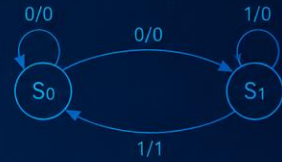


I. Introduction

Contexte de l'électronique numérique



ENSGTI
ÉCOLE D'INGÉNIEURS

Arnaud Martin

1

1



I. introduction

Objectif de ce cours

- S'adresse aux apprentis en GEII 1A
- 12h de Cours, 12h de TD
- Évaluations : Compte rendu de TP (30%) et Examen écrit (70%)



En lien direct avec les cours de MicroContrôleurs et interfaçage, et Electronique programmable, Codesign et FGPA (2A)

Connaître la structure et le fonctionnement interne d'un cœur de calculateur

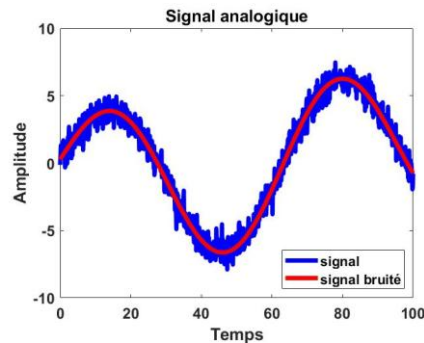
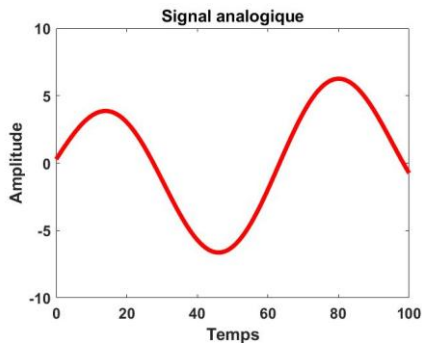
Compétences à acquérir :

- 1- codage et représentation des nombres,
- 2- synthèse de circuits logiques combinatoires,
- 3- synthèse de circuits logiques séquentiels.

2

2

En électronique analogique, une information **physique** est **représentée** par une grandeur électrique : tension ou courant qui est connue de manière **continue**. Cette information peut prendre une **infinité de valeurs**, dont la connaissance est limitée par le **bruit** des composants et des fonctions analogiques utilisées.



3

3

- Les domaines d'application de l'électronique analogique ont tendance à se réduire au profit de l'électronique numérique.
- Les 3 domaines restants d'applications de l'électronique analogique sont:
 - le **conditionnement** de signaux issus de **capteurs** (amplification et filtrage). L'objectif est alors de dégager un signal électrique (souvent faible) du bruit de façon à pouvoir l'utiliser ou le traiter.



Remarques :

- **Toutes les grandeurs physiques sont analogiques**
- Dans les capteurs récents, on peut trouver des électroniques de numérisation directe sur puce qui repoussent encore le domaine de l'analogique.

4

4

2. communication par radiofréquence (RF) ou électronique **haute-fréquence**
3. électronique de **puissance**



Remarques :

- On trouve également de l'électronique analogique dans les systèmes automatiques pour l'asservissement ou la régulation.

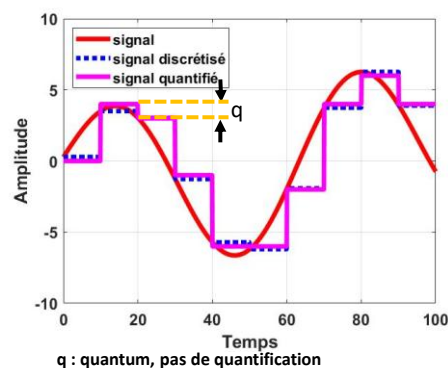
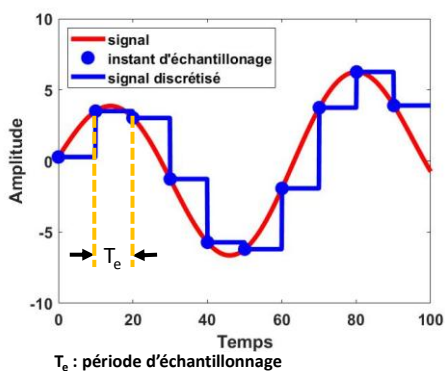
Mais la tendance générale en automatique est le développement à partir d'électronique numérique. Cette tendance est soutenue par les capacités sans cesse croissantes des composants numériques (vitesse, capacité de calcul) et par la diminution de leur coût.

- L'électronique analogique peut présenter un intérêt pour des dispositifs peu complexes et faible coût.

5

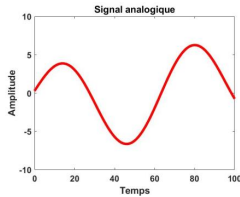
5

- En électronique numérique ou électronique digitale (français), les signaux présentent des **valeurs discrètes** dans le temps et **quantifiées**.
- L'information est représentée au moyen d'un nombre limité de valeurs, grâce à une ou plusieurs grandeurs binaires appelées bits.



6

6

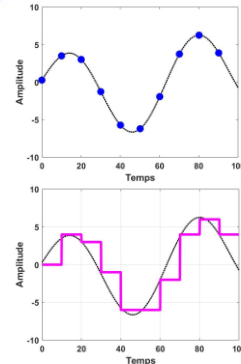


continue dans le temps $\Rightarrow$ instant d'échantillonnage

discretisation

infinité de valeur $\Rightarrow$ nb de valeurs fini

quantification



Remarque :

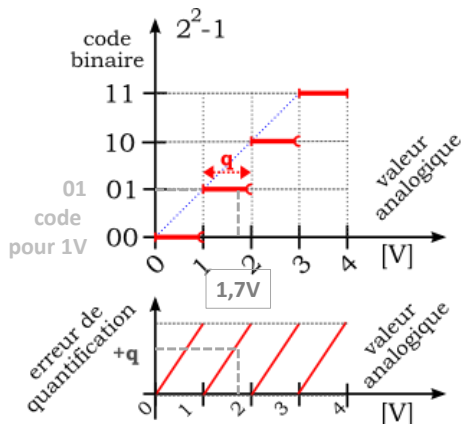
Contrainte sur les instants d'échantillonnage (théorème de Shannon-Nyquist)

Il faut que la **fréquence d'échantillonnage** (inverse de l'intervalle entre deux instants d'échantillonnage) soit supérieure à 2 fois la fréquence maximale du signal analogique.

7

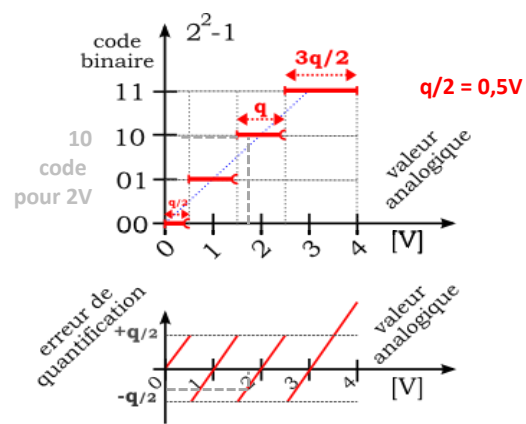
7

représentation linéaire par défaut



Exemple : signal à 1,7V Erreur 0,7V

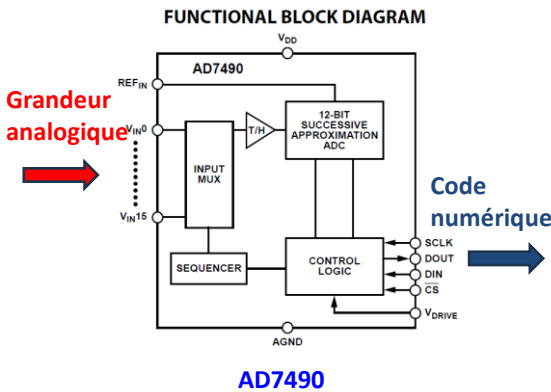
représentation linéaire centrée



Erreur -0,3V

8

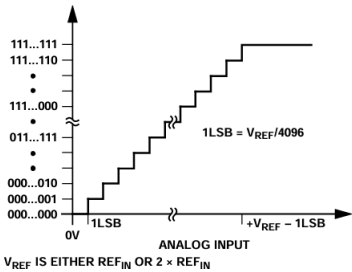
8



16-Channel,
1 MSPS,
12-Bit ADC
with Sequencer

Gamme : $[0; \text{REF}_{\text{IN}}]$ ou $[0; 2\text{REF}_{\text{IN}}]$

Quantum : $q = \frac{\text{gamme entrée analogique}}{2^N}$



bits : **binary digit** (chiffre binaire)

Ces bits prennent les valeurs :

TRUTH TABLE

I ₁	I ₂	O ₁
L	L	L
H	L	H
L	H	H
H	H	L

Notes

1. H = HIGH state (the more positive voltage)
L = LOW state (the less positive voltage)

*table de vérité dans une
datasheet de composant
logique discret*

1/4 of device shown

$J = \bar{A} + \bar{B}$

Logical "1" = HIGH

Logical "0" = LOW

All inputs protected by standard
CMOS protection circuit.

*relation entre valeur
logique et niveau
électrique dans une
datasheet de composant
logique discret*

valeur contexte

vrai/faux	logique
0/1	logique booléenne
0V/5V	aspect électrique
L/H	datasheet
5V/0V	logique négative
12V/-12V	transmission série
...	

Exemples de signaux numériques

- bouton poussoir (touche d'un clavier):
BP=1, bouton enfoncé, interrupteur fermé
BP=0, bouton relâché, interrupteur ouvert
- lampe : L=1, lampe allumée / L=0, lampe éteinte
- pixel d'une image (télévision numérique)
 - diffusion : 8 bits par composante (R, V, B)
 - Régie TV : 10 bits par composante (R, V, B)



Smart Watch et autres
petits écrans format image
RGB565 16 bits



Question : Combien de couleur peut-on coder en format diffusion ?

11

11



Questions :

Combien de valeurs peut-on représenter avec N bits ?

Quelle est l'erreur de quantification maximum en fonction du quantum?

On suppose une gamme de tension de [0-4V] et 2 bits de représentation. Combien valent le quantum (pas de quantification) et l'erreur maximum de représentation ?

Application numérique pour N=10 bits et une gamme de tension de [0-5V]

12

12



Exemples de signaux numériques (suite)

- CD audio, MP3 :
 - 16 bits
 - fréquence échantillonnage : 44,1kHz



Question : taille d'une image
FHD 1920x1080 pixels
format BMP ?



Question : Quelle taille mémoire pour 1 heure de musique, stéréo non compressée ?

- Signal numérisé sortant d'un capteur : 8 à 12 bits.
Exemple, capteur de température AD7415 : 10 bits

- Code ASCII : 8 bits (256 caractères)
(American Standard Code for Information Interchange)

13

13

Decimal	Hex	ASCII	Decimal	Hex	ASCII	Decimal	Hex	ASCII	Decimal	Hex	ASCII
0	0	NUL	32	20		64	40	@	96	60	`
1	1	SOH	33	21	!	65	41	A	97	61	a
2	2	STX	34	22	"	66	42	B	98	62	b
3	3	ETX	35	23	#	67	43	C	99	63	c
4	4	EOT	36	24	\$	68	44	D	100	64	d
5	5	ENO	37	25	%	69	45	E	101	65	e
6	6	ACK	38	26	&	70	46	F	102	66	f
7	7	BEL	39	27	'	71	47	G	103	67	g
8	8	BS	40	28	(	72	48	H	104	68	h
9	9	HT	41	29	)	73	49	I	105	69	i
10	A	LF	42	2A	*	74	4A	J	106	6A	j
11	B	VT	43	2B	+	75	4B	K	107	6B	k
12	C	FF	44	2C	,	76	4C	L	108	6C	l
13	D	CR	45	2D	-	77	4D	M	109	6D	m
14	E	SOH	46	2E	.	78	4E	N	110	6E	n
15	F	SI	47	2F	/	79	4F	O	111	6F	o
16	10	DL	48	30	0	80	50	P	112	70	p
17	11	DC1	49	31	1	81	51	Q	113	71	q
18	12	DC2	50	32	2	82	52	R	114	72	r
19	13	DC3	51	33	3	83	53	S	115	73	s
20	14	DC4	52	34	4	84	54	T	116	74	t
21	15	NAK	53	35	5	85	55	U	117	75	u
22	16	SYN	54	36	6	86	56	V	118	76	v
23	17	ETB	55	37	7	87	57	W	119	77	w
24	18	CAN	56	38	8	88	58	X	120	78	x
25	19	EM	57	39	:	89	59	Y	121	79	y
26	1A	SUB	58	3A	;	90	5A	Z	122	7A	z
27	1B	ESC	59	3B	<	91	5B	[	123	7B	{
28	1C	FS	60	3C	<	92	5C	\	124	7C	
29	1D	GS	61	3D	=	93	5D	]	125	7D	}
30	1E	RS	62	3E	>	94	5E	^	126	7E	~
31	1F	US	63	3F	?	95	5F	_	127	7F	

Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char
128	80	Ç	160	A0	À	192	C0	Ê	224	E0	«
129	81	ü	161	A1	Á	193	C1	Ë	225	E1	»
130	82	ë	162	A2	Â	194	C2	Ï	226	E2	£
131	83	ä	163	A3	Ã	195	C3	Ï	227	E3	¤
132	84	å	164	A4	Ä	196	C4	Ï	228	E4	¥
133	85	ä	165	A5	Å	197	C5	Ï	229	E5	¦
134	86	ä	166	A6	Ä	198	C6	Ï	230	E6	§
135	87	Ç	167	A7	Å	199	C7	Ï	231	E7	¨
136	88	è	168	A8	Ä	200	C8	Ï	232	E8	©
137	89	é	169	A9	Ä	201	C9	Ï	233	E9	ª
138	8A	è	170	AA	Ä	202	CA	Ï	234	EA	«
139	8B	ë	171	AB	Ä	203	CB	Ï	235	EB	»
140	8C	ë	172	AC	Ä	204	CC	Ï	236	EC	£
141	8D	ë	173	AD	Ä	205	CD	Ï	237	ED	¤
142	8E	ë	174	AE	Ä	206	CE	Ï	238	EE	¥
143	8F	ë	175	AF	Ä	207	CF	Ï	239	EF	¦
144	90	Ä	176	B0	Ä	208	DF	Ï	240	FF	§
145	91	ä	177	B1	Ä	209	D1	Ï	241	F1	¨
146	92	ä	178	B2	Ä	210	D2	Ï	242	F2	©
147	93	ä	179	B3	Ä	211	D3	Ï	243	F3	ª
148	94	ä	180	B4	Ä	212	D4	Ï	244	F4	«
149	95	ä	181	B5	Ä	213	D5	Ï	245	F5	»
150	96	ä	182	B6	Ä	214	D6	Ï	246	F6	£
151	97	ä	183	B7	Ä	215	D7	Ï	247	F7	¤
152	98	ä	184	B8	Ä	216	D8	Ï	248	F8	¥
153	99	ä	185	B9	Ä	217	D9	Ï	249	F9	¦
154	9A	ä	186	BA	Ä	218	DA	Ï	250	FA	§
155	9B	ä	187	BB	Ä	219	DB	Ï	251	FB	¨
156	9C	ä	188	BC	Ä	220	DC	Ï	252	FC	©
157	9D	ä	189	BD	Ä	221	DD	Ï	253	FD	ª
158	9E	ä	190	BE	Ä	222	DE	Ï	254	FE	«
159	9F	ä	191	BF	Ä	223	DF	Ï	255	FF	»

représenté sur 8 bits (256 caractères). Exemple : 6B_h représente le caractère « k »

14

14

- L'électronique numérique est particulièrement **adaptée aux calculs** et aux tests.
- Ces calculs et tests sont la base des algorithmes de traitement, par exemple en **traitement numérique du signal** (TNS) pour le filtrage, pour le **cryptage** ou la commande de procédés.



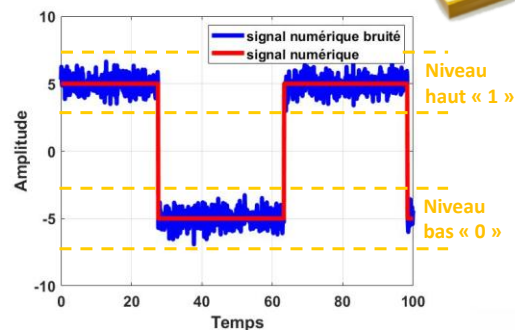
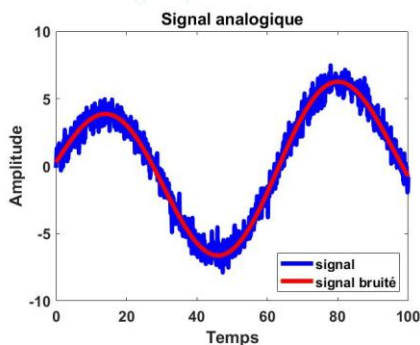
Remarque : en électronique analogique, la seule façon de faire des calculs est d'utiliser des amplificateurs opérationnels (d'où le nom).

- Les signaux numériques présentent en outre la possibilité d'être **compressés** (codage MP3, zip) et **stockés** longtemps.
- D'un point de vue transmission, stockage et traitement, les informations numériques présentent une meilleure **immunité au bruit**. Cette caractéristique est très utile dans les communications, pour réduire le taux d'erreur, et peut être accrue par un **codage** (code correcteur d'erreur).

15

15

Remarque : moins d'informations ici qu'à gauche



- La confidentialité des transmissions peut être obtenue par **cryptage** (on peut également crypter en analogique mais il y a moins de possibilités).

- **Champs des informations créées par l'homme** : image virtuelle, jeux, musique numérique, films 3D...



16

16

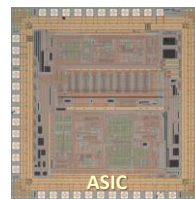
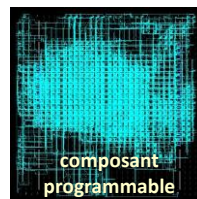
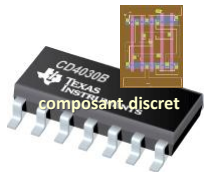
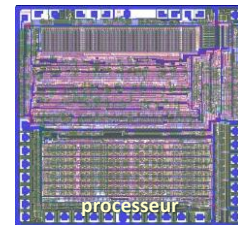
ENSGTI ÉCOLE D'INGÉNIEURS

I. Introduction

Contexte de l'électronique numérique

électronique numérique

- **Mémoire** : stockage
- **Microprocesseurs** : exécution d'instruction de programme
- **Composants logiques** : fonctions spécifiques



17

ENSGTI ÉCOLE D'INGÉNIEURS

I. Introduction

A l'issue de cette première partie



- Qu'est-ce qu'un signal discrétisé ?
- Qu'est-ce qu'un signal quantifié ?
- Quels intérêts à utiliser des signaux numériques plutôt qu'analogiques ?
- Quelles limites à l'utilisation des signaux numériques ?

18

18