

Examen du 07 Janvier 2019

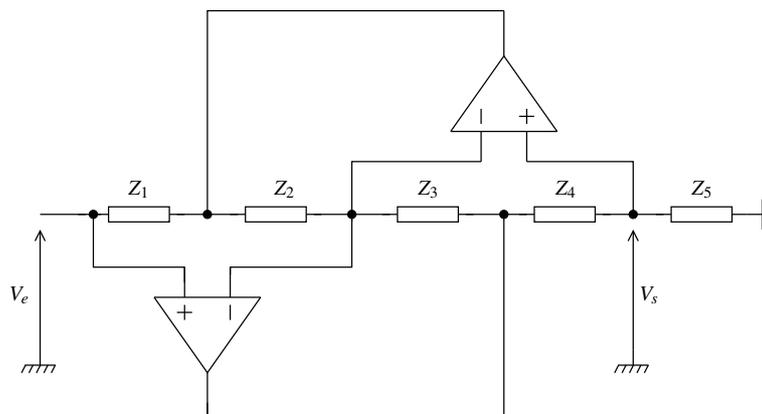
Durée : 2h30

Tous documents autorisés, calculatrices autorisées.

Le sujet est très long ce qui lui permet d'être varié et de couvrir au maximum les différents aspects du cours. Vous n'aurez sans doute pas le temps de tout faire. Les différents problèmes et exercices sont indépendants les uns des autres. Il en est de même, dans la mesure du possible, des différentes questions au sein de chacun des problèmes et exercices proposés. Afin de vous aider à gérer votre temps, et en particulier, pour vous éviter de chercher des solutions compliquées à des questions simples et de vous lancer inutilement dans des calculs compliqués, un temps de référence pour chaque exercice et parfois pour certaines questions vous est proposé. Le temps total de l'exercice ou problème est indiqué dans le titre. Les temps intermédiaires sont parfois indiqués dans les questions.

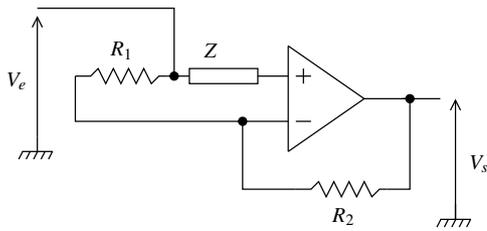
## 1 [33 mn] Convertisseur d'impédance généralisé.

On considère le quadripôle suivant :



1. [11 mn] Donnez tous les paramètres du modèle général de Thévenin de ce quadripôle en supposant les AOP idéaux en mode linéaire.
2. On cherche à valider l'hypothèse : "AOP en mode linéaire".

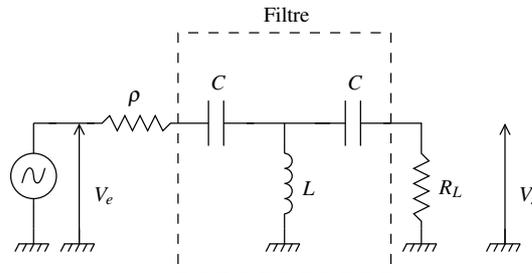
Pour cela, on étudie le montage suivant :



- (a) [11 mn]  $R_1$  et  $R_2$  étant des résistances, démontrez que ce montage est stable quelle que soit la nature de  $Z$ .
- (b) [03 mn] Comment la stabilité de ce montage permet-elle de valider l'hypothèse "AOP en mode linéaire" ?

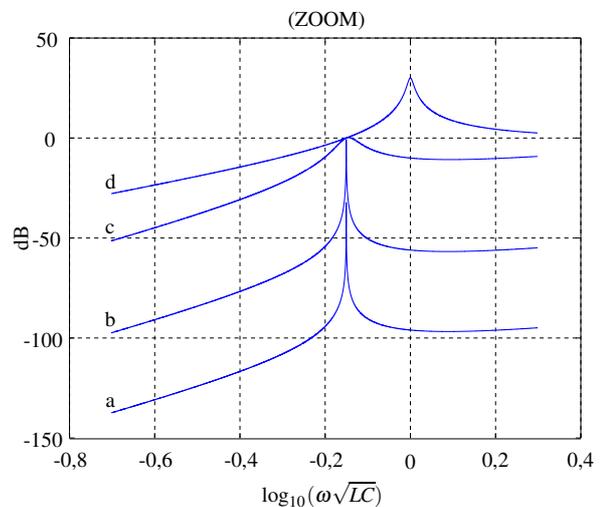
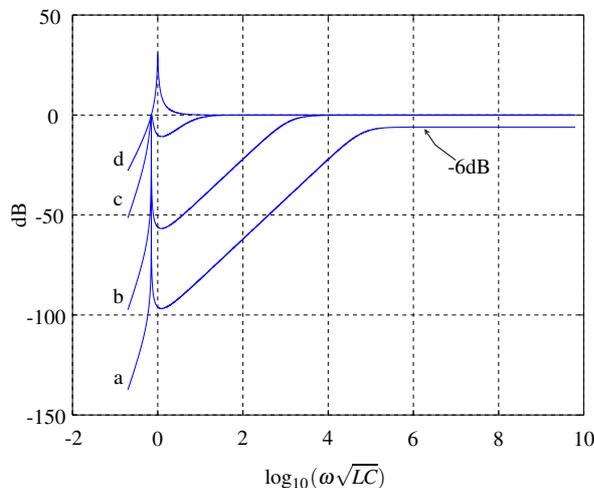
Les paramètres de l'AOP sont  $f_0 = 10\text{Hz}$ ,  $A_0 = 10^6$ ,  $R_d = \infty$ ,  $\rho = 0$ .

3. [01 mn] Comment choisir  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  et  $Z_5$ , pour que l'impédance d'entrée  $Z_e$  du quadripôle soit de  $10^6$  Henry ?
4. On se propose de réaliser le filtre suivant :



Ce type de filtre est dit filtre en T.

- (a) [01 mn] Pourquoi ce type de filtre n'a-t-il de sens que si l'on considère  $R_L \neq \infty$  ?
- (b) [02 mn] Montrez que  $V_s = \frac{R_L}{\rho + Z_C + \left[ \frac{Z_L}{Z_L + (Z_C + R_L)} \right]} \frac{Z_L}{Z_L + Z_C + R_L} V_e$
- (c) [06 mn] Le Tracé de  $\left( \frac{V_s}{V_e} \right)_{\text{dB}}$  pour  $\rho = 50\Omega$ ,  $L=10^6\text{H}$ ,  $C=100\text{nF}$  avec  $R_L \in \{50\Omega, 5\text{k}\Omega, 1\text{M}\Omega, \infty\}$  donne :



- Attribuez chacune des courbes à sa valeur de  $R_L$ . Vous préciserez dans quel cas vous êtes sûr et dans quel cas c'est probable.

- Quelle configuration utiliseriez-vous pour réaliser un filtre passe bande étroit et quelle configuration n'utiliseriez-vous surtout pas ?

(d) [01 mn] Proposez un circuit qui réalise cette réponse fréquentielle sans inductance.

(e) [01 mn] Le circuit que vous proposez a-t-il des chances de fonctionner. Qu'est ce qui pourrait prévenir son fonctionnement ?

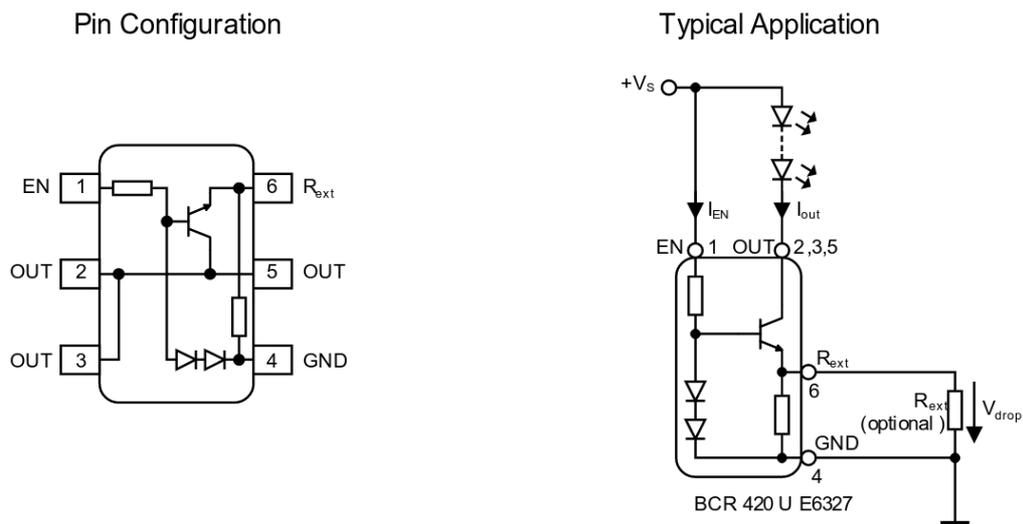
## 2 [25 mn] Contrôle du courant dans une charge inconnue.

Les fêtes viennent de se terminer, et de nombreuses guirlandes sont encore en place. Elles n'ont pas toutes la même longueur. Lorsqu'elles sont constituées de LEDs, elles peuvent contenir 10, voire 20 LEDs montées en séries.

1. Donnez le schéma permettant de faire fonctionner correctement une guirlande de 10 LEDs vertes au au phosphore de gallium présentant une tension de seuil de l'ordre de 1,5 V avec une alimentation de 48 V.
2. Pour fonctionner correctement, les LEDs doivent être traversées par un courant de 10 mA. Quelles sont les valeurs des résistances de polarisation nécessaires pour des guirlandes de 10 et 20 LEDs ?
3. Ces résultats varient ils avec la couleur des LEDs ?

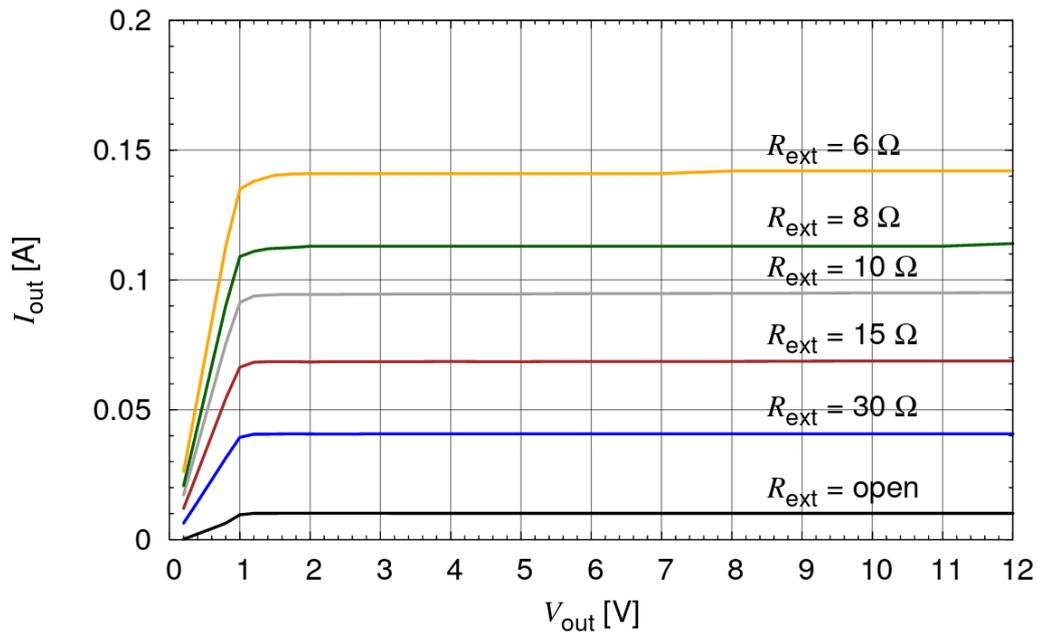
Il n'est pas très commode de devoir recalculer la résistance pour chaque guirlande. On aimerait disposer d'un circuit d'alimentation en courant qui soit indépendant, dans la mesure du possible, de la charge.

Le constructeur INFINEON propose un driver de LEDs dont voici un extrait de la documentation :



4. Combien de guirlandes peut on éventuellement alimenter ?
5. En supposant le système correctement polarisé, donnez la valeur approximative de  $V_{drop}$
6.  $R_{int}$  est la résistance connectée en interne entre les pattes 6 et 4. Quel est le courant passant dans  $R_{int} // R_{ext}$  ?
7. En déduire le courant dans la charge ; ici les LEDs.

8. Le constructeur fournit les courbes suivantes :

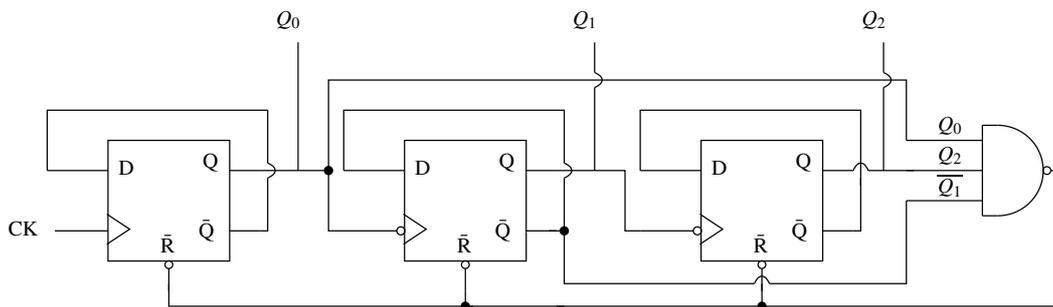


**BCR 420U: Output Current versus  $V_{out}$**   $I_{out} = f(V_{out})$ ,  $V_{EN} = 40$  V,  $R_{ext} =$  Parameter

- Déduisez en la valeur de  $R_{int}$
- Expliquez qualitativement l'allure de ces courbes
- En déduire une valeur de  $V_{CEsat}$ .

### 3 [15 mn] Logique

Soit le montage suivant :



- Quelle fonction réalise chaque bascule ?
- En déduire ce que le concepteur du schéma a voulu réaliser.
- A l'aide d'un chronogramme, mettez en évidence un aléa possible dans le fonctionnement de ce montage.
- Proposez une solution synchrone avec les mêmes bascules qui permette de l'éviter. Le signal de reset ne sera donc pas utilisé.

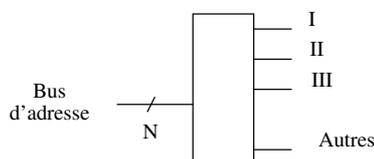
## 4 [15 mn] Microcontrôleur

Un microcontrôleur travaille en interne avec des adresses allant de 0X000 à 0x3FF.

1. Quelle est la taille du bus d'adresse ?
2. La mémoire est cartographiée en 3 zones. La troisième zone contient deux sous zones :

Zone :	de : Adresse Basse	à : Adresse Haute
I	0X000	0X0FF
II	0X280	0X37F
III <sub>1</sub>	0X200	0X23F
III <sub>2</sub>	0x13F	0X180

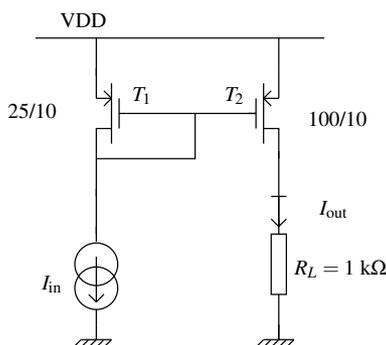
Donnez la réalisation logique la plus simple, en la justifiant par un ou plusieurs tableaux de Karnaugh, du circuit suivant :



qui décode les zones d'adresse en logique positive. Ainsi la sortie I doit être VRAIE lorsque l'adresse présente sur le bus de donnée est dans la zone I, la sortie II lorsque l'adresse est dans la zone II etc ... Enfin la sortie Autres est VRAIE lorsque l'adresse ne se situe dans aucun des intervalles précédents.

## 5 [10 mn] Amplificateur de courant

Le montage miroir suivant peut être utilisé comme un amplificateur de courant :



1. Expliquez pourquoi le MOS  $T_1$  de ce montage, dont vous préciserez la nature, est polarisé de telle sorte que :

$$I_{DS} = -\frac{1}{2}k\frac{W}{L}(V_{GS} - V_T)^2(1 + \lambda V_{DS})$$

Le rapport  $\frac{W}{L}$  de chacun des transistors est indiqué sur le schéma.

$$I_{in}(t) = I_{i0} + i_{in}(t) \text{ et } I_{out}(t) = I_{o0} + i_{out}(t).$$

On suppose le MOS  $T_2$  dans le même état que le MOS  $T_1$ .

2. Donnez la relation entre  $I_{i0}$  et  $I_{o0}$  pour  $\lambda = 0$

3. Donnez :

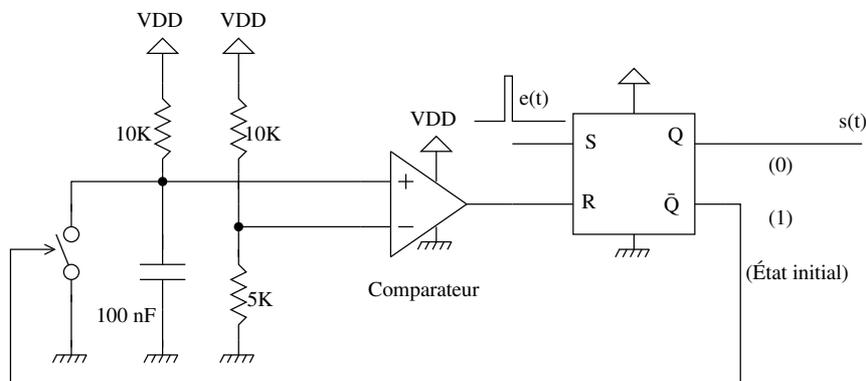
(a) le gain en courant  $\frac{i_{out}}{i_{in}}$

(b) l'impédance d'entrée pour le petit signal vue par le générateur en fonction de la résistance d'Early  $r_0$  et de la transconductance  $g$  du premier transistor

(c) l'impédance de sortie pour le petit signal vue par la charge  $R_L$ , en fonction des mêmes paramètres, c'est-à-dire  $r_0$  et  $g$  du transistor  $T_1$ .

## 6 [20 mn] Monostable

On considère le montage suivant :



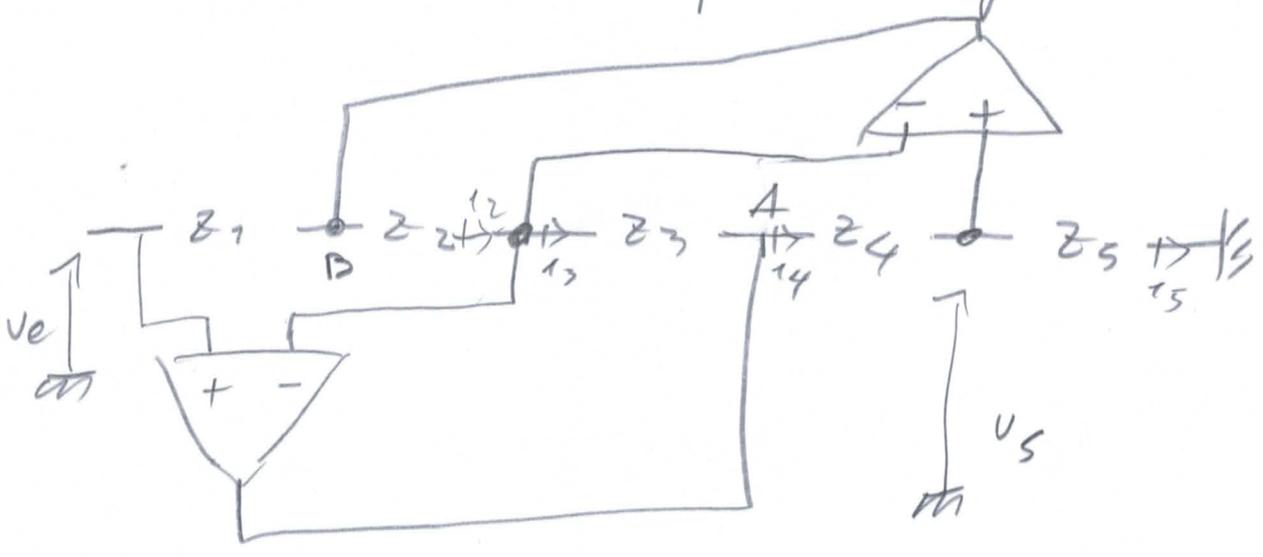
— L'interrupteur est en logique positive, c'est-à-dire qu'il est ouvert quand sa commande est à zéro. Il est donc fermé dans l'état initial.

—  $e(t)$  est une impulsion de tension courte devant la constante temps de charge du condensateur.  $e(t)$  vaut initialement zéro.

1. Donnez les chronogrammes détaillés de  $V^+$ ,  $V^-$ , R, S, Q et  $\bar{Q}$  en fonction de celui de  $e(t)$ .

2. Précisez en particulier la durée de l'impulsion de sortie.

# 1 Conversion d'impédance opératoire



$$\frac{v_s}{v_e} \Big|_{v_s=0} = 1 \quad \forall z_2 \Rightarrow \boxed{z_5 = 0}$$

$$i_4 = \frac{v_s}{z_5} \Rightarrow v_A = v_s + z_4 i_4 = v_s + v_s \frac{z_4}{z_5}$$

$$v_A = v_s \left( \frac{z_5 + z_4}{z_5} \right)$$

$$\Rightarrow i_3 = \frac{v_s - v_A}{z_3} = \frac{v_s}{z_3} - \frac{v_s}{z_3} \left( \frac{z_5 + z_4}{z_5} \right)$$

$$= v_s \left( \frac{z_5 - z_5 - z_4}{z_3 z_5} \right) = v_s \frac{-z_4}{z_3 z_5}$$

$$i_2 = i_3$$

$$V_B = V_S + z_2 i_2$$

$$= V_S - \frac{z_2 z_4}{z_3 z_5} V_S$$

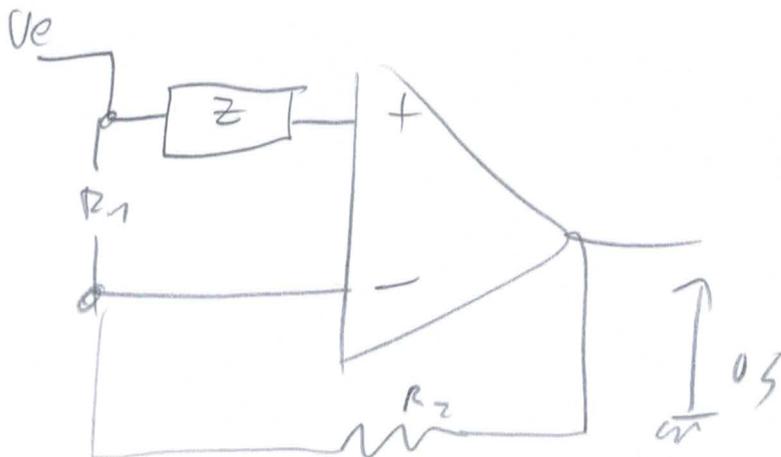
$$V_B = V_S \left( \frac{z_3 z_5 - z_2 z_4}{z_3 z_5} \right)$$

$$i_1 = \left( V_e - V_c \frac{z_3 z_5 + z_2 z_4}{z_3 z_5} \right) \frac{1}{z_1}$$

$$i_1 = V_e \frac{z_3 z_5 - z_2 z_4 + z_2 z_4}{z_1 z_3 z_5}$$

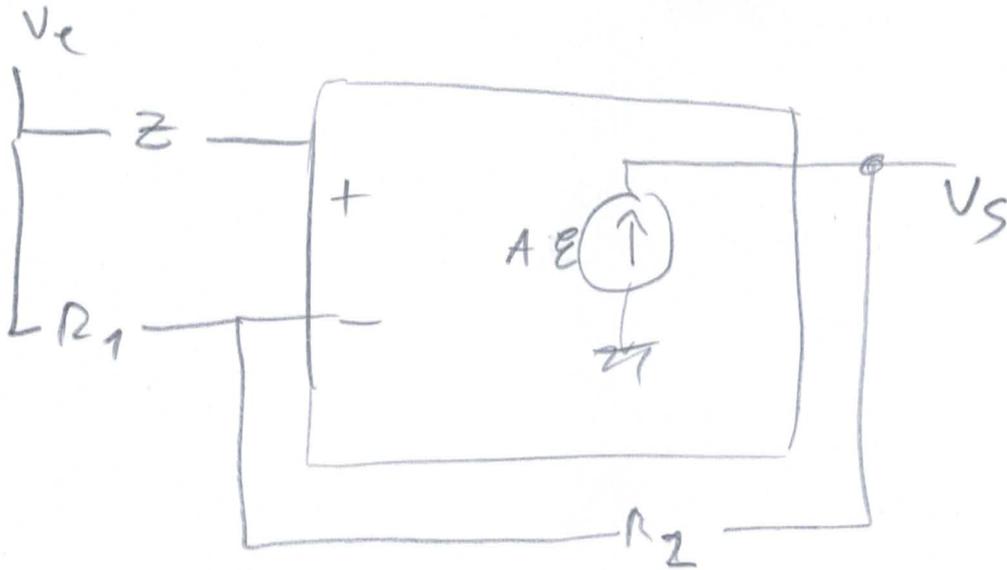
$$Z_{in} = \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4} z_5$$

2/ Validation de l'hypothèse AOP en mode Linéaire



Avec modèle de l'AO

(3)



$$E = \cancel{V_e} - \left[ \cancel{V_e} + (V_s - V_e) \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right]$$

$$E = (V_e - V_s) \frac{R_1}{R_1 + R_2} = A V_s$$

$$G_0 = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

$$V_s \left( A - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) = V_e \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_s \left( A_0 - \frac{1}{G_0} \right) = V_e \frac{1}{G_0}$$

$$\tau_0 = \frac{1}{\omega_0}$$

$$V_s (A_0 G_0 - 1) = V_e$$

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{A_0 G_0 - 1} = \frac{1}{\frac{A_0}{1 + \tau_0 P} - 1} = \frac{1 + \tau_0 P}{A_0 - 1 - \tau_0 P}$$

$$1 + \tau_0 P - A_0 G_0 = 0$$

$$(A_0 G_0 \gg 1)$$

$$P = \frac{A_0 G_0 - 1}{\tau_0} > 0 \rightarrow \text{stable}$$

3)

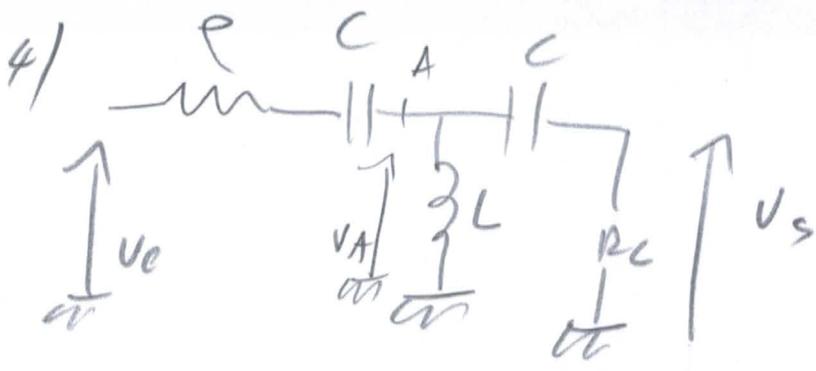
On veut  $Z_m = \frac{Z_1 Z_3}{Z_2 Z_4} Z_5 = jL\omega \quad L = 10^6$

$$Z_m = \frac{R_1 R_3}{R_2} \frac{1}{j\omega C} R_5 = j 10^6 \omega$$

$$= j C \frac{R_1 R_3 R_5}{R_2} \omega = j 10^6 \omega$$

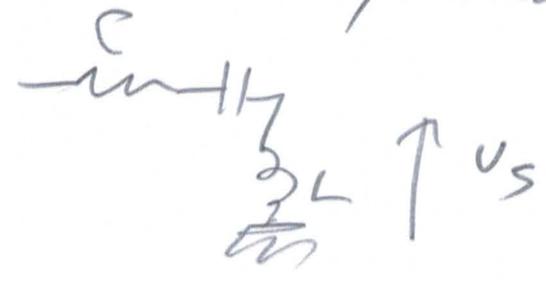
Par exemple  $\boxed{\frac{R_1 R_3 R_5}{R_2} C = 10^6}$

$$\left\{ \begin{array}{l} C = 1 \mu F \\ \frac{R_1 R_3 R_5}{R_2} = 10^{12} \\ R_2 = 1000 \\ R_1 R_3 R_5 = 10^{15} \\ R_1 = R_3 = R_5 = 10^5 \Omega = 100 \text{ k}\Omega \end{array} \right.$$



Si  $R_c \rightarrow \infty$   $\Rightarrow$  pas de courant dans la 2<sup>ème</sup> capa  
 $\Rightarrow$  pas de charges  
 $\Rightarrow$   $V_A$  ses bornes = 0

a) le schéma est équivalent à



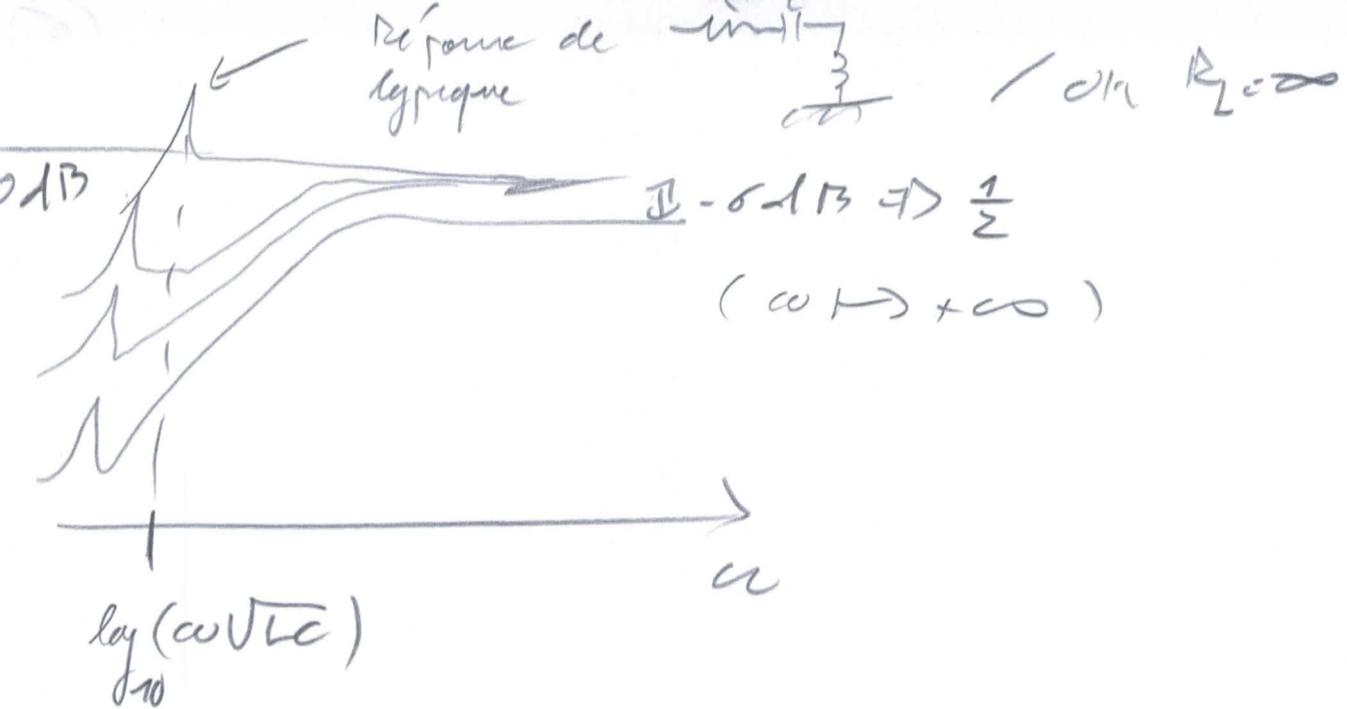
b) 
$$V_s = V_A \cdot \frac{R_c}{Z_c + R_c}$$

$$V_A = \frac{Z_L \parallel (R_c + Z_c)}{Z_L \parallel (R_c + Z_c) + Z_c + R_c} V_e$$

D'où 
$$V_s = \frac{Z_L (R_c + Z_c)}{R_c + Z_c + Z_L} \cdot \frac{R_c}{Z_c + R_c} V_e$$

$$V_s = \frac{R_c}{R_c + Z_c + Z_L \parallel (R_c + Z_c)} \cdot \frac{Z_L}{R_c + Z_c + Z_L}$$

$\rightarrow$  Permet le calcul numérique facile



$$\omega_{LC} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \omega\sqrt{LC} = \frac{\omega}{\omega_{LC}}$$

A cette fréquence  $\frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{jC \frac{1}{\sqrt{LC}}} = \frac{1}{j\sqrt{\frac{C}{L}}} = -j\sqrt{\frac{L}{C}}$

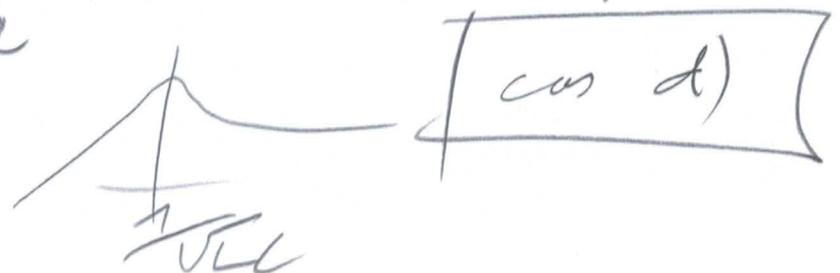
$$jL\omega = jL \frac{1}{\sqrt{LC}} = j\sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$\Rightarrow Z_C + Z_L = 0$$

Dans  $\frac{V_s}{V_e} = \frac{R_L}{R + Z_C [Z_L || (Z_C + R_L)]} \frac{Z_L}{Z_L}$

Quand  $R_L \rightarrow +\infty$

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{Z_L}{R + Z_C + Z_L} \text{ OK } \rightarrow \text{RLC classique}$$



Quand  $\omega \rightarrow +\infty$   $Z_C \rightarrow 0$   
 $Z_L \rightarrow +\infty$

$$Z_L \parallel (Z_C + R_L) \rightarrow R_L \text{ (cos)}$$

$$\frac{V_s}{V_e} \rightarrow \frac{R_L}{R + R_L} \frac{Z_L}{Z_L} \text{ si } R_L = 50 \Omega \text{ (P)}$$

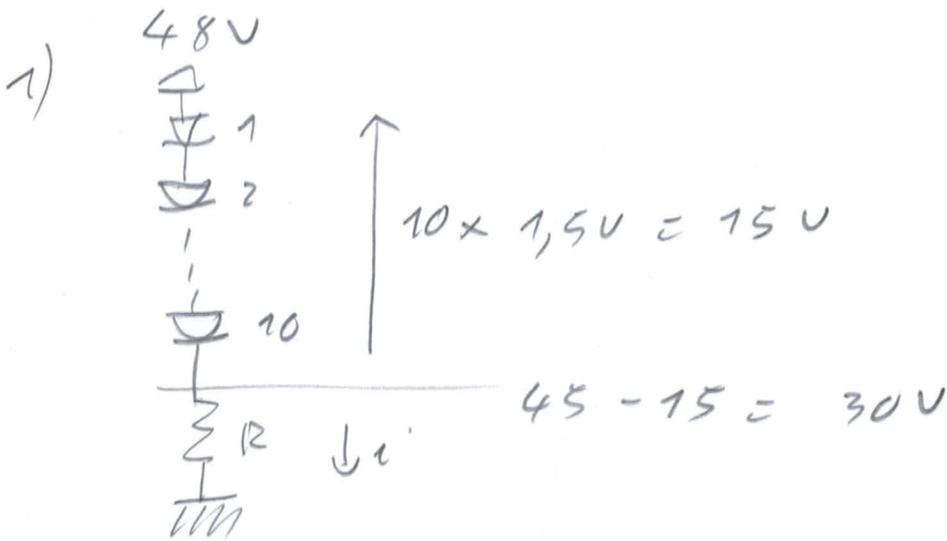
$$\frac{V_s}{V_e} \rightarrow \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{\cos \alpha}$$

- On utilise surtout pas le cas  $R_L = \infty$   
 J'utilise a priori le cas b) ou a)

d) On recalcule l'inductance avec le circuit de la question 1 et les valeurs calculées tel que en question 3)

e) On a pas tenu compte de la résistance interne de la bobine

# Contrôle du courant dans une charge inconnue (1)



$i = 10 \text{ mA} \Rightarrow R = \frac{30}{10^{-2}} = 3 \text{ K}$

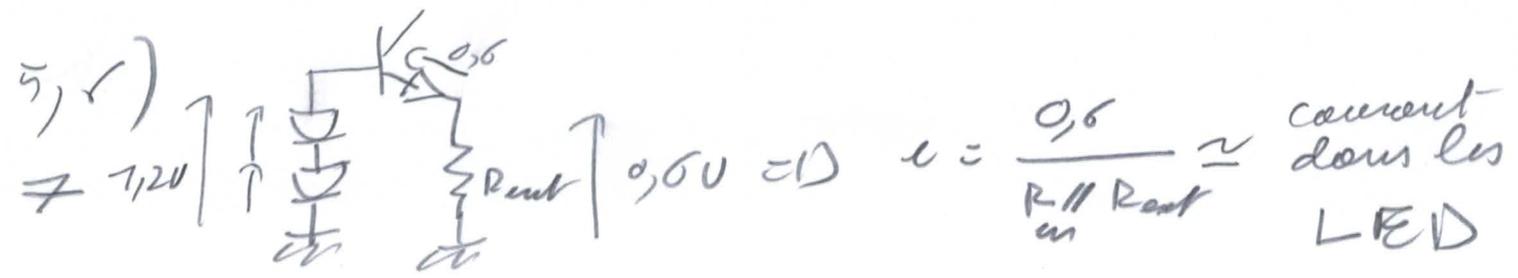
2) Pour 20 Led :  $R = \frac{15}{10^{-2}} = 1,5 \text{ K}$

3) sur ce la tension de travail des LED varie

4) sur le schéma, au port  $\text{OUT}_{\Phi} \overbrace{2,3,5}^{3 \text{ pattes}}$

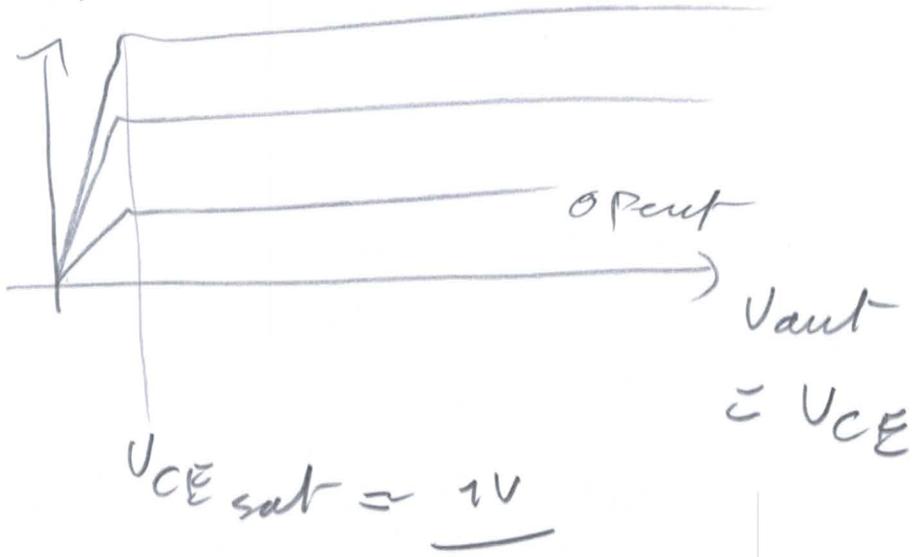
$\Rightarrow$  Prévoir pour 3 guirlandes

5) Vds



8

$I_{CE}$   
||  
 $i_{out}$



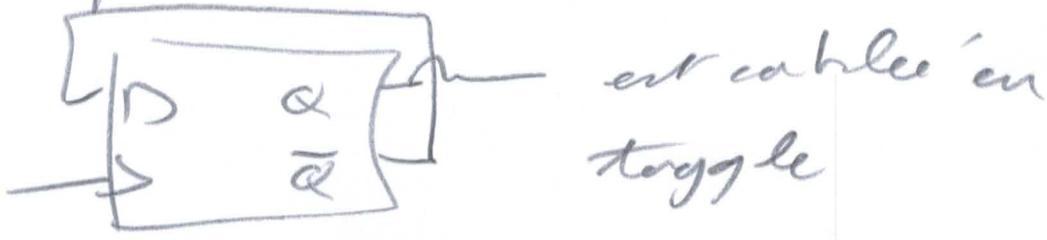
$$i = \frac{0,6}{R_{out}} = 0,01\ A = 10\ mA$$

$$\Rightarrow R_{out} = \frac{0,6}{10\ mA} = 600\ \Omega$$

3

### 3) Logique

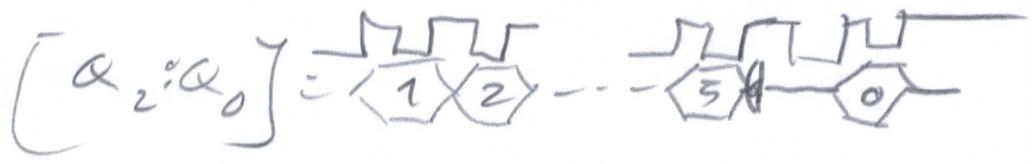
1) chaque bascule :



2) le compteur à donc voulu réaliser un compteur à propagation de retenue à zéro dès qu'il arrive

$$\bar{a} \quad \overline{Q_0 Q_2 Q_1} = 0 \text{ dès que } Q_0 Q_2 Q_1 = 1 \Rightarrow 110 = 6d$$

3) le compteur en sortie



4) solution, réaliser un compteur synchrone 3 bits

5)

RS

J	k	$Q^+ \bar{Q}^+$
00		$Q^+ \bar{Q}^+$
01		0 1
10		1 0
11		$\bar{Q}^+ Q^+$

Table de transition

$Q^- \rightarrow Q^+$	J	k
0 $\rightarrow$ 0	0	x
0 $\rightarrow$ 1	1	x
1 $\rightarrow$ 1	x	0
1 $\rightarrow$ 0	x	1

	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$I_0 k_0$	$I_1 k_1$	$I_2 k_2$
0	0	0	0		0 x	0 x
1	0	0	1		1 x	0 x
2	0	1	0		x 0	0 x
3	0	1	1		x 1	1 x
4	1	0	0		0 x	x 0
5	1	0	1		1 x	x 0
6	1	1	0		x 1	x 1
7	1	1	1		0 x	0 x

$Q_1 \backslash Q_0$	0	1	11	10
0	0 1	x x		
1	0 1	0 x		
$Q_2 \backslash Q_1$	0	1	11	10
0	x x	1 0		
1	x x	x 1		

$I_1 = \bar{Q}_1 Q_0$

$k_1 = Q_2 + Q_0$

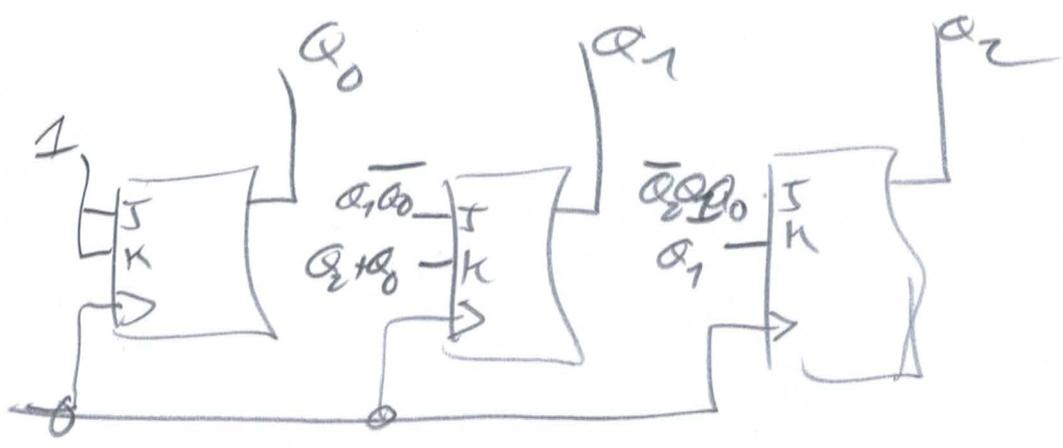
$I_1$

$k_1$

		$Q_1 Q_0$			
		00	01	11	10
$J_2$	0	0	0	1	0
	1	X	X	0	X
$K_2$	0	X	X	X	X
	1	0	0	X	1

$$J_2 = \overline{Q_2} Q_1 Q_0$$

$$K_2 = Q_1$$



# 6. Mem. contrôleur

7 Adresses sur 3 nibbles  $\Rightarrow$  12 bits d'adresse

0x000	<sup>A9A8</sup> 0000	<sup>A7A654</sup> 0000	<sup>321A0</sup> 0000	
0x0FF	0000	1111	1111	I
0x280	0010	1000	0000	II
0x37F	0011	0111	1111	
0x200	0010	0000	0000	III <sub>1</sub>
0x23F	0011	0011	1111	
0x13F	0001	0011	1111	III <sub>2</sub>
0x180	0001	1000	0000	

Toutes plages

Non codent

I

$$I = \overline{A_9A_8} \overline{A_7A_6}$$

A9A8 \ A7A6	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	0	0	0	0
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

(2)

**II**

<del>A7A6</del>	00	01	11	10
A9A8	00	0	0	0
	01	0	0	0
	11	1	1	0
	10	0	0	1

1 2 4 3  
 5 6 8 7  
 13 14 16 15  
 9 10 12 11

$$II = A_9 A_8 \bar{A}_7 + \bar{A}_9 \bar{A}_8 A_7$$

**III<sub>1</sub>**

<del>A7A6</del>	00	01	11	10
A9A8	00	0	0	0
	01	0	0	0
	11	1	0	0
	10	1	1	1

$$III_1 = A_9 \bar{A}_8 + A_7 \bar{A}_7 \bar{A}_6$$

**III<sub>2</sub>**

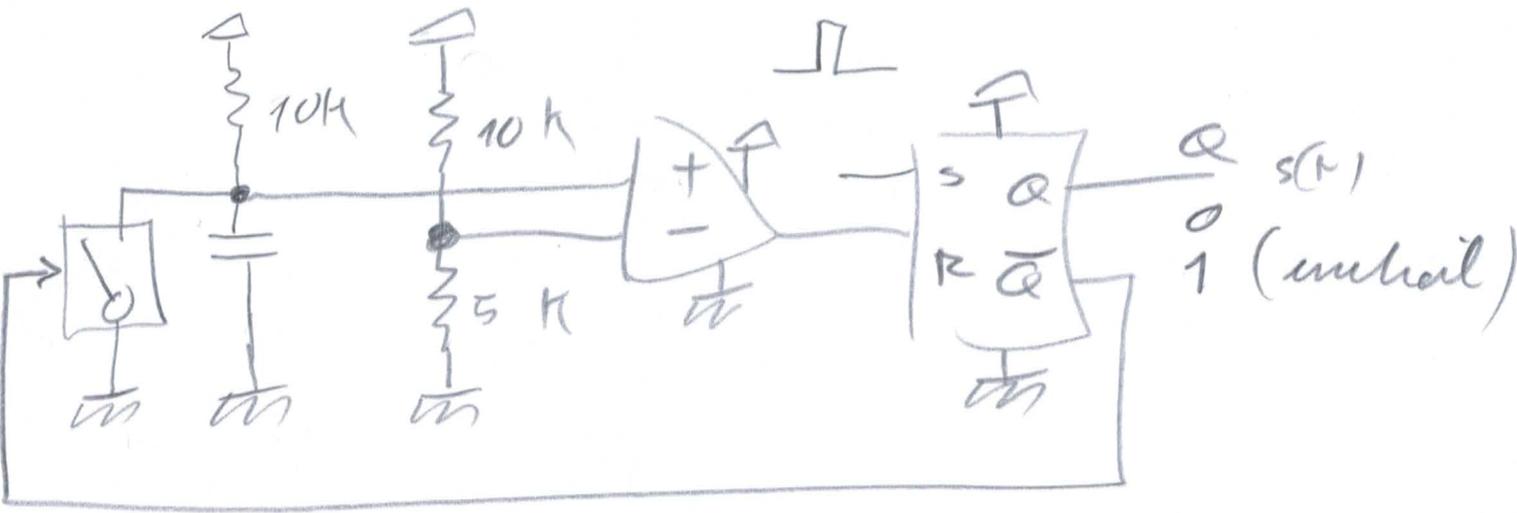
<del>A7A6</del>	00	01	11	10
A9A8	00	0	0	0
	01	1	1	1
	11	0	0	0
	10	0	0	0

$$III_2 = \bar{A}_9 A_8$$

$$A_{out} = \bar{I} + \bar{II} + \bar{III}$$

# Monostable

(1)



	R	S	Q+	Q-
0	0	0	Q-	Q-
0	0	1	1	0
1	0	0	0	1
1	1	1	1	1

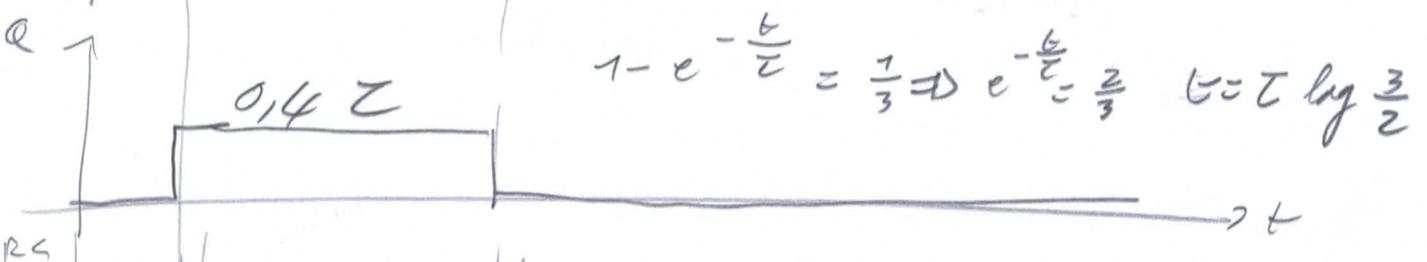
Etat initial

$$V^+ = 0$$

$$V^- = \frac{5}{7.5} = \frac{1}{3} V_{DD} \quad \text{car } R = 0$$

RS en position mémoire

l'état initial est stable



$$1 - e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{1}{3} \Rightarrow e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{2}{3} \quad t = \tau \ln \frac{3}{2}$$

Mémoriser

Reset