le circuit intégré, le microprocesseur

- Le microprocesseur (1973)
 - En y intégrant aussi des composants d'entrée/sortie, des systèmes complets, appelés **micro-contrôleurs**, sont élaborés.
 - Enfin, la **réalisation de l'ensemble des fonctions d'une application donnée**, par exemple les capteurs d'image pour la photographie numérique ou les fonctions hyperfréquences pour le téléphone portable, permet d'obtenir un **système sur puce ou SoC (system on chip)**.

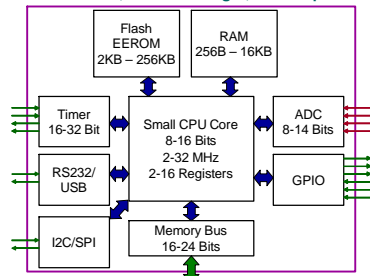
26

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

Trois moteurs : le transistor, le circuit intégré, le microprocesseur



Microcontrôleur générique

27

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

Trois moteurs : le transistor, le circuit intégré, le microprocesseur

- Un microcontrôleur particulier : le PSoC
 - Les circuits PSoC ont été conçus pour **remplacer à la fois le microcontrôleur et les circuits périphériques d'un système embarqué**. Ils contiennent des **blocs analogiques et numériques configurables** permettant d'intégrer, entre autres :
 - des **convertisseurs analogique/numérique et numérique/analogique** ;
 - des **amplificateurs opérationnels et des amplificateurs d'instrumentation, des filtres et des comparateurs programmables** ;
 - Site Internet créé par Télécom Saint-Etienne et dédié aux PSoCs : <http://psoczone.com/>

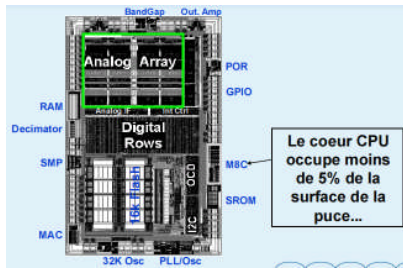
28

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

Trois moteurs : le transistor, le circuit intégré, le microprocesseur



PSoC Cypress

29

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

Trois moteurs : le transistor, le circuit intégré, le microprocesseur

- Un microcontrôleur particulier : le PSoC
 - Sera utilisé en T.P pour illustrer les fonctions électroniques vues en cours.
 - Une **carte électronique PSoC et un oscilloscope USB** seront prêts à chaque binôme pour la durée de l'année. Ce matériel **permet de préparer et faire soi-même la totalité des TP**, avec juste en plus un PC sur lequel le logiciel de développement (gratuit) doit être installé ; il sera également utilisé dans les projets du 2nd semestre

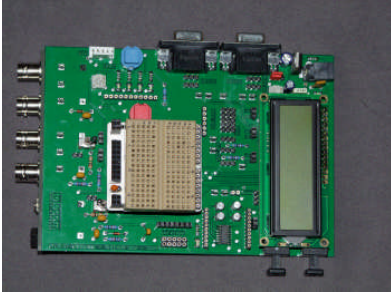
30

T. BRU

25/10/2011

II. Un peu d'histoire

Trois moteurs : le transistor, le circuit intégré, le microprocesseur



31

T. BRU

25/10/2011



32

T. BRU

25/10/2011

III. Systèmes embarqués

- Les systèmes embarqués sont des **entités autonomes qui remplissent une mission indépendante, sans intervention humaine et en général en interaction directe avec l'environnement extérieur**, que celui-ci soit physique ou informatique.

33

T. BRU

25/10/2011

III. Systèmes embarqués

- Ils peuvent être vus comme des **ordinateurs enfouis dans les équipements électroniques du quotidien** (téléphones, voitures, avions, satellites, engins industriels, cafetière programmable, ...).
- Ils sont **souvent développés pour une application particulière** et sont **soumis à des contraintes fortes** : faible consommation, capacité mémoire réduite, temps-réel, communication, etc.

34

T. BRU

25/10/2011

III. Systèmes embarqués

- Ils intègrent la plupart du temps à la fois une **partie matérielle ou hardware** (les circuits) et une **partie logicielle ou software** (les programmes).
- **La frontière entre le matériel et le logiciel est de plus en plus floue.**
- **Le logiciel prend une place de plus en plus importante dans les systèmes embarqués.**

35

T. BRU

25/10/2011

III. Systèmes embarqués

- Pour exécuter ce logiciel, **ces systèmes doivent donc embarquer un microprocesseur ou un microcontrôleur.**
- Les processeurs, **de plus en plus rapides, puissants et bon marché** ont permis cette révolution.

36

T. BRU

25/10/2011

III. Systèmes embarqués

- Plus de 95 % des microprocesseurs et microcontrôleurs qui sont utilisés chaque année sont intégrés dans des systèmes embarqués (et pas dans des ordinateurs).
- Ce n'est donc pas le marché de l'informatique qui constitue leur principal débouché.

37

T. BRU

25/10/2011

III. Systèmes embarqués communicants

- Les systèmes embarqués sont aujourd'hui de plus en plus **fortement communicants**.
- Ce n'est en fait que l'**aboutissement du contrôle à distance d'un système électronique par des liaisons de tout type** : liaisons RS232, RS485, bus I2C ou SPI, ...
- Il faut aussi noter la **montée en puissance des communications sans fil dans l'embarqué** : Wifi, Bluetooth, Zigbee (réseaux de capteurs sans fil).

38

T. BRU

25/10/2011

III. Systèmes embarqués communicants

- Les systèmes embarqués communicants sans fil sont omniprésents dans notre environnement.
 - Téléviseurs, cadres photos, lecteurs DVD, tablette tactile type iPad
- On parle alors d'**informatique (et d'électronique) diffuse ou pervasive (ubiquitous en anglais)**.

39

T. BRU

25/10/2011

III. Systèmes embarqués communicants Electronique / informatique pervasive

- L'informatique pervasive fait référence à la **tendance à l'informatisation, la connexion en réseau, la miniaturisation des dispositifs électroniques et leur intégration dans tout objet du quotidien, favorisant ainsi l'accès aux informations partout et à tout moment** (du latin pervadere : se répandre partout) .

40

T. BRU

25/10/2011

III. Systèmes embarqués communicants Electronique / informatique pervasive

- Cette omniprésence de l'informatique et de l'électronique est rendue possible grâce à l'utilisation de **processeurs minuscules communiquant spontanément** les uns avec les autres et de **petits capteurs qui, grâce à leurs dimensions très réduites, seront intégrés dans les objets de la vie quotidienne, presque invisibles pour les utilisateurs.**

41

T. BRU

25/10/2011

III. Systèmes embarqués communicants Electronique / informatique pervasive

- **Grâce à ces petits capteurs, les processeurs embarqués peuvent détecter leur entourage et fournir aux objets dans lesquels ils sont intégrés des capacités de communication et de traitement d'information.**
- Cela ajoute une toute nouvelle dimension aux objets permettant, par exemple, **d'interagir avec d'autres objets voisins ou lointains** et de garder un historique de leur vie.

42

T. BRU

25/10/2011

III. Systèmes embarqués communicants Electronique / informatique pervasive

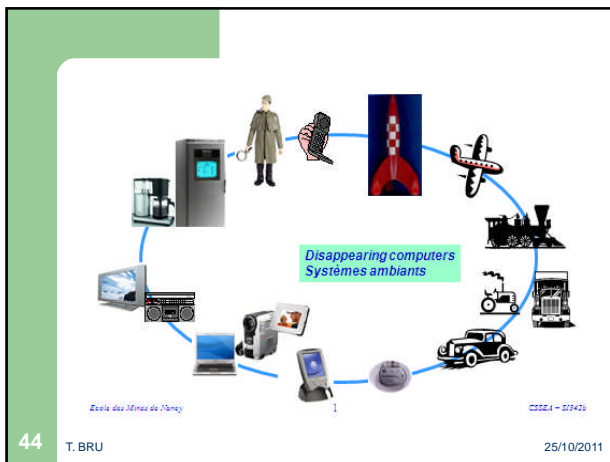
• L'internet des objets

- Grâce au nouveau **standard d'adressage Internet IPV6** (permettant d'identifier sur Internet d'envoyer un **nombre quasi-illimité de dispositifs**), tous ces **objets** seront **connectés à Internet**, à ses serveurs et bases de données.

43

T. BRU

25/10/2011



44

T. BRU

25/10/2011

III. Systèmes embarqués communicants Electronique / informatique pervasive

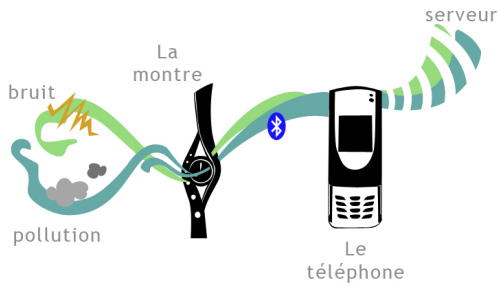


45

T. BRU

25/10/2011

III. Systèmes embarqués communicants Electronique / informatique pervasive



46

T. BRU

25/10/2011

III. Systèmes embarqués communicants Electronique / informatique pervasive

- Objectif : multiplier par 1000 le nombre de capteurs environnementaux dans la ville et en faisant participer les citoyens à la mesure environnementale, les associer d'une manière directe à la construction d'une ville durable.

47

T. BRU

25/10/2011

III. Systèmes embarqués communicants Electronique / informatique pervasive

- La montre verte est d'abord un dispositif personnel communicant équipé de **deux capteurs environnementaux (ozone, bruit)** d'une puce GPS et d'une puce Bluetooth.
- L'appareil a la forme d'une montre que son porteur emmène avec lui dans la ville, capturant et stockant des mesures qui sont ensuite publiées sur le réseau.

48

T. BRU

25/10/2011

III. Systèmes embarqués communicants Electronique / informatique pervasive

- Le dispositif est complété par un *téléphone mobile*, sur lequel une application java embarquée permet de visualiser les niveaux de bruit et d'ozone mesurés par la montre verte et de transmettre à intervalles réguliers ces mêmes données à *une plate-forme ouverte, Citypulse*, qui reçoit, stocke et rend disponibles les données de mesure.

49

T. BRU

25/10/2011

IV. Type de signaux

- Un signal électronique est en général une **tension électrique**, un courant, mais ce peut être également un champ électrique ou magnétique.
- Traditionnellement, les signaux sont classés en 3 grands types:
 - signal **analogique**
 - signal **numérique**
 - signal de **puissance**

50

T. BRU

25/10/2011

IV. Type de signaux

- Il est d'usage de décomposer un signal en deux composantes : **signal = signal utile + bruit**
- Le *signal utile* est la partie du signal contenant l'information recherchée, le *bruit* correspond à toutes les perturbations modifiant cette partie utile. Ce découpage est donc arbitraire et lié à l'usage souhaité.

51

T. BRU

25/10/2011

IV. Type de signaux Bruit

- Le bruit qui affecte le signal en sortie d'une chaîne de traitement a deux causes bien distinctes :
 - une **cause extérieure** à la chaîne : c'est le **bruit qui affecte déjà le signal à l'entrée de la chaîne et qui est amplifié et filtré avec le signal**
 - la tête de lecture du tourne-disque qui capte la musique inscrite dans le sillon mais aussi les bruits de surface, les vibrations de la platine et les décharges électrostatiques.

52

T. BRU

25/10/2011

IV. Type de signaux Bruit

- une **cause intérieure** : l'agitation thermique des électrons provoque des fluctuations aléatoires de la tension en tout point d'un circuit. C'est le **bruit thermique** qui est un bruit blanc et qui existe toujours. On peut le diminuer en choisissant des composants à faible bruit mais on n'arrivera jamais à le supprimer.

53

T. BRU

25/10/2011

IV. Type de signaux Signaux et électronique analogiques

- L'électronique analogique s'intéresse au **traitement continu des signaux analogiques**, c'est-à-dire de ceux définis à chaque instant (**à temps continu**) et **évoluant d'une façon continue dans le temps**.
- **La plupart des systèmes physiques sont analogiques**, car les grandeurs physiques évoluent le plus souvent d'une façon continue (par exemple, la température).

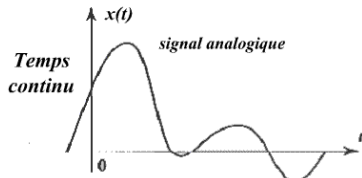
54

T. BRU

25/10/2011

IV. Type de signaux Signaux et électronique analogiques

Amplitude continue



55

T. BRU

25/10/2011

IV. Type de signaux Signaux et électronique analogiques

- Le domaine de l'analogique est traditionnellement divisé en plusieurs sous-domaines :
 - L'instrumentation
 - Les audio fréquences (en lien avec l'électroacoustique)
 - Les radiofréquences
 - Les hyperfréquences (encore appelées *fréquences radar* ou *hautes fréquences*)
 - La production et la propagation des ondes électromagnétiques
 - La vidéo
 - Le traitement du signal analogique
 - Le codage du signal, ...

56

T. BRU

25/10/2011

IV. Type de signaux Signaux et électronique analogiques

- Les systèmes électroniques analogiques ne permettent ni de stocker l'information, ni d'effectuer des traitements complexes à faible coût.
- C'est pourquoi le traitement numérique du signal remplace très souvent les traitements analogiques, bien qu'il occasionne un délai de traitement.

57

T. BRU

25/10/2011

III. Type de signaux Signaux et électronique numériques

- Cependant, il ne faut pas oublier que comme les valeurs discrètes n'existent pas physiquement, **des phénomènes d'électronique analogique peuvent survenir dans les circuits numériques**, notamment dans les hautes fréquences.
- De plus **certaines fonctions comme la mesure ou l'amplification sont intrinsèquement analogiques** et ne pourront jamais devenir numériques.
- **Les capteurs sont en très grande majorité analogiques.**

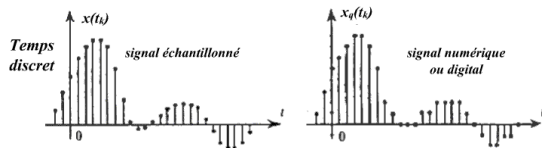
58

T. BRU

25/10/2011

IV. Type de signaux Signaux et électronique numériques

- **L'électronique numérique s'intéresse au traitement des signaux définis seulement à des instants discrets et dont l'espace de valeurs est discret (quantification, le nombre de valeurs possibles est limité).**



59

T. BRU

25/10/2011

III. Type de signaux Signaux et électronique numériques

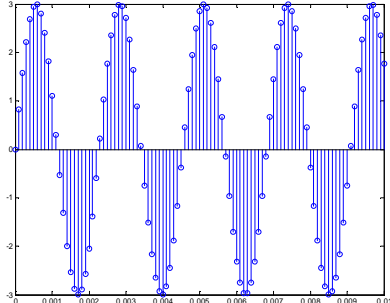
- Ces valeurs sont codées par des nombres binaires.
- Dans le cas le plus simple, un signal numérique ne peut prendre que deux valeurs : 1 et 0 ; on parle alors de signal logique ou binaire.
- L'électronique numérique est utilisée en particulier dans les systèmes contenant un microprocesseur ou un microcontrôleur. Par exemple, un ordinateur est un appareil constitué en majeure partie par de l'électronique numérique.

60

T. BRU

25/10/2011

IV. Type de signaux Signaux et électronique numériques

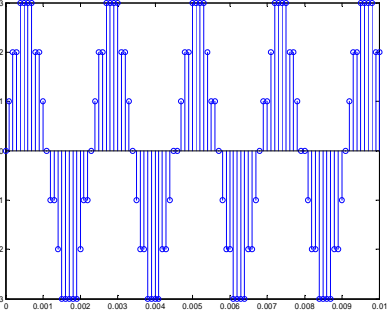


61

T.BRU

25/10/2011

IV. Type de signaux Signaux et électronique numériques



62

T.BRU

25/10/2011

IV. Type de signaux Signaux et électronique numériques

- Les signaux numériques étant également des signaux discrets en temps, on utilise en général **un oscillateur à quartz (horloge) de manière à synchroniser les différentes parties d'un circuit entre elles.**
- On appelle les circuits régis par une horloge des circuits synchrones.

63

T.BRU

25/10/2011

IV. Type de signaux Signaux et électronique mixtes

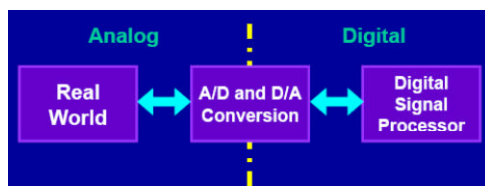
- Il s'agit de systèmes dans lesquels coexistent des signaux numériques et analogiques.
- Les modules particuliers à cette discipline sont le convertisseur analogique-numérique (CAN) et le convertisseur numérique-analogique (CNA).
 - Ils permettent de transformer un signal analogique en signal numérique et vice versa, en réalisant ainsi une interface entre les modules purement analogiques (comme les capteurs) et purement numériques.

64

T. BRU

25/10/2011

IV. Type de signaux Signaux et électronique mixtes

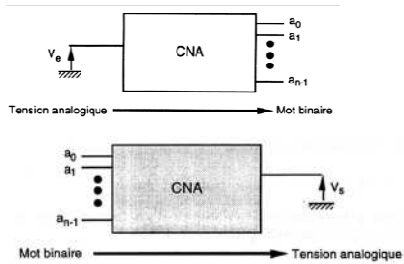


65

T. BRU

25/10/2011

III. Type de signaux Signaux et électronique mixtes



66

T. BRU

25/10/2011

IV. Type de signaux Signaux et électronique mixtes

- Par exemple, un thermomètre à affichage numérique prélève la température à l'aide d'un capteur (analogique), amplifie / filtre cette valeur, la code en une séquence numérique et puis l'affiche sur un écran.
 - Les deux premières opérations sont effectuées par des modules de l'électronique analogique,
 - la troisième nécessite une conversion analogique-numérique
 - et la dernière relève d'un traitement numérique.
- Comme cet exemple, **la plupart des systèmes électroniques sont mixtes.**

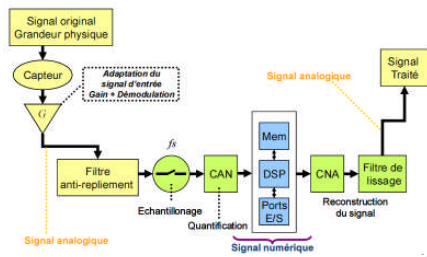
67

T. BRU

25/10/2011

IV. Type de signaux Signaux et électronique mixtes

Chaîne de Traitement Numérique

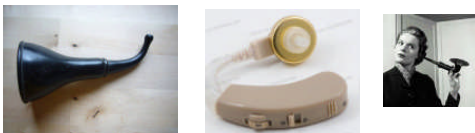


68

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type



69

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type Le sonotone ou audiphone

- The addiction of nowadays youngsters to music, played at very high loudness levels, makes **the future for manufacturers of hearing instruments look very bright.**
- At present about 12% of the human population suffers from hearing problems.
- About 18% of those are suffering relevant perceptual loss, from which a few percent actually use hearing instruments.

70

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type Le sonotone ou audiphone

- Les fonctions de base assurées par un système d'aide à l'audition sont :
 - **L'amplification ;**
 - **Le filtrage ;**
 - **La limitation du niveau de sortie**
- **Ces différentes opérations peuvent être réalisées de façon analogique ou de façon numérique**

71

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type Le sonotone ou audiphone

- **Analog** (the first to exist)
 - The earliest analog hearing aids simply amplified both speech and noise, and were ordered after testing to determine the particular frequency response needed by the patient.
 - Newer analog hearing aids can be programmed during the fitting process, and some have multiple listening profiles that the patient can select with a button on the hearing aid.

72

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type Sonotone amplificateur analogique (pub !)

- Grâce à leur capacité de différencier la parole des bruits ambiants ces aides auditives sont performantes dans les situations habituellement vécues par une personne active.
- Très léger, il est équipé d'une molette de réglage.
- Effet non thérapeutique.
- 4 Niveaux de volume
- Alimenté par une pile AG13 (2 incluses)
- Compatible gain de 130 +/- 5dB
- Sensibilité >= 50dB
- Fréquence de réponse: 300Hz - 4000Hz
- Prix : 17,63 € TTC



73

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type Le sonotone ou audiphone

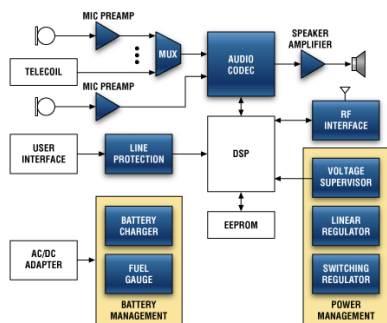
- **Digital**
 - Digital hearing aids are also programmable during the fitting process and have multiple listening profiles that are selectable by the patient.
 - The digitization of sound allows more advanced signal processing such as noise reduction, filtering, and acoustic feedback (ringing) control.
 - The vast majority of hearing aids sold today are digital because of their increased performance and flexibility over the analog versions.

74

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type Schéma fonctionnel



75

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type Transducteurs

- On les trouve aux 2 extrémités de la chaîne de traitement.
- Leur rôle est de transformer une grandeur physique associée à une énergie en un autre type de grandeur physique et d'énergie.
- Les capteurs convertissent les grandeurs physiques en grandeurs électriques.
- Les actionneurs effectuent l'opération inverse.

76

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type Transducteurs

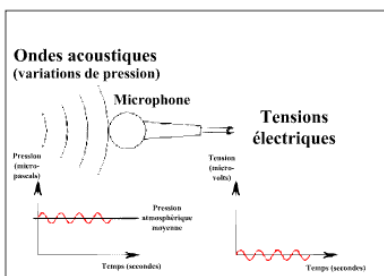
- Dans notre cas, nous avons :
 - Des capteurs d'entrées constitués par 2 microphones qui fournissent un signal analogique de quelques mV d'amplitude sous plusieurs centaines d'ohms d'impédance interne
 - Un actionneur de sortie constitué par un haut-parleur

77

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type Transducteurs

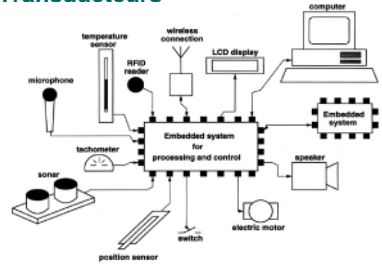


78

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type Transducteurs



Capteurs et actionneurs dans les applications embarquées

79

T.BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type Amplification en tension

- Le signal (tension) fourni par les microphones est trop faible pour être converti directement en une grandeur numérique.
- Il doit être préalablement amplifié. Il s'agit principalement d'une amplification en tension (préamplification, mic preamp sur le schéma-bloc)
- La fonction « Amplification » est la première que nous étudierons dans la suite du cours.

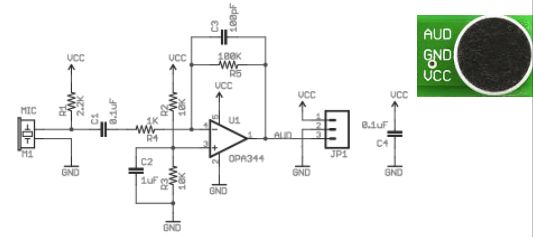
80

T.BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type Amplification en tension

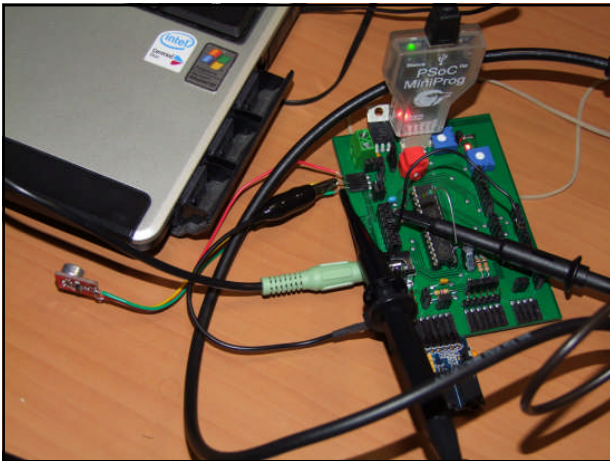
- Microphone préamplifié



81

T.BRU

25/10/2011



V. Présentation d'un système type Amplification en puissance

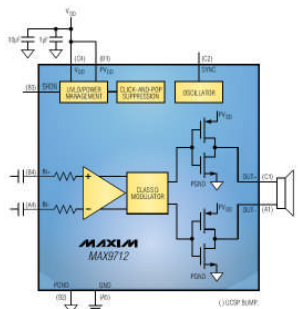
- Après traitement par le processeur (DSP sur le schéma, pour Digital Signal Processor) et re-conversion en une grandeur analogique, la puissance du signal électrique n'est pas suffisante pour qu'il attaque directement le haut-parleur.
- Il doit être préalablement **amplifié en puissance** (speaker amplifier sur le schéma)

83

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type Amplification en puissance (classe D)



84

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type CA/N et CNA

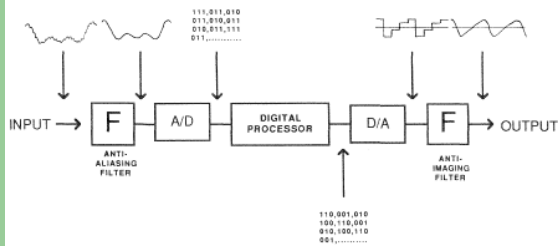
- Dans le bloc appelé Audio Codec, figurent (entre autres) :
 - Un (deux) CA/N ;
 - Un CNA
- Ces dispositifs seront étudiés en cours dans le chapitre « Entrées-Sorties analogiques »
- Hors amplification, la chaîne de traitement peut être représentée comme suit.

85

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type CA/N et CNA



86

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type CA/N et CNA

- On note la présence de 2 filtres analogiques, respectivement en amont du CA/N et en aval du CNA :
 - Filtre anti-repliement en entrée
 - Filtre de lissage en sortie
- Ils seront étudiés en même temps que les convertisseurs

87

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type Gestion de l'énergie

- On note également la **part importante donnée à la gestion de l'énergie** (battery management, power management), qui joue un rôle fondamental dans les systèmes embarqués.

88

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type Traitements proprement dits : filtrage

- Ils sont **réalisés par programme, par le** processeur de traitement de signal.
- Il peut s'agir de simples filtrages linéaires, destinés à accentuer certaines fréquences par rapport à d'autres, en fonction des déficiences de l'oreille du patient.

89

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type Traitements proprement dits : filtrage

- Les intérêts de réaliser ces opérations sous forme numérique sont multiples :
 - Il n'est pas difficile de réaliser un filtre numérique avec une pente asymptotique très élevée (e.g., plus de 1000 dB/octave), ce qui serait quasi-impossible avec des composants analogiques.
 - Le filtre numérique peut-être reprogrammé pour obtenir des caractéristiques très variées sans rien avoir à changer dans le matériel (hardware).

90

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type

Traitements proprement dits : filtrage

- L'algorithme de filtrage peut même s'auto-modifier en fonction du contexte (filtre auto-adaptatif)
- Enfin le processeur peut prendre en charge la gestion de l'énergie (extinction automatique), le dialogue homme-machine, ...
- La « **fonction filtrage** » (tant analogique que numérique) sera étudiée dans un chapitre spécifique

91

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type

Fonctionnalités supplémentaires

- There are many features available for today's hearing aids, including volume control, remote control, telecoil, direct, audio input, FM reception, Bluetooth® capabilities, directional microphone, compression, clipping, frequency shifting, wind-noise management, data logging, self-learning
- An emerging trend is to include Bluetooth capability to receive sound from a cell phone or music player.

92

T. BRU

25/10/2011

V. Présentation d'un système type

Fonctionnalités supplémentaires

- **Frequency shifting** uses digital signal processing to shift speech to a lower frequency, which is helpful for people with high-frequency hearing loss.
- **Wind-noise management** detects wind and eliminates the feedback that would otherwise cause ringing sounds to be heard by the hearing aid wearer.

93

T. BRU

25/10/2011
