

# Électronique de commande

Notes de cours avec exercices corrigés <sup>a</sup>

---

Abdelbacet Mhamdi  
abdelbacet.mhamdi@bizerte.r-iset.tn

***Dr.-Ing. en génie électrique***  
***Maître-technologue - ISET Bizerte***

VERSION DU 17 JUILLET 2023

---

<sup>a</sup>. Disponible @ [https://github.com/a-mhamdi/shelf\\_textbook](https://github.com/a-mhamdi/shelf_textbook)

1. Introduction
2. Encodage des signaux
3. Communication série
4. MLI
5. Moteur pas-à-pas
6. ROS2

## Introduction

---



## Encodage des signaux

---

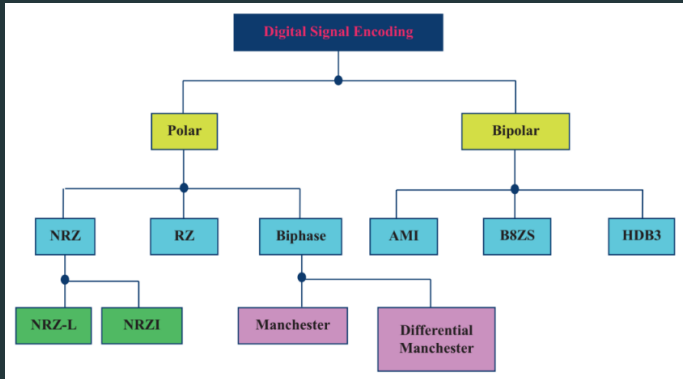
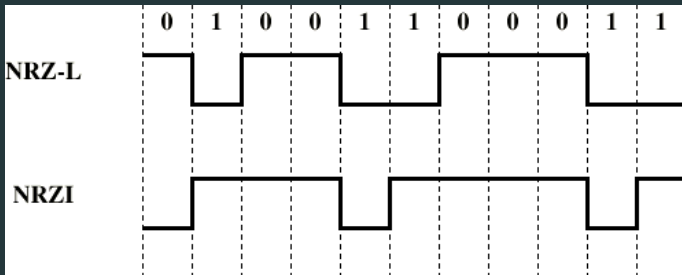
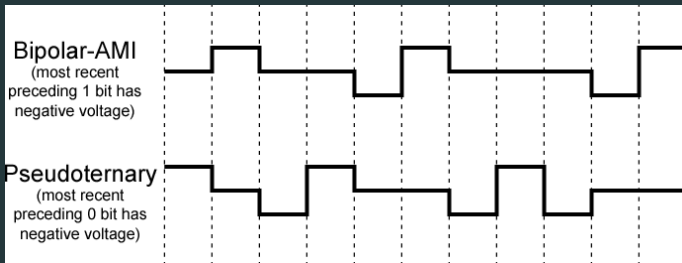


FIG. 1. Types d'encodage des signaux [SA22].

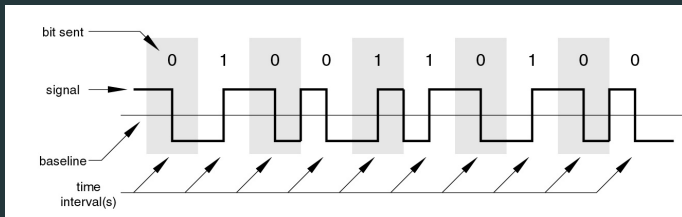
## NRZ



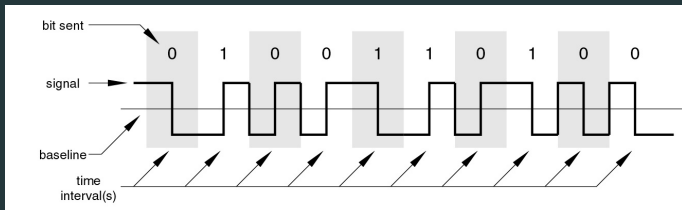
### Bipolar AMI et Pseudoternary



## Manchester



## Manchester différentiel





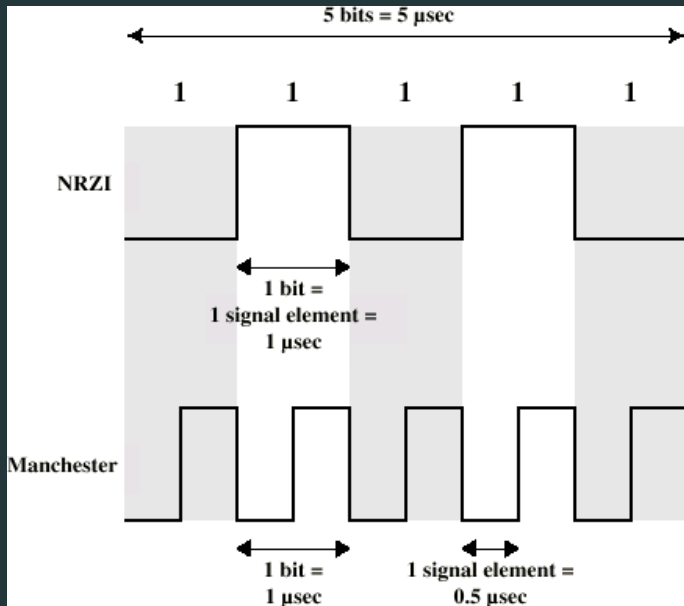
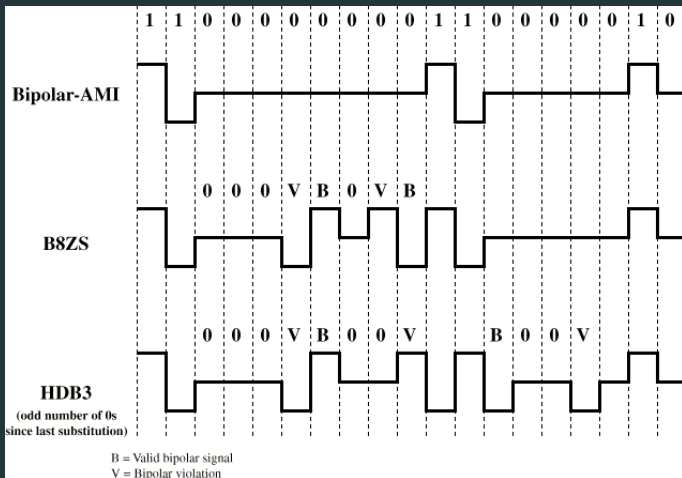
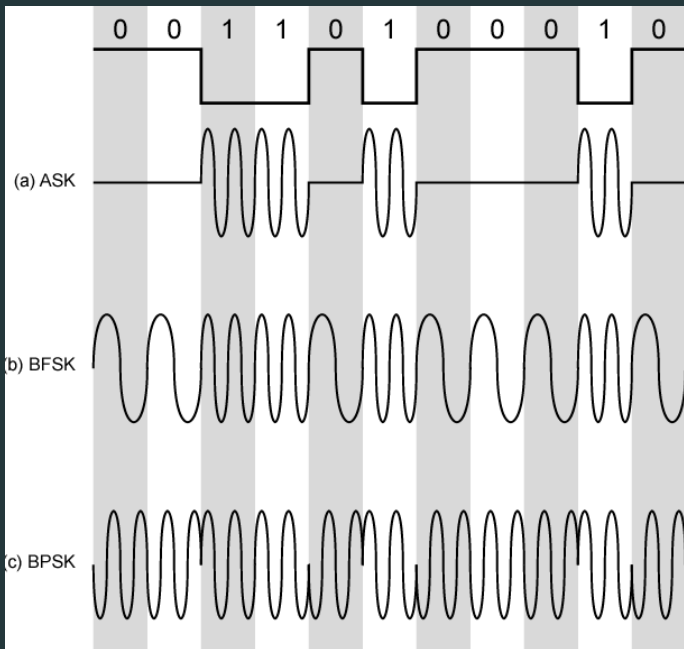
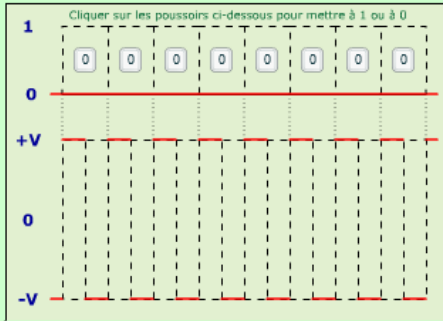


FIG. 2. Flux binaire à 1 Mbps.





# Codage des signaux binaires



Information !

Code Manchester  
(codage biphasé)

bit=1 : front montant

bit=0 : front descendant

## Type de codage

Choisir un type de codage

- ☐ NRZ
- ☐ RZ
- ☐ NRZI
- ☒ Manchester
- ☐ Miller

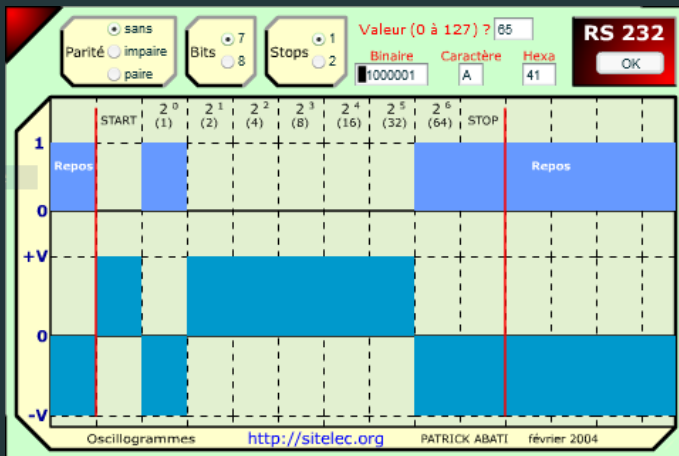
Patrick ABATI janvier 2009

<http://sitelec.org>

<https://sitelec.org/cours/abati/flash/codage.htm>

## Communication série

---



<https://sitelec.org/cours/abati/flash/rs232.htm>

### Exo #1

La liaison RS-232 est un bus de communication de type :

- série asynchrone
- série synchrone
- parallèle

### Éléments de correction

- ✓ série asynchrone
- ✗ série synchrone
- ✗ parallèle

## Exo #2

En se référant aux brochages de FIG. 3, complétez le câblage du microcontrôleur avec le connecteur DB9 et le CI MAX232 (Utilisez le 2<sup>e</sup> module uniquement, *i.e*, T2 & R2) sur FIG. 4.

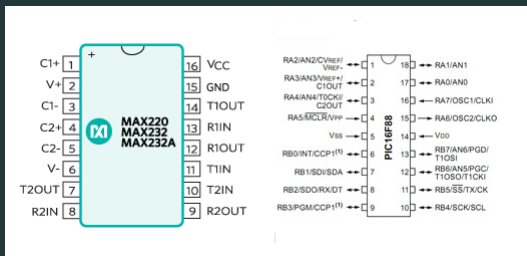


FIG. 3. Pin-out des circuits intégrés.



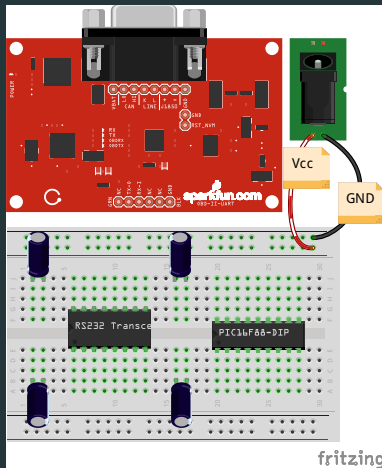


FIG. 4. Câblage possible de la liaison série RS232.

### Exo #3

On rappelle le code ASCII des caractères suivants ('O'=0x30, 'A'=0x41 et 'a'=0x61). On considère une transmission série RS232.

La configuration de la liaison série est :

**Donnée** sur 8 bits;

**Parité** impaire;

**Stop** deux bits de stop.

- ❶ Donnez le message représenté par le chronogramme de FIG. 5.
- ❷ Identifiez où s'est produite l'erreur de transmission.

### Éléments de correction

- ❶ Le message transmis est **eXaMgN**. (65 58 61 4D 65 4E)
- ❷ Il s'agit de vérifier les bits de parité. L'erreur s'est produite au niveau de la transmission du caractère 'g'. En effet, le code ASCII correspondant est 0x67. Le bit de parité se positionne normalement à 0. Par contre, comme indiqué par l'oscillogramme, il est mis à 1.

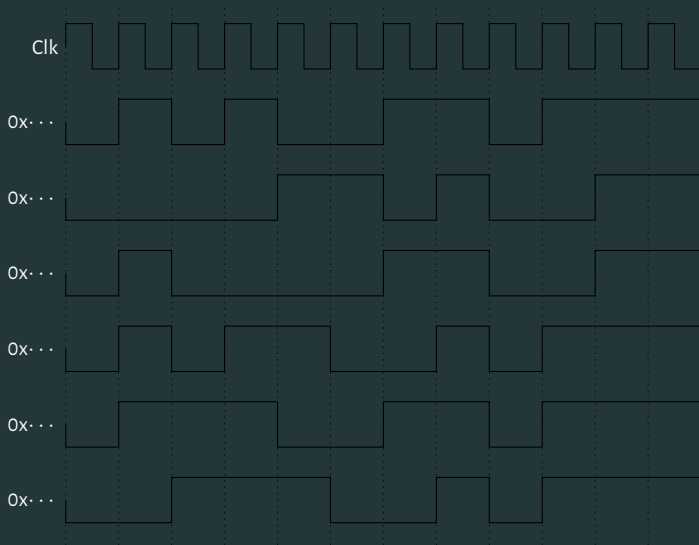
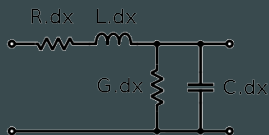


FIG. 5. Oscillogramme d'une communication série RS232.

## Exo #4

Le schéma électrique équivalent d'une portion de ligne de longueur  $dx$  est :



- $R$  est la résistance linéique ( $\Omega/m$ )
- $L$  est l'inductance série linéique ( $H/m$ )
- $C$  est la capacité parallèle linéique ( $F/m$ )
- $G$  est la conductance parallèle linéique ( $S/m$ )

Dans une ligne supposée sans pertes :

- |                           |                                |
|---------------------------|--------------------------------|
| • $R = 0$ et $G = 0$      | • $R = 0$ et $G = \infty$      |
| • $R = \infty$ et $G = 0$ | • $R = \infty$ et $G = \infty$ |

## Éléments de correction

- |                           |                                |
|---------------------------|--------------------------------|
| ✗ $R = 0$ et $G = 0$      | ✓ $R = 0$ et $G = \infty$      |
| ✗ $R = \infty$ et $G = 0$ | ✗ $R = \infty$ et $G = \infty$ |

### Exo #5

Indiquer le rôle du bit de parité dans une trame asynchrone

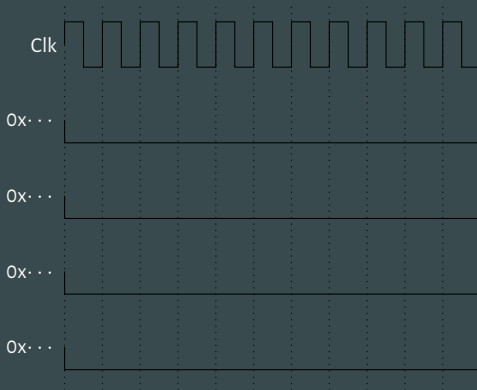
- Synchronisation
- Contrôle d'erreur
- Délimitation de fin

### Éléments de correction

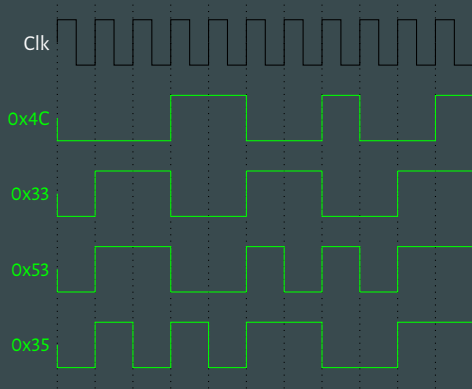
- ✗ Synchronisation
- ✓ Contrôle d'erreur
- ✗ Délimitation de fin

### Exo #6

On se propose de transmettre, sur une liaison série, le message suivant **"L3S5"**. Chaque donnée transmise est codée sur 8 bits. La parité est impaire. Un seul bit de stop est envisagé. Tracez les chronogrammes correspondants sur le graphe ci-dessous :



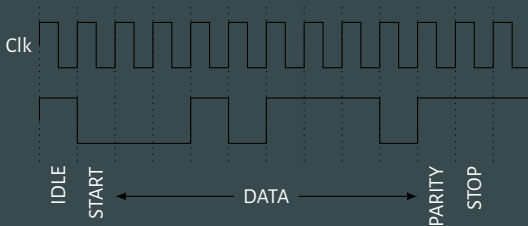
### Éléments de correction



## Exo #7

Quelle est l'efficacité de cette transmission numérique ?

- $8/11$
- $11/8$



## Éléments de correction

- ✓  $8/11$
- ✗  $11/8$



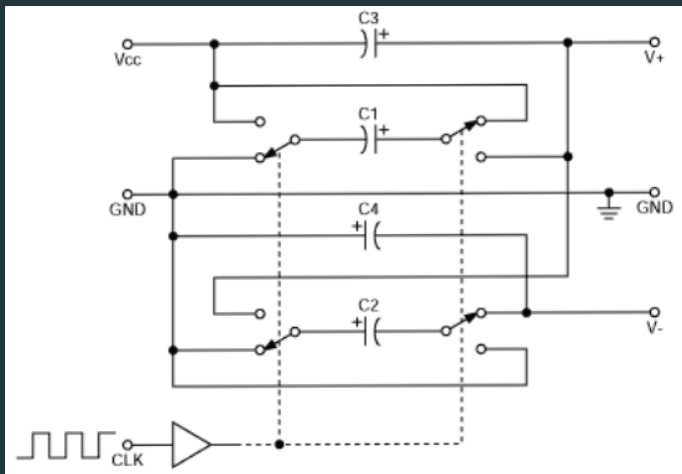


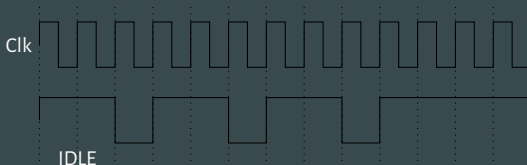
FIG. 6. Schéma équivalent - MAX232.

### Exo #8

La liaison série est paramétrée de la manière suivante :

- Donnée sur 7 bits
- Parité paire
- 2 bits de stop

On relève la trame suivante :



1. Repérez :

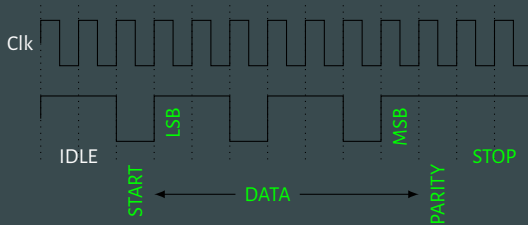
- le bit de start
- le bit de poids fort (MSB)
- le bit de parité
- les bits de donnée
- le bit de poids faible (LSB)
- les bits de stop

2. La donnée transportée est un caractère. Quel est-il?

3. La parité est-elle bonne? Justifiez votre réponse.

## Éléments de correction

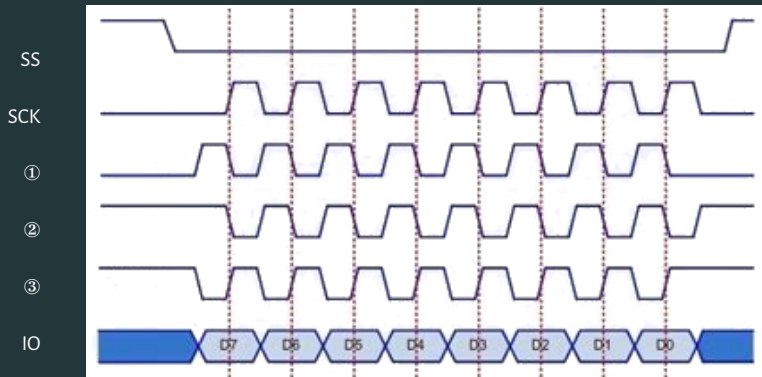
### 1. Repérage



2.  $1011011(2) = 5B(16) = [$
3. Oui, la parité est paire.

### Exo #9

Pour chaque chronogramme, indiquez les deux attributs d'horloge : polarité d'horloge (CPOL) et phase d'horloge (CPHA).



### Éléments de correction

- ❶ CPOL=0 ; CPHA=1
- ❷ CPOL=1 ; CPHA=0
- ❸ CPOL=1 ; CPHA=1

### Exo #10

Dans le domaine de la transmission numérique, que signifie l'acronyme I2C?

- International Interface Circuit
- Injecter 2 Cachets
- Inter Integrated Circuit
- Interface Internet Communication

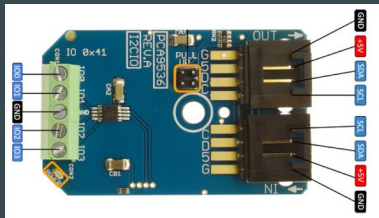
### Éléments de correction

- ✗ International Interface Circuit
- ✗ Injecter 2 Cachets
- ✓ Inter Integrated Circuit
- ✗ Interface Internet Communication

### Exo #11

Si le port I/O0 à I/O3 de l'expander 4 bits PCA9536 est configuré en entrée et en logique négative, une tension de 0V sur le port sera interprétée comme :

- un 0 logique
- un 1 logique



### Éléments de correction

- ✗ un 0 logique
- ✓ un 1 logique

### Exo #12

Lorsqu'un octet de donnée est transmis par une liaison série I2C, quel bit est envoyé en premier dans l'ordre chronologique ?

- ça dépend du protocole
- le bit de poids faible
- le bit de poids fort

### Éléments de correction

- ✗ ça dépend du protocole
- ✗ le bit de poids faible
- ✓ le bit de poids fort



### Exo #13

Combien de signaux sont utilisés sur un BUS I2C ? Donnez leur nom et leur rôle.

### Éléments de correction

- SDA** Signal de données, contenant les octets transmis en série
- SCL** Signal d'horloge, permettant la synchronisation Maître-Esclave
- GND** Masse logique, permettant de fixer au même potentiel de référence les circuits.



MLI

---

On considère le montage de FIG. 7.

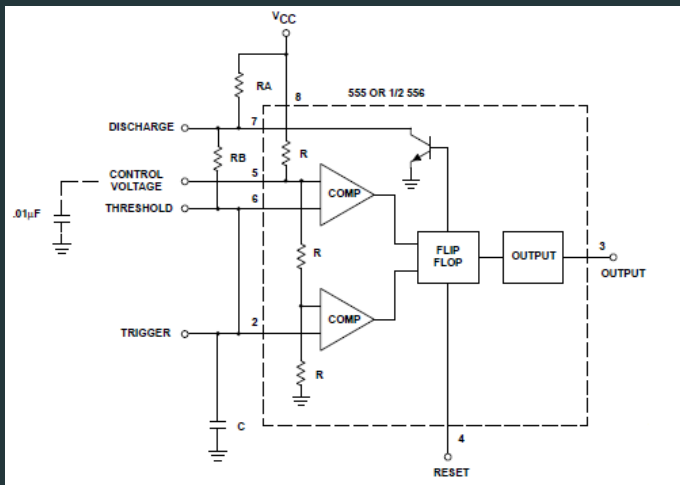
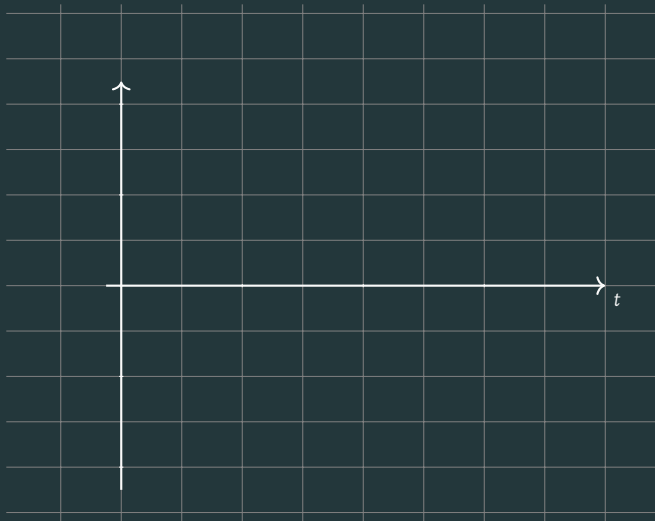


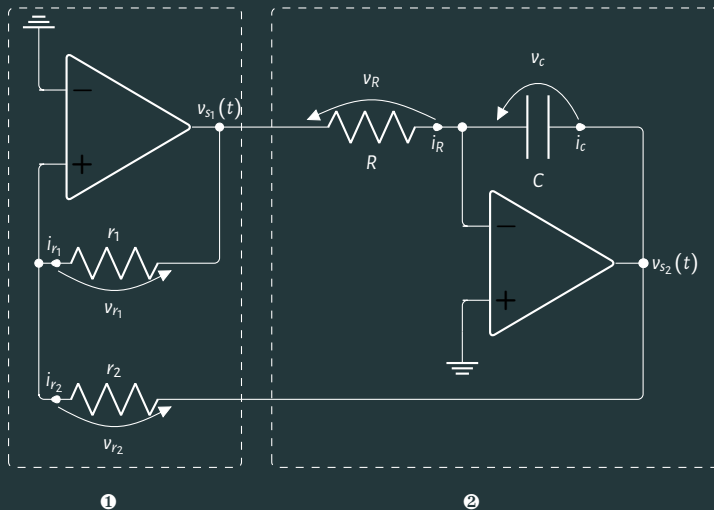
FIG. 7. Montage à base d'un NE555.

### Exo #14

- ❶ Identifiez son mode de fonctionnement.
- ❷ Décrivez la forme du signal de sortie.
- ❸ Donnez les allures de la tension aux bornes de C et de la tension de sortie.
- ❹ Déterminez l'expression de la période  $T$  du signal de sortie.
- ❺ Déterminez l'expression du rapport cyclique  $\delta$ .
- ❻ Modifiez le montage précédent afin d'avoir un rapport  $\delta = 50\%$ .



On considère le montage suivant :



## Exo #15

1. Identifier la fonction réalisée par chacun des blocs ① et ②.
2. Déterminer les valeurs possibles de la sortie  $v_{s1}$  du premier amplificateur.
3. Soit  $\alpha = r_1/(r_1+r_2)$ . Montrer que les deux valeurs possibles du potentiel  $v^+$  du premier ampli-op s'écrivent comme suit :

$$v^+ = \pm (1 - \alpha) V_{\text{sat}} + \alpha v_{s2}$$

4. En déduire les valeurs de  $v_{s2}$  pour lesquelles le potentiel  $v^+$  du premier bloc s'annule.
5. Établir l'expression de  $v_{s2}$  du second bloc ② en fonction  $v_{s1}$ .
6. Au fait, la sortie  $v_{s1}$  est un signal carré comme indiqué sur le graphe ci-après. Le condensateur étant initialement déchargé, tracer l'allure d'évolution de  $v_{s2}$ .
7. Montrer que la période d'oscillation de ce montage est :

$$T = 4 \frac{r_2}{r_1} RC.$$



### Éléments de correction (1/4)

① La fonction réalisée par chaque bloc est :

① Trigger de Schmitt

② Amplificateur intégrateur inverseur

② Contre réaction positive  $\rightarrow$  Régime de saturation  $\rightarrow v_{s1} = \pm V_{sat}$

③ En appliquant Millman, on trouve :

$$\begin{aligned}
 v^+ &= \frac{\frac{v_{s1}}{r_1} + \frac{v_{s2}}{r_2}}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} \\
 &= \frac{r_2 v_{s1} + r_1 v_{s2}}{r_1 + r_2} \\
 &= (1 - \alpha) v_{s1} + \alpha v_{s2}
 \end{aligned}$$

Avec  $v_{s1} = \pm V_{sat}$ , alors :

$$v^+ = \pm(1 - \alpha)V_{sat} + \alpha v_{s2}$$

## Éléments de correction (2/s)

④ Quand  $v^+$  s'annule, nous avons :

$$v_{s2} = \pm \frac{(1 - \alpha)}{\alpha} V_{\text{sat}} = \pm \frac{r_2}{r_1} V_{\text{sat}}$$

Si  $v_{s1} = +V_{\text{sat}}$  alors  $v^+$  s'annule pour  $v_{s2} = -\frac{(1 - \alpha)}{\alpha} V_{\text{sat}}$

Si  $v_{s1} = -V_{\text{sat}}$  alors  $v^+$  s'annule pour  $v_{s2} = +\frac{(1 - \alpha)}{\alpha} V_{\text{sat}}$

⑤ L'expression de la tension  $v_{s2}$  est :

$$v_{s2} = -\frac{1}{RC} \int v_{s1}(t) dt$$

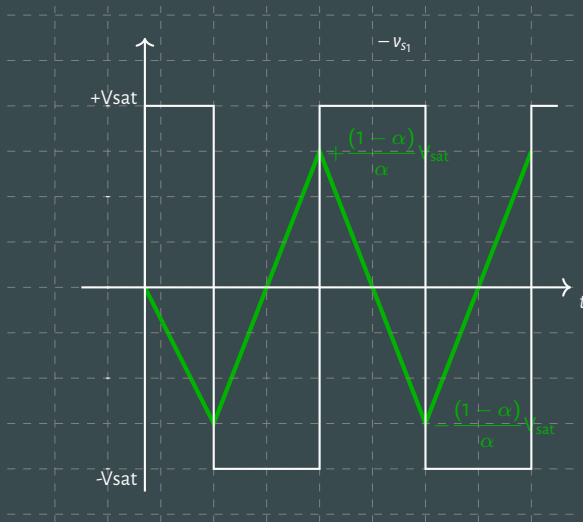
## Éléments de correction (3/s)

⑥ Nous envisageons les deux cas limites :

$$\text{Si } v_{s1} = +V_{\text{sat}} \text{ alors } v_{s2} = -\frac{1}{RC}V_{\text{sat}}t + \text{cte}_1$$

$$\text{Si } v_{s1} = -V_{\text{sat}} \text{ alors } v_{s2} = \frac{1}{RC}V_{\text{sat}}t + \text{cte}_2$$

La tension  $v_{s1}$  change de valeur quand le potentiel  $v^+$  du bloc ① s'annule et change de signe. Il en découle que :  $\text{cte}_1 = -\frac{(1-\alpha)}{\alpha}V_{\text{sat}}$  et  $\text{cte}_2 = \frac{(1-\alpha)}{\alpha}V_{\text{sat}}$

Éléments de correction ( $^\circ/\text{s}$ )

## Éléments de correction (3/s)

⑦ Calcul de la période d'oscillation :

Si  $v_{s1} = -V_{\text{sat}}$ , on a

$$v_{s2} = \frac{1}{RC} V_{\text{sat}} t - (1 - \alpha) V_{\text{sat}}$$

Quand  $v_{s1}$  passe à  $+V_{\text{sat}}$ ,  $v_{s2} = \frac{(1 - \alpha)}{\alpha} V_{\text{sat}}$ .

$$\frac{1}{RC} V_{\text{sat}} t - \frac{(1 - \alpha)}{\alpha} V_{\text{sat}} = \frac{(1 - \alpha)}{\alpha} V_{\text{sat}}$$

On en déduit :

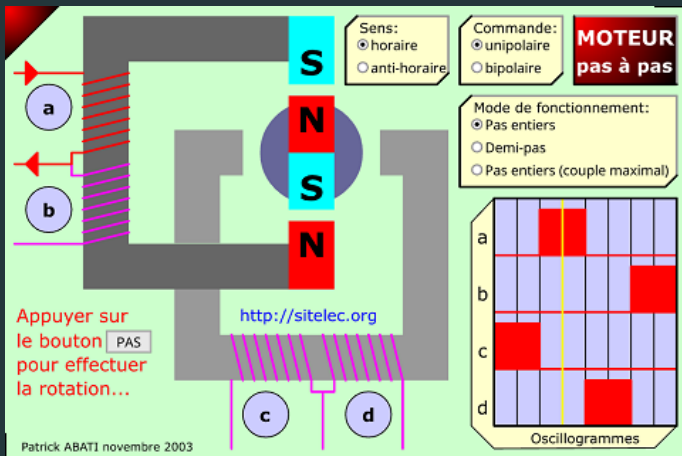
$$t = 2RC \frac{1 - \alpha}{\alpha}$$

Sachant que  $\alpha = \frac{r_1}{r_1 + r_2}$ , alors :

$$T = 4RC \frac{r_2}{r_1}$$

## Moteur pas-à-pas

---



<https://sitelec.org/cours/abati/flash/pas.htm>

ROS2

---





# Table des codes ASCII et leur correspondance (0→127) (1/2)

Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char
0	00	NUL	16	10	DLE	32	20	□	48	30	0
1	01	SOH	17	11	DC1	33	21	!	49	31	1
2	02	STX	18	12	DC2	34	22	"	50	32	2
3	03	ETX	19	13	DC3	35	23	#	51	33	3
4	04	EOT	20	14	DC4	36	24	\$	52	34	4
5	05	ENQ	21	15	NAK	37	25	%	53	35	5
6	06	ACK	22	16	SYN	38	26	&	54	36	6
7	07	BEL	23	17	ETB	39	27	'	55	37	7
8	08	BS	24	18	CAN	40	28	(	56	38	8
9	09	HT	25	19	EM	41	29	)	57	39	9
10	0A	LF	26	1A	SUB	42	2A	*	58	3A	:
11	0B	VT	27	1B	ESC	43	2B	+	59	3B	;
12	0C	FF	28	1C	FS	44	2C	,	60	3C	<
13	0D	CR	29	1D	GS	45	2D	-	61	3D	=
14	0E	SO	30	1E	RS	46	2E	.	62	3E	>
15	0F	SI	31	1F	US	47	2F	/	63	3F	?

# Table des codes ASCII et leur correspondance (0→127) (2/2)

Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char
64	40	@	80	50	P	96	60	`	112	70	p
65	41	A	81	51	Q	97	61	a	113	71	q
66	42	B	82	52	R	98	62	b	114	72	r
67	43	C	83	53	S	99	63	c	115	73	s
68	44	D	84	54	T	100	64	d	116	74	t
69	45	E	85	55	U	101	65	e	117	75	u
70	46	F	86	56	V	102	66	f	118	76	v
71	47	G	87	57	W	103	67	g	119	77	w
72	48	H	88	58	X	104	68	h	120	78	x
73	49	I	89	59	Y	105	69	i	121	79	y
74	4A	J	90	5A	Z	106	6A	j	122	7A	z
75	4B	K	91	5B	[	107	6B	k	123	7B	{
76	4C	L	92	5C	\	108	6C	l	124	7C	
77	4D	M	93	5D	]	109	6D	m	125	7D	}
78	4E	N	94	5E	^	110	6E	n	126	7E	~
79	4F	O	95	5F	_	111	6F	o	127	7F	DEL

### Références

---

- [SA22] M. SADIKU et C. AKUJUOBI. *Fundamentals of Computer Networks*. Springer International Publishing, 2022 (cf. p. 6).
- [Sta13] W. STALLINGS. *Data and Computer Communications*. 10<sup>e</sup> éd. Pearson, sept. 2013.
- [Whi15] C. WHITE. *Data Communications and Computer Networks : A Business User's Approach*. Cengage Learning, 2015.