



Signaux et codage

Sommaire

1	Présentation.....	2
2	Signaux analogiques.....	2
3	Signaux numériques.....	3
4	Signaux logiques.....	3
5	Codage des signaux numériques.....	3
5.1	Vocabulaire.....	3
5.1.1	Unité de codage : le bit.....	3
5.1.2	Unité de transfert : l'octet.....	4
5.2	Codage des nombres entiers en binaire.....	5
5.2.1	Le binaire naturel.....	5
5.2.2	Conversion décimal vers binaire.....	6
5.3	L'hexadécimal.....	6
5.3.1	Présentation.....	6
5.3.2	Conversion binaire / hexadécimale.....	7
5.4	Codage du texte.....	8
6	Autres codes utilisés en électronique numérique.....	8
6.1	Le code GRAY.....	8
6.2	Le code BCD.....	9
7	Applications.....	10

1 Présentation

Les systèmes électroniques ont vocation à _____
_____ des informations.

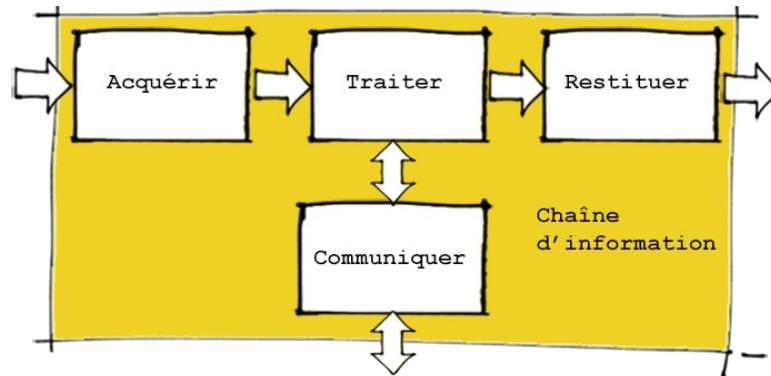


Figure 1 : chaîne d'information - fonctions principales

Cette information est portée par un signal c'est-à-dire une grandeur physique (tension, onde acoustique, lumineuse ou hertzienne) dotée d'une unité (et donc mesurable) et variable au cours du temps.

Pour qu'un signal porte une information il faut parfois établir une convention. Le signal sonore du SAMU est différent de celui des pompiers mais reconnu sans ambiguïté.



Les signaux à l'intérieur d'un système électronique sont très souvent de nature électrique. Les signaux électriques peuvent être de 3 types :

1. _____ ;
2. _____ ;
3. _____ .

2 Signaux analogiques

Les grandeurs analogiques sont omniprésentes dans notre environnement direct comme :

- _____ ;
- _____ ;
- _____ .



Figure 2 : exemple de signal analogique (microphone d'une guitare électrique)

Un signal analogique _____
_____.

3 Signaux numériques

Un signal numérique correspond à une _____

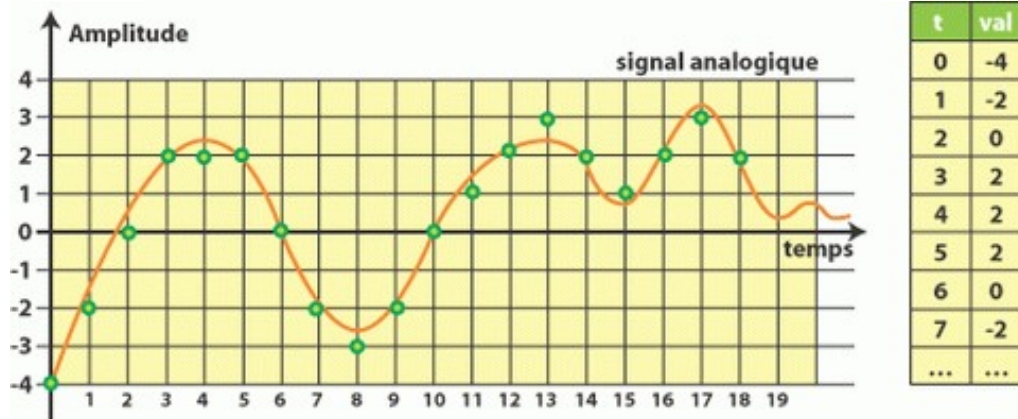


Figure 3 : signal numérique

Les nombres utilisés sont des nombres binaires et chaque bit correspond à un niveau de tension (« 0 » $\Rightarrow$ 0 V et « 1 » $\Rightarrow$ 3,3 V par exemple).

4 Signaux logiques

Ces signaux ne peuvent prendre _____ :

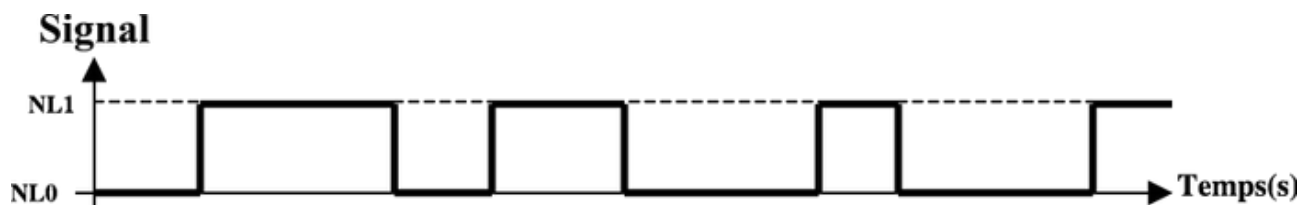


Figure 3 : signal logique

L'information transportée répond à une question dont la réponse ne peut être que vraie ou faux :

- porte fermée ?
- température dépassée ?

Faire l'exercice n°1.

5 Codage des signaux numériques

Le code binaire %01000001 peut représenter aussi bien un nombre qu'une lettre. Impossible à dire si l'on ne sait pas quel code est utilisé.

5.1 Vocabulaire

5.1.1 Unité de codage : le bit

Le bit (_____) est la plus petite unité d'information dans un système numérique. Un bit vaut soit « 0 » soit « 1 ». Physiquement il correspond à l'absence ou la présence d'une tension.

5.1.2 Unité de transfert : l'octet

Les unités de traitement manipulent ou stockent plutôt des groupements de bits appelés mots binaires :

Nombre de bits	Nom	En anglais
4	_____	_____
8	_____	_____
16	_____	_____

Format d'un octet

Rang du bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Nom du bit	b_7	b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	b_0
Valeur du bit (0 ou 1)	X	X	X	X	X	X	X	X
	MSB							LSB
	MSQ				LSQ			

MSB (Most significant Bit) : bit de poids le plus fort → bit le plus à gauche

LSB (Least Significant Bit) : bit de poids le plus faible → bit le plus à droite

Préfixes binaires (préfixes CEI)				Préfixes décimaux (préfixes SI)			
Nom	Symb.	2^{10a} = facteur	a	Nom	Symb.	10^{3a} = facteur	a
kibi	Ki	$2^{10} = 1\ 024$	1	kilo	k	$10^3 = 1\ 000$	1
mébi	Mi	$2^{20} = 1\ 048\ 576$	2	méga	M	$10^6 = 1\ 000\ 000$	2
gibi	Gi	$2^{30} = 1\ 073\ 741\ 824$	3	giga	G	$10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$	3
tébi	Ti	$2^{40} = 1\ 099\ 511\ 627\ 776$	4	téra	T	$10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$	4
pébi	Pi	$2^{50} = 1\ 125\ 899\ 906\ 842\ 624$	5	péta	P	$10^{15} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$	5
exbi	Ei	$2^{60} = 1\ 152\ 921\ 504\ 606\ 846\ 976$	6	exa	E	$10^{18} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$	6
zébi	Zi	$2^{70} =$ 1 180 591 620 717 411 303 424	7	zetta	Z	$10^{21} =$ 1 000 000 000 000 000 000 000	7
yobi	Yi	$2^{80} =$ 1 208 925 819 614 629 174 706 176	8	yotta	Y	$10^{24} =$ 1 000 000 000 000 000 000 000 000	8

Figure 4 : préfixes binaires



Les préfixes kilo, méga, giga et téra sont parfois utilisés à la place de kibi, mébi, gibi et tébi.

✍ Faire l'exercice n°2.

5.2 Codage des nombres entiers en binaire

5.2.1 Le binaire naturel

On fait l'analogie avec le système de numération décimal que l'on connaît :

Système de numération	Nombres de chiffres différents utilisés	Chiffres utilisés	Valeur décimale d'un nombre quelconque de 4 chiffres
Décimal (base 10)	10	De 0 à 9	$d_3d_2d_1d_0)_{10} = d_3 \cdot 10^3 + d_2 \cdot 10^2 + d_1 \cdot 10^1 + d_0 \cdot 10^0)_{10}$
Binaire (base 2)	.....	.....	$b_3b_2b_1b_0)_2 =)_{10}$

✎ Calculer la valeur décimale des nombres binaires ci-dessous après avoir complété le tableau suivant:

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
.....							

- ① $1101)_2 = =$
- ② $11101101)_2 = =$
- ③ $11111111)_2 = =$



Les notations suivantes sont équivalentes : $0b0100 = \%0100 = 0100)_2$

Il est intéressant de retenir la notation **0b utilisée en programmation C** (Arduino).



Un nombre codé sur N bits permet de représenter les nombres entiers compris entre 0 et $2^N - 1$, soient 2^N nombres entiers différents.

✎ Compléter le tableau suivant par les nombres binaires sur 4 bits correspondants :

Décimal	Binaire	Décimal	Binaire
0		8	
1		9	
2		10	
3		11	
4		12	
5		13	
6		14	
7		15	

5.2.2 Conversion décimal vers binaire

Il s'agit de soustraire successivement la puissance de 2 la plus grande. Exemple pour convertir 247_{10} :

2 4 7 Chaque fois que l'on soustrait une puissance de 2 on place un 1 dans le tableau sous la puissance correspondante. Les éventuelles cases vides sont complétées avec un « 0 ».

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0

Le résultat se lit directement dans le tableau :

←

✎ Convertissez selon cette méthode les nombres décimaux suivants : 47, 64 et 122.

5.3 L'hexadécimal

5.3.1 Présentation

Le codage binaire, représentatif du codage interne des machines, reste fastidieux à manipuler. Une représentation plus compacte est alors apparue nécessaire : il s'agit du codage hexadécimal qui est 4 fois plus compact que le codage binaire. Le système hexadécimal (base 16) utilise 16 chiffres ou symboles et permet ainsi d'associer à un quartet (mot de 4 bits) un chiffre hexadécimal :

Signaux et codage

Valeur binaire	Valeur hexadécimale	Valeur décimale
.....		0
.....		1
.....		2
.....		3
.....		4
.....		5
.....		6
.....		7
.....		8
.....		9
.....		10
.....		11
.....		12
.....		13
.....		14
.....		15

Exemple de code hexadécimal : tout appareil Wifi est identifié par une adresse unique appelée adresse MAC. Cette adresse est un code hexadécimal composé d'un identifiant constructeur et d'un identifiant produit.



Figure 5 : adresse MAC Wifi d'un iPod

5.3.2 Conversion binaire / hexadécimale

Il faut réaliser des groupements de 4 bits (quartets) en partant de la droite puis convertir chaque quartet en son équivalent hexadécimal.

Prenons l'exemple du nombre binaire suivant : 11010110111100011_2 .

Effectuons des groupements en quartets :

On ajoute des « 0 » à gauche pour former un quartet					
Nombre binaire à convertir	.....	.....	.....	.....	.....
On cherche l'équivalent hexadécimal du quartet.	↓	↓	↓	↓	↓
Résultat en hexadécimal	.....	.....	.....	.....	.....

On a donc le résultat suivant : $11010110111100011_2 = \text{.....}_{16}$

Le résultat peut également se noter $0x\text{.....} = \$ \text{.....}$

Il est intéressant de retenir la notation **0x utilisée en programmation C** (Arduino).

🔧 Convertissez selon cette méthode les nombres suivants respectivement en hexadécimal et en binaire : $0b10001001111100110$, $0xEC$:

.....

.....

.....

5.4 Codage du texte

Le code **ASCII** (**A**merican **S**tandard **C**ode for **I**nformation **I**nterchange) permet de coder tout caractère alphanumérique en binaire (c'est le cas de tous les claviers d'ordinateur).

L'ensemble des codes ASCII est contenu dans une table de conversion dans laquelle chaque caractère est codé sur 7 bits (b_7 toujours égal à 0) :

MSQ	LSQ															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2	SP	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	-
6	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{	|	}	~	DEL

MSQ : Most Significant Quartet - LSQ : Least Significant Quartet

🖨 Donner le code ASCII en hexa de votre prénom sans les éventuels accents :

.....

.....

.....

6 Autres codes utilisés en électronique numérique

6.1 Le code GRAY

Le **code Gray**, également appelé **code binaire réfléchi**, est un type de codage binaire permettant de ne modifier qu'un seul bit à la fois quand un nombre est augmenté d'une unité. Cette propriété est importante pour plusieurs applications (souris mécanique, codeur optique). Exemple sur 4 bits ci-contre.

Décimal	Binaire	Code Gray
0	0000	
1	0001	
2	0010	
3	0011	
4	0100	
5	0101	
6	0110	
7	0111	
8	1000	
9	1001	
10	1010	
11	1011	
12	1100	
13	1101	
14	1110	
15	1111	

🖨 Faire l'exercice n°3.

Figure 5 : code Gray sur 4 bits

6.2 Le code BCD

BCD (Binary Coded Decimal) : décimal codé en binaire.

On code séparément chaque chiffre du nombre décimal en un quartet binaire.

Exemple pour le nombre décimal **1849** :

Nombre décimale	1	8	4	9
Code BCD	0001	1000	0100	1001

✎ Écrivez votre année de naissance en BCD :

.....

.....

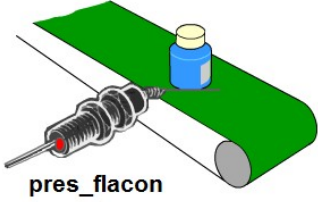
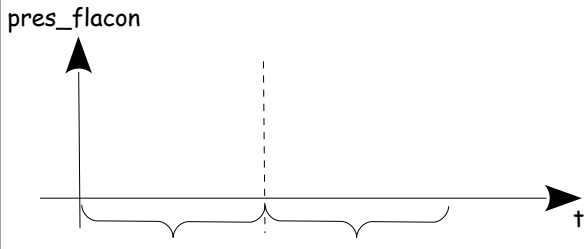
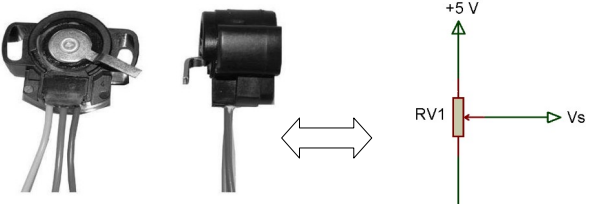
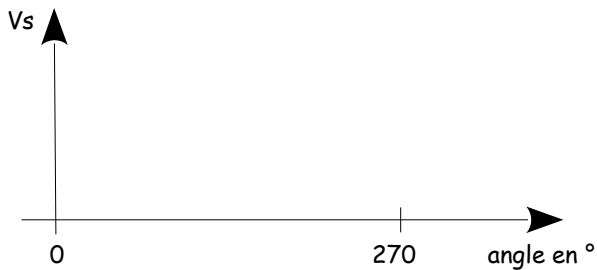
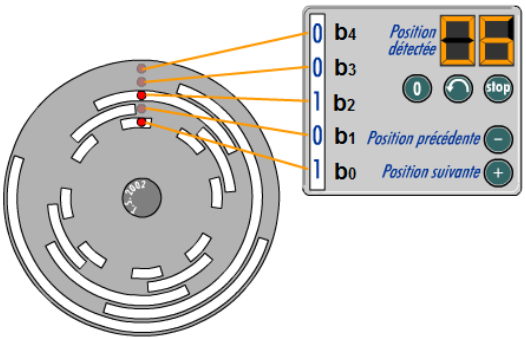
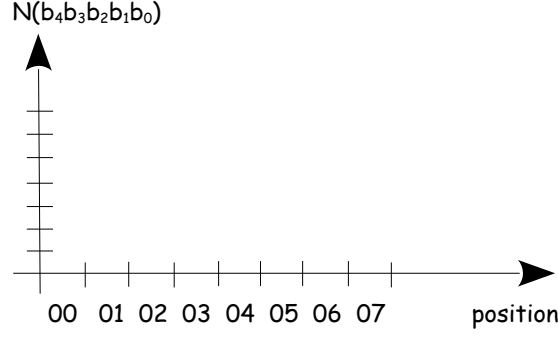
Ce code est notamment utilisé pour l'affichage des nombres par afficheurs 7 segments.

✎ Faire l'exercice n°4.

7 Applications

Exercice n°1

- Préciser pour chaque cas le type de signal fourni par le capteur puis compléter le graphe :

Signal	
 pres_flacon Détecteur de passage de flacons	
 Capteur de déplacement rotatif (débattement angulaire : 0 à 270°)	
 Capteur rotatif optique : un disque perforé coupe 5 faisceaux lumineux.	

Exercice n°2

Un particulier achète un disque dur de 250 Go (gigaoctets). Il l'installe, regarde ses propriétés et constate qu'il n'y a que 233 Go !

- Pourquoi son PC lui indique cette capacité ?

Indication : son PC affiche un résultat non pas en Go mais en Gio (l'unité de la fenêtre n'est donc pas correcte).

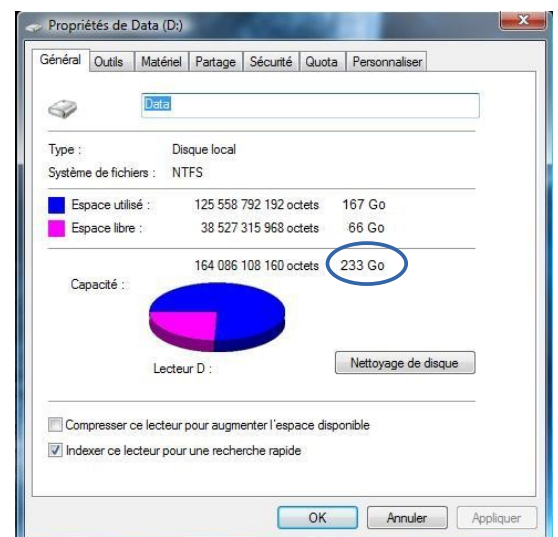
.....

.....

.....

.....

.....



Exercice n°3

Une girouette donne la direction du vent. Pour fournir cette information, elle dispose d'un disque optique constitué de 4 pistes perforées. Un dispositif opto-électronique permet de délivrer 4 signaux logiques G_1 , G_2 , G_3 et G_4 . On convient que l'on a un NL1 si le disque est perforé (bande noire) un NLO sinon.

- Compléter le tableau suivant :

Position	$G_4G_3G_2G_1$
6	
7	
8	

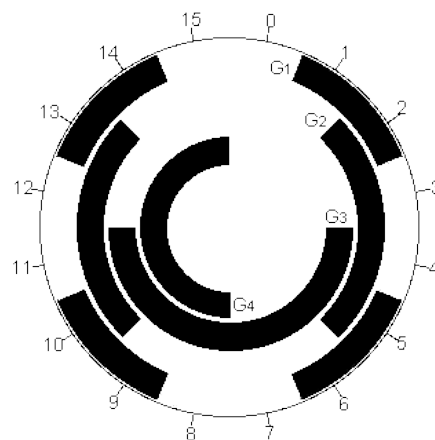


Figure7 : disque perforé

- Quel est le type du signal $[G_4G_3G_2G_1]$ (bus de 4 bits) ?
.....
- Quel code est utilisé pour transmettre l'information de position ?
.....
.....
- Quel est l'intérêt de ce code dans ce cas précis ?
.....

Figure 6 : girouette

Exercice n°4

Une carte Arduino pilote deux afficheurs 7 segments grâce à un circuit intégré spécialisé CD4511B (voir extrait page suivante).

- Faire apparaître sur le schéma de câblage les codes BCD qui correspondent à l'affichage du nombre 25.

On positionnera « 0 » ou « 1 » à côté des conducteurs concernés par les signaux numériques BCD.
- Commenter les broches retenues sur l'Arduino pour piloter les afficheurs.

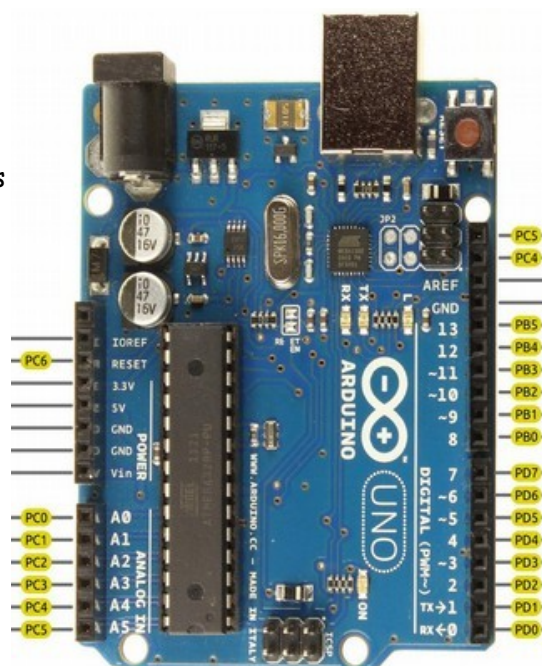


Figure 8 : brochage de l'Arduino Uno

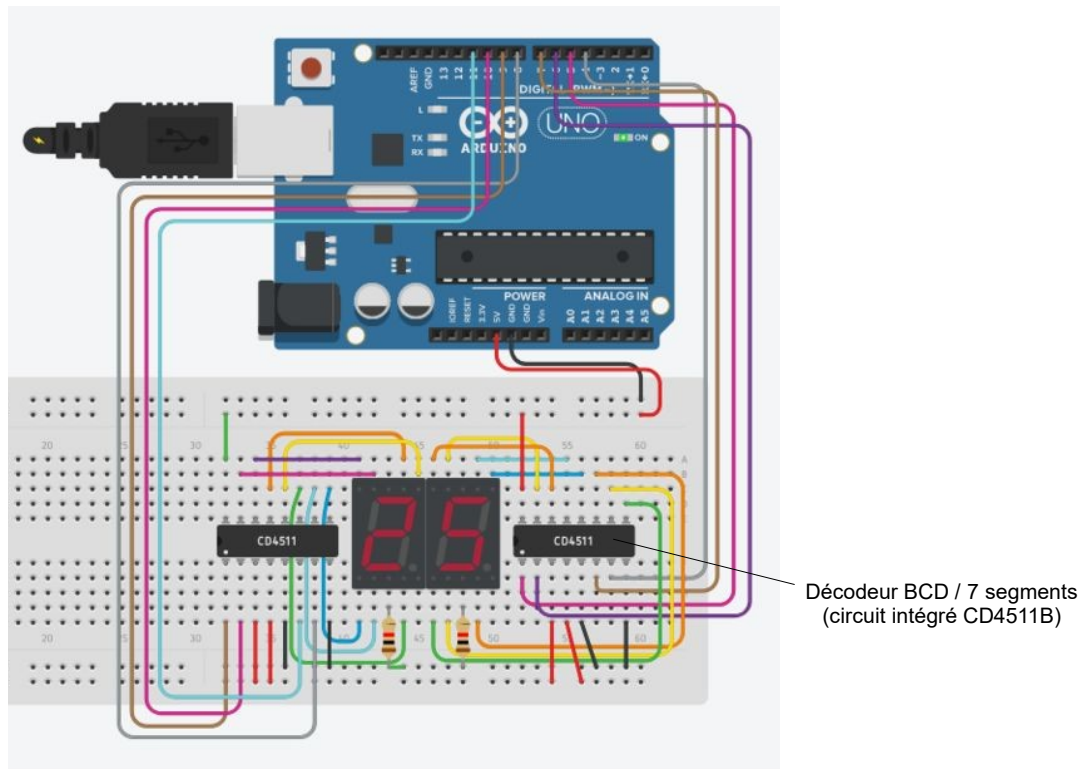
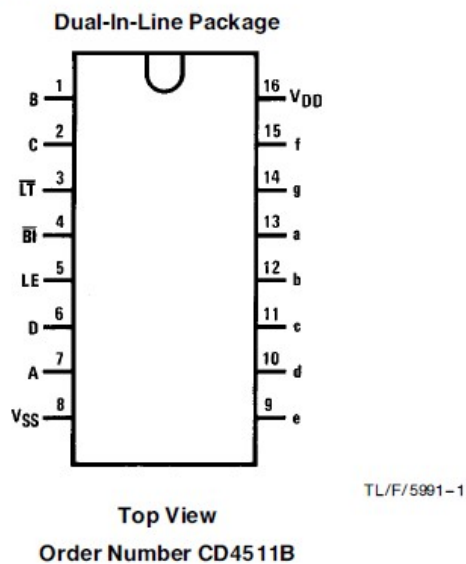
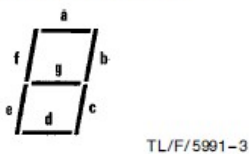


Figure9 : schéma de câblage

Connection Diagram



Segment Identification



Truth Table

Inputs							Outputs							
LE	BI	LT	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	Display
X	X	0	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	B
X	0	1	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	9
0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
1	1	1	X	X	X	X				*				*

X = Don't Care

*Depends upon the BCD code applied during the 0 to 1 transition of LE.

Display



TL/F/5991-2

Figure10 : extrait de la datasheet du CD4511B