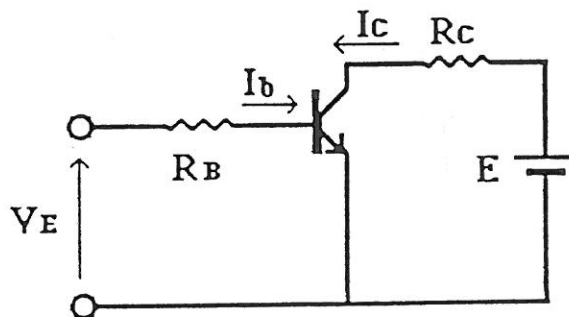


Module expérimental. E 1-2.

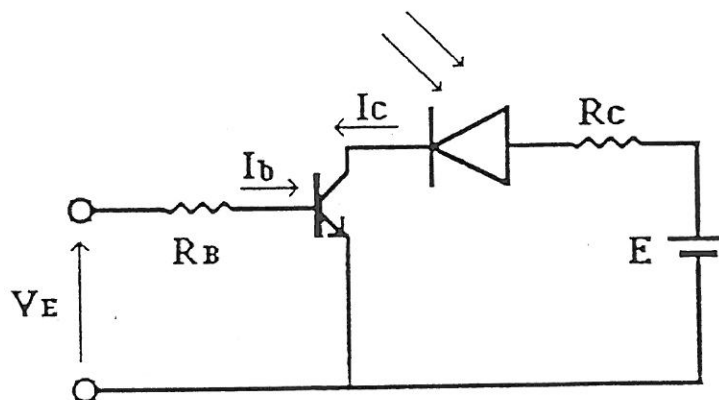
TRANSISTOR

Comme données de départ, on détermine d'abord le gain en courant β du transistor à l'aide d'un montage ci-dessous.



1) Utilisation du Transistor en Commutation

Si $V_E=0$, il n'y a pas de courant collecteur, la diode électroluminescente ne s'allume pas. A partir d'une certaine valeur de V_E le courant I_C devient suffisant.



* Déterminer R_B et R_C en fonction des caractéristiques des éléments transistor et diode électroluminescente pour obtenir l'allumage quand $V_E=2$ volts, et I_C quasi constant pour:

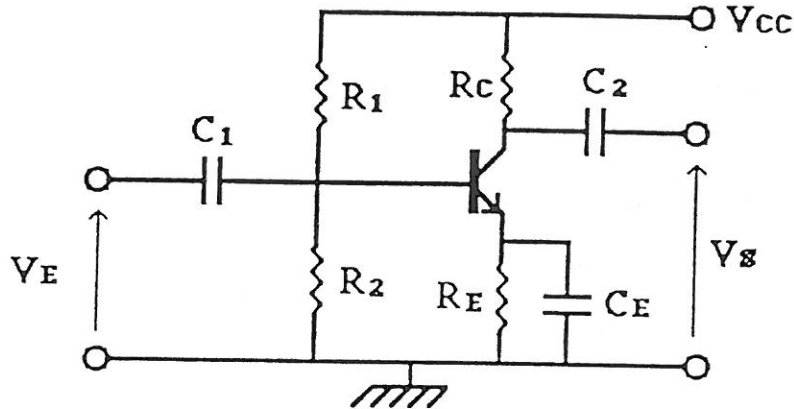
$$2 \text{ V} < V_E < 5 \text{ V}$$

2) Montage Emetteur Commun

* Déterminer la résistance R_c ainsi que les valeurs du pont de polarisation de base pour obtenir un signal de sortie d'amplitude crête à crête maximum.

* Réaliser le montage avec $R_E=0$; Les valeurs de R_1 et R_2 seront ajustées à l'aide d'un potentiomètre.

* Choisir R_E pour que le point de fonctionnement du transistor soit le plus indépendant possible de ses caractéristiques (en particulier β).



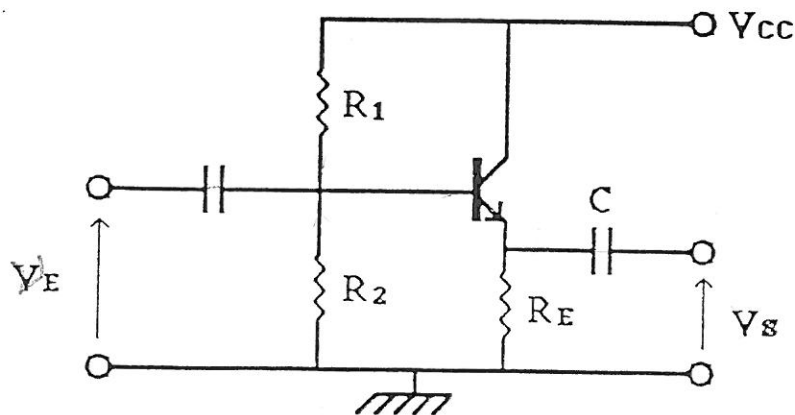
* Mesurer et vérifier par calcul le gain du montage en présence et en absence de C_E . Quel est le rôle de la capacité C_E ; Préciser sa valeur compte-tenu de la fréquence du signal à amplifier.

* Mesurer la bande passante ainsi que les impédance d'entrée et de sortie pour le montage ainsi réalisé.

3) Montage Collecteur Commun

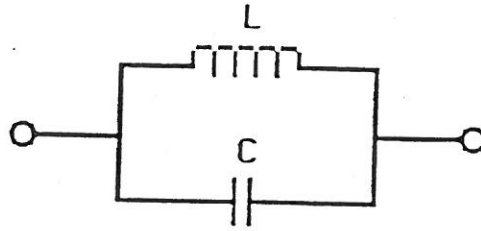
* Choisir R_E ainsi que les ordres de grandeur des résistances R_1 et R_2 pour obtenir le maximum de signal en sortie.

* Mesurer le gain, les impédances d'entrée et sortie.



4) Amplificateur Accordé

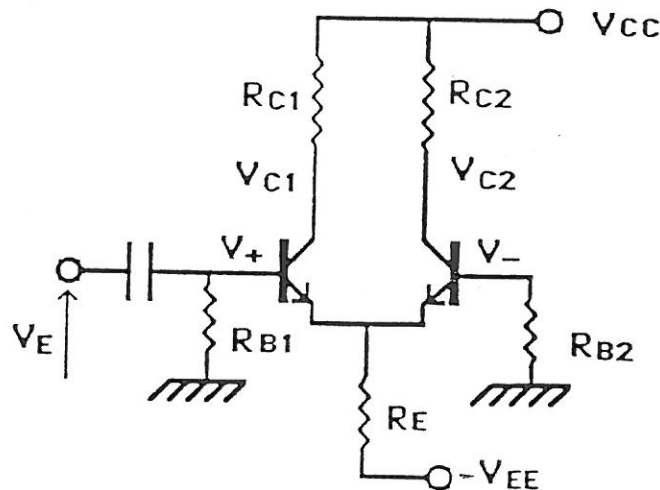
On utilise le montage Emetteur Commun en remplaçant la résistance R_c par le circuit résonant:



- * Mesurer la résistance continue de la self; Fixer le point de fonctionnement du montage.
- * Mesurer le gain et la bande passante de cet amplificateur.
- * Choisir un point de fonctionnement donnant le maximum d'amplitude au signal de sortie.

5) Amplificateur différentiel

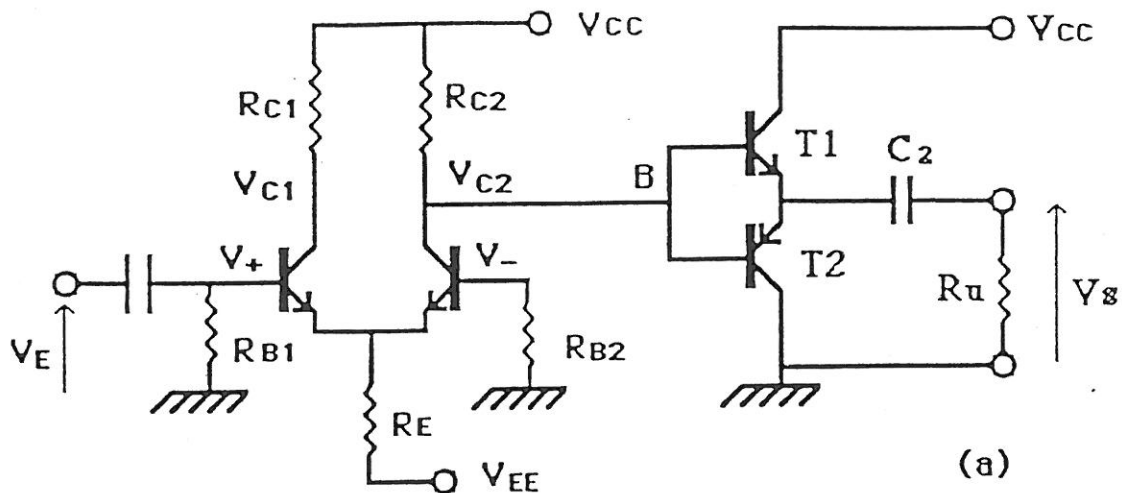
- * Choix de composant pour avoir $V_{c1}=V_{c2}=V_{cc}/2$ ($V_{cc}=15$ V et $V_{EE}=-15$ V);
- * Mesurer le gain différentiel: $V_{c1} = -V_{c2} = g_{diff} (V_+ - V_-)$;
- * Mesurer le gain de mode commun: $V_+ = V_- = V_E$, et $V_s = g_{mc} V_E$;
- * Evaluer la rejection de mode comme: g_{mc} / g_{diff} ;



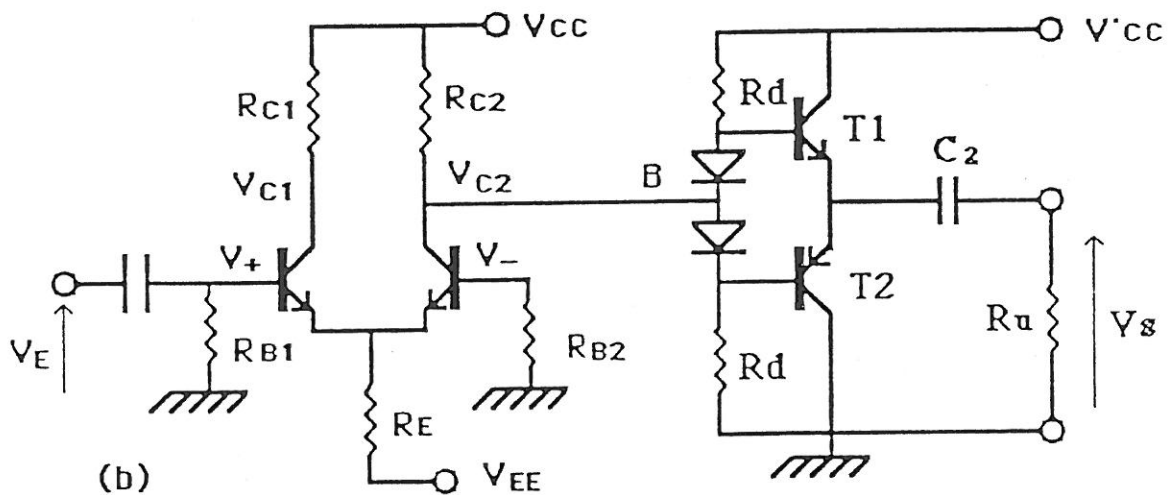
6) Amplificateur "Push-Pull"

Dans le montage Emetteur Commun, on a choisi un point de fonctionnement où le courant moyen du transistor est important même en absence de signal d'entrée. Le

rendement électrique: P_s/P_c est donc faible (où P_s = Puissance du signal alternatif fourni et P_c = Puissance fournie par source d'alimentation continue).



a) On adopte le schéma ci-dessus (Fig.a) où T1 et T2 sont des transistors complémentaires (ils ont même caractéristique mais l'un est NPN, l'autre PNP).



Le point commun des bases des deux transistors est au potentiel $V_{cc}/2$. Selon que $V_B > V_{cc}/2$ ou $V_B < V_{cc}/2$ l'un ou l'autre des transistors conduit. En absence de signal les deux transistors ne débitent pas.

- * Mesurer le gain de ce montage;
- * Mesurer la consommation de l'alimentation en fonction de l'amplitude du signal de sortie, de la résistance de charge R_u .

b) On observe une distorsion importante sur le signal de sortie (distorsion de classe A). Ceci est du au fait que les transistors ne conduisent pas pour des tensions base-

émetteur $V_{BE} < 0.6 \text{ V}$. On y remédie en ajoutant à la tension V_B une tension égale au V_{BE} de seuil des transistors fournie par deux diodes (Fig.b).

* Préciser la valeur des résistances R_d .

7) Contre réaction

* Mesurer le gain du montage "Push-Pull" sans (6)-a) et avec (Fig.ci-dessous) contre réaction;

* Observer la forme du signal de sortie dans les deux cas;

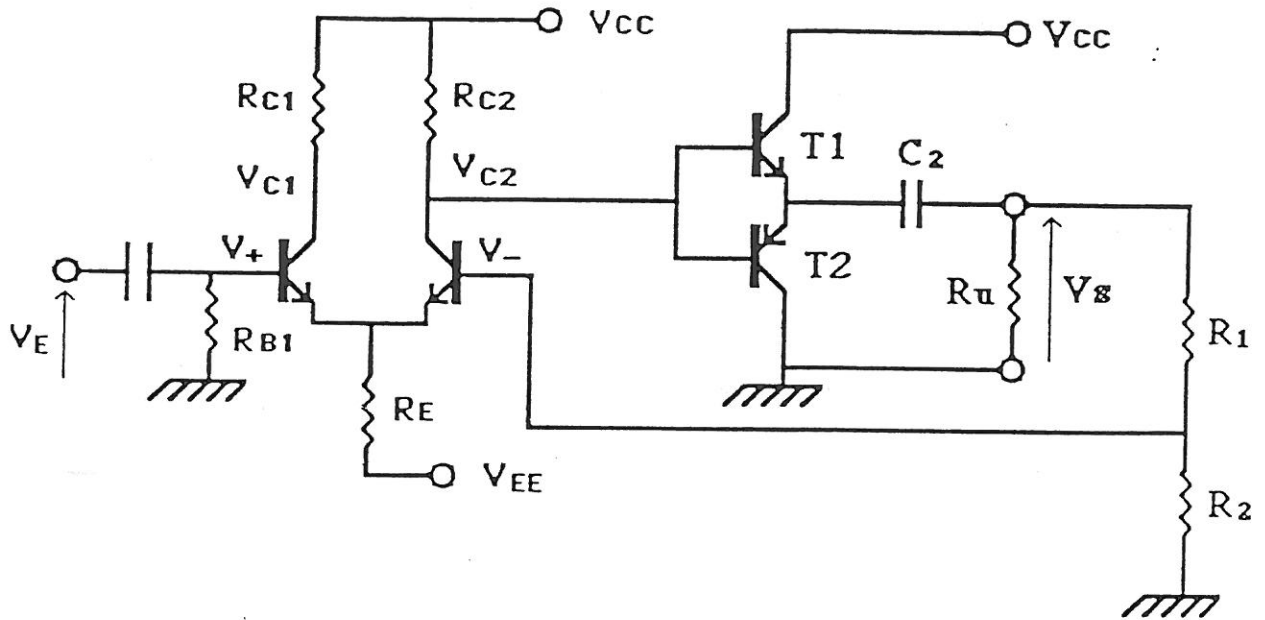
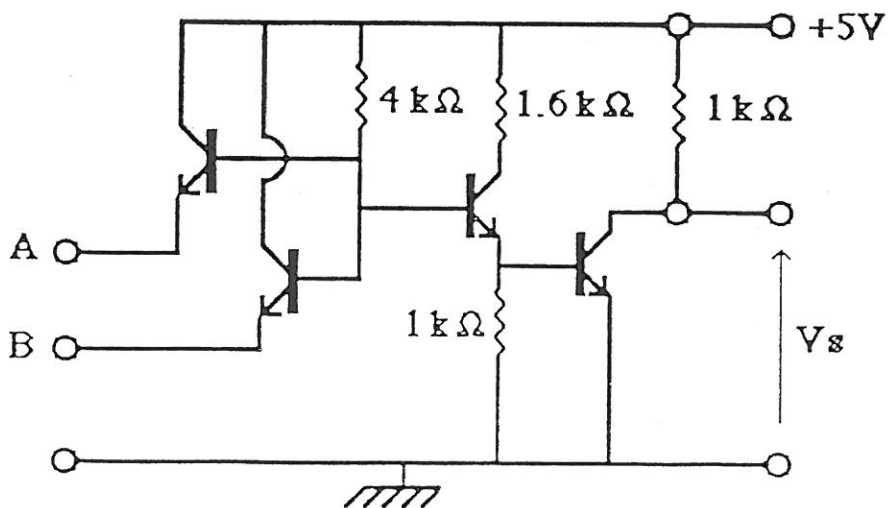


Fig. Amplificateur différentiel - Contre réaction en tension

8) Porte Logique "NAND"

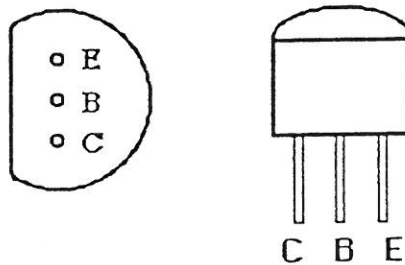


Le schéma présenté est équivalent au circuit logique 7401 (NAND à collecteur ouvert). La sortie doit être reliée au pôle positif de l'alimentation par une résistance de 1 k Ω . En reliant les entrées à la masse par une résistance variable, mesurer V_E , V_s , I_E . Tracer $I_E=f(V_s)$.

- L'état "0" correspond à $V_E=0$: entrée en court circuit; et $V_s=0$.
- L'état "1" correspond à V_E entrée ouverte, et $V_s=+5$ V.

Annexe

Caractéristiques des Transistors BC 547 et BC 560



"Brochages"

| Type | I_c MAX | V_{cb} MAX | V_{ce} MAX | V_{eb} MAX |
|-------------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| BC547 (NPN) | 100 mA | 50 V | 45 V | 6 V |
| BC560 (PNP) | 100 mA | 50 V | 45 V | 5 V |

- I_{cmax} : courant maximal de collecteur
- V_{cb} max: tension maximale admissible entre collecteur et base avec circuit émetteur ouvert
- V_{ce} max: tension maximale admissible entre collecteur et émetteur avec circuit base ouvert
- V_{eb} max: tension maximale admissible entre émetteur et base avec circuit collecteur ouvert

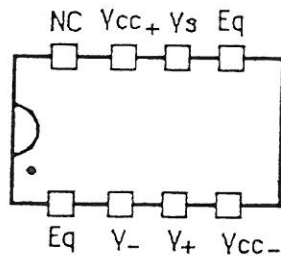
Module expérimental. E 2-3.

AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL

Pour chacun des montages proposés il est demandé de:

- * redémontrer les formules;
- * observer les tensions du générateur, des entrées (V_+ , V_-), de sortie afin d'analyser et de comprendre le fonctionnement du montage.

Amplificateur Opérationnel: "Brochage"



NOTA: Les connexions d'alimentations ne sont pas représentées sur les schémas.

a) Caractérisation de l'amplificateur opérationnel réel

Nous proposerons ici les principes expérimentaux qui permettent la mesure des caractéristiques principales des amplificateurs opérationnels.

Nous ne donnerons que le principe de la mesure sous forme de schéma et la formule permettant de dériver la quantité recherchée.

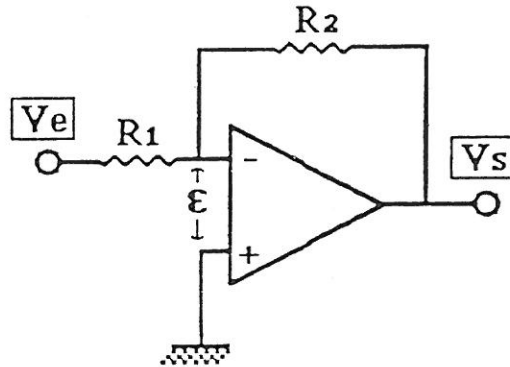
1) Produit "gain bande passante"

Le gain différentiel complexe (de module $\mu = V_s / \epsilon$) varie généralement avec la fréquence f du signal suivant la loi du premier ordre (f_0 de l'ordre de quelques dizaines de Hz. et μ_0 de l'ordre de 10^5 , caractérisent l'A. O. réel):

$$\mu(jf) = \mu_0 / (1 + jf / f_0)$$

Donc le module du gain différentiel, qui vaut μ_0 en continu, décroît lorsque la fréquence du signal augmente, comme l'indique le diagramme de Bode.

- * Avec le montage ci-dessous, mesurer et tracer le gain en boucle ouverte en fonction de la fréquence (en échelle logarithmique): $\mu = V_s/\epsilon$;
- * Mesurer et tracer le gain en boucle fermée en fonction de la fréquence (en échelle logarithmique): $g = V_s/V_e$; en déduire la bande passante vis à vis du produit $g \times B$: $B = [0, f_c]$. (L'amplificateur apparaît ainsi comme un filtre passe-bas présentant une fréquence de coupure f_c . La bande passante de l'amplificateur est donc $[0, f_c]$)
- * Conclusion.



2) Vitesse de balayage

La pente dV_s/dt du signal de sortie V_s d'un A. O. est limitée: $dV_s/dt \leq \sigma$

La pente limite σ (de l'ordre du volt/microseconde) est appelée **vitesse limite de balayage** (ou "slew-rate") et caractérise la rapidité de réponse de l'A. O.

Si on excite un A. O. monté en suiveur (gain en tension égal à l'unité, le même montage que (1), mais avec $R_1=R_2$):

- par une tension d'entrée échelon, la vitesse de balayage: $\sigma = dV_s/dt = \Delta V_s/\Delta t$;
- par une tension d'entrée carré, observer la forme en trapèze;
- par une tension d'entrée sinusoïdale $V_e(t)=V_{em}\sin\omega t$, d'amplitude V_{em} inférieure

à la tension de saturation, et de pente initiale $(dV_s/dt)_0=\omega V_{em}$.

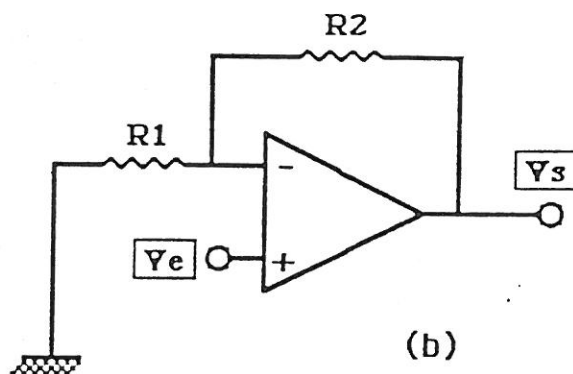
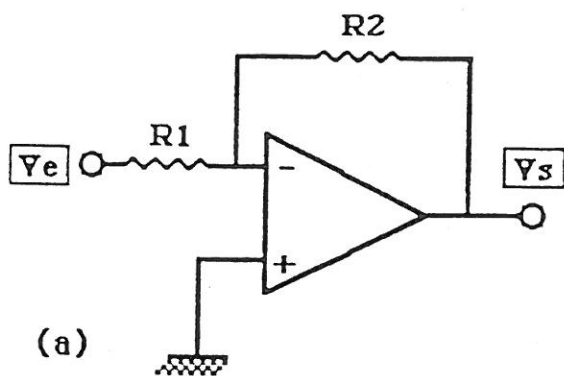
* si $(dV_s/dt)_0=\omega V_{em} \leq \sigma$, il n'y a pas de limitation et la réponse $V_s(t)=V_e(t)$ est sinusoïdale;

* si $(dV_s/dt)_0=\omega V_{em} > \sigma$, on observe $V_s(t)$ triangularisé: cette distorsion est due à la limitation de la pente de sortie.

* la fréquence maximale du signal transmis sans distorsion, appelée **largeur de bande en grands signaux**, est donc: $f_{max}=\sigma/2\pi V_{em}$

b) Circuits linéaires à amplificateur opérationnel

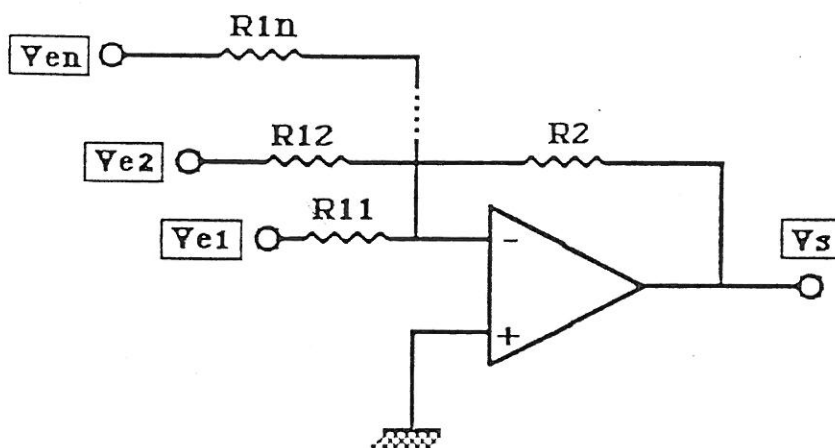
1) Inverseur - Non Inverseur



Inverseur (a): $\frac{V_s}{V_e} \equiv -\frac{R_2}{R_1}$

Non inverseur (b): $\frac{V_s}{V_e} \equiv \frac{R_1 + R_2}{R_1}$

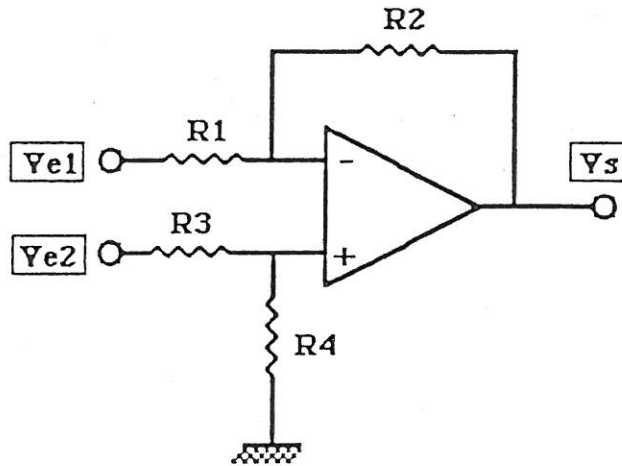
2) Sommateur inverseur



Sommateur inverseur: $V_s = -R_2 \sum_{k=1}^n \frac{V_{ek}}{R_{1k}}$

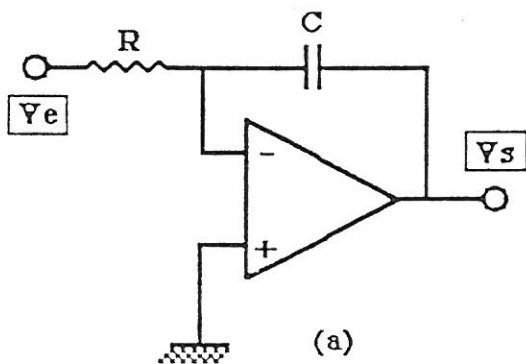
3) Sommateur non inverseur (?)

4) Amplificateur différentiel

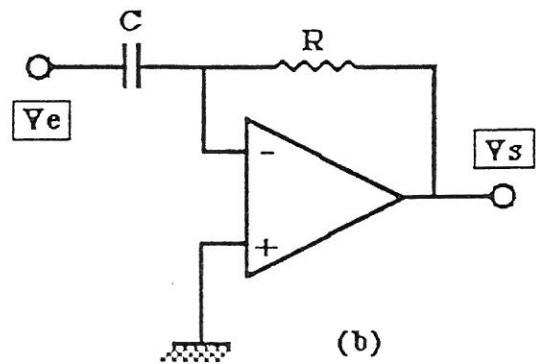


$$V_s = V_{e2} \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) - V_{e1} \frac{R_2}{R_1}$$

5) Intégrateur (a) - Dérivateur (b)



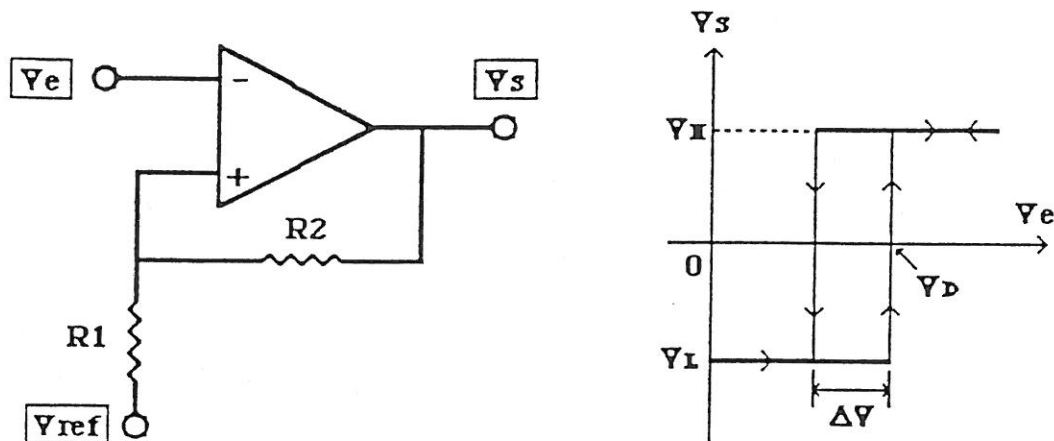
(a): $V_s(t) = -\frac{1}{RC} \int V_e(t) dt$



(b): $V_s(t) = -RC \frac{dV_e}{dt}$

c) Circuits non linéaires à amplificateur opérationnel

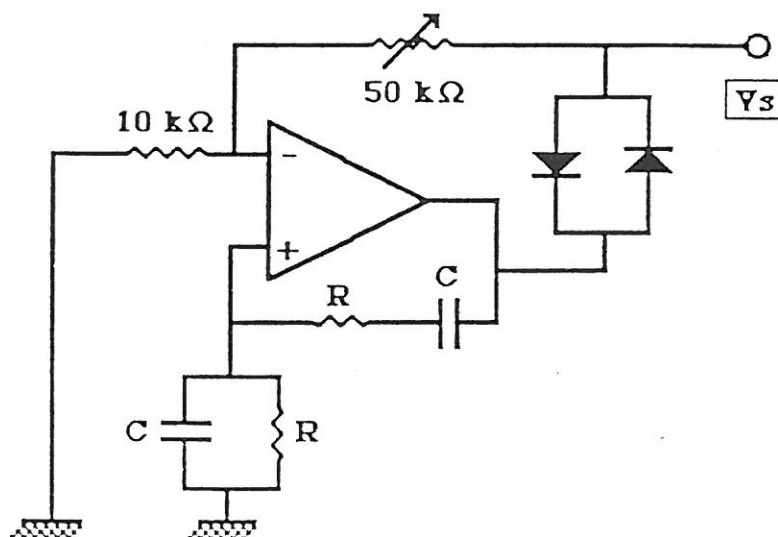
Comparateur - Trigger de Schmitt



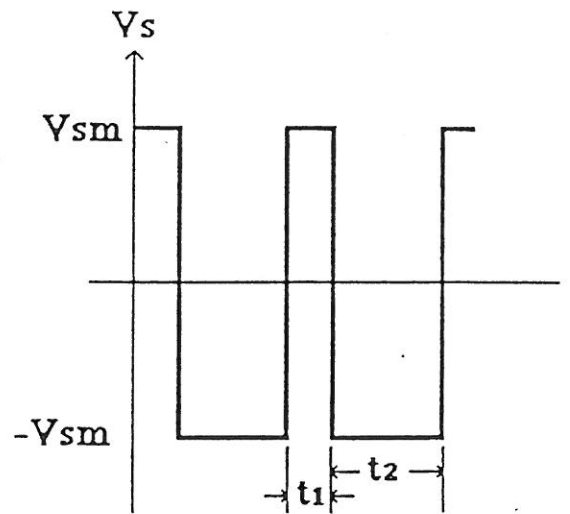
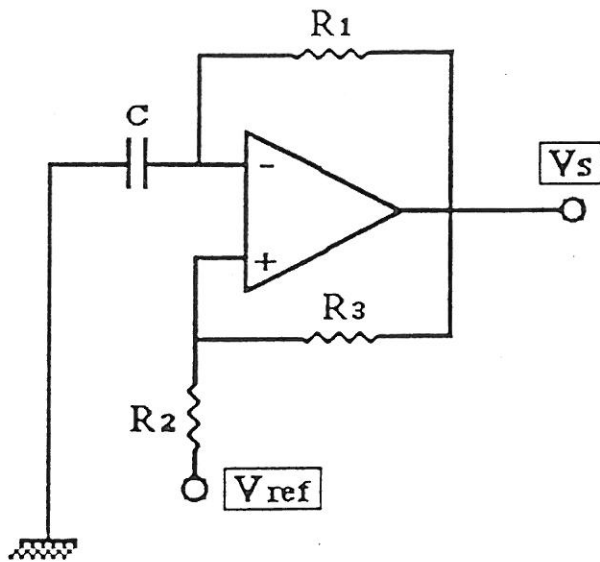
$$V_D = V_{ref} + (V_H - V_{ref}) \frac{R_1}{R_1 + R_2} \text{ et } \Delta V = (V_H - V_L) \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

d) Oscillateur - Relaxateur

1) Oscillateur à pont de Wien: $f_0 = 1/2\pi RC$



2) Relaxateur - Multivibrateur astable



$$t_1 = R_1 C \times \ln \left[\frac{1 + 2 \frac{R_2 - \frac{V_{ref}}{V_{sm}}}{R_3}}{1 - \frac{V_{ref}}{V_{sm}}} \right] \text{ et } t_2 = R_1 C \times \ln \left[\frac{1 + 2 \frac{R_2 + \frac{V_{ref}}{V_{sm}}}{R_3}}{1 + \frac{V_{ref}}{V_{sm}}} \right]$$

$$\text{si } V_{ref} = 0 \text{ V, } t_1 = t_2 = R_1 C \times \ln \left(1 + 2 \frac{R_2}{R_3} \right)$$