

DÉBUTER EN ÉLECTRONIQUE

Niveau BAC+1

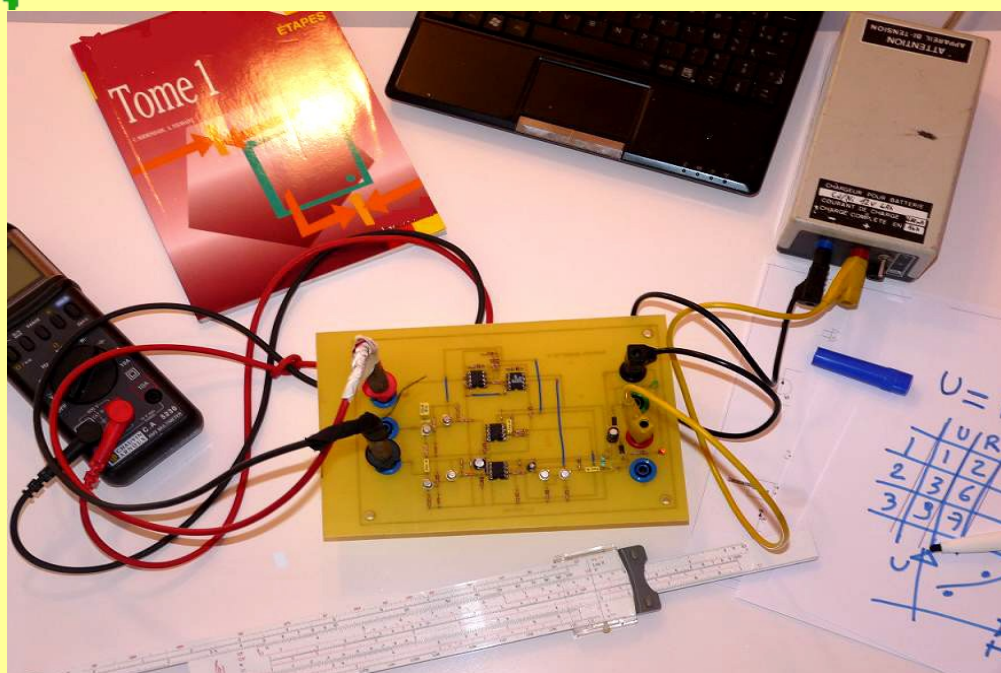
Ce document s'adresse aux étudiants de 1^{ère} année, ceux du DUT GEII de l'IUT de CERGY, en l'année 2010.

Il est le complément du cours d'électronique analogique.

Ce document est basé sur la proposition suivante:

«comme dans NCIS, l'électronicien est un enquêteur scientifique »

Il cherche des preuves , mais pas au hasard .



LRSD 2010

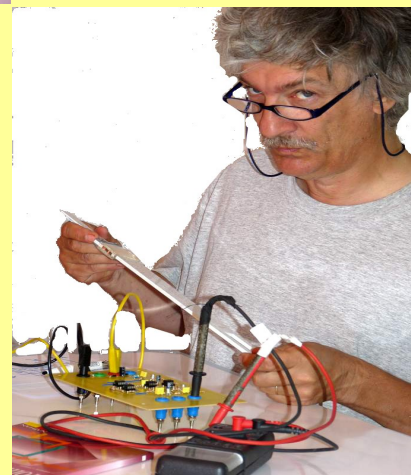
L'auteur

Stéphane Dujardin ingénieur en électronique.

Ancien de Thomson, division caméras spécifiques.

Professeur Certifié en génie Électrique à l'IUT de Cergy Pontoise
cours d'électronique analogique en 1^{ère} année .

À l'occasion Chef de département .



SOMMAIRE INTER-ACTIF

[cliquez directement sur les sujets!](#)

L'auteur

Page 1 [L'auteur](#)

Contexte le rôle d'enquêteur

Page 2 [rôle du technicien en électronique](#)

OUTILS pour l'enquêteur

Page 4 [outils théoriques](#) [impédances complexes](#)

Page 5 [association d'impédances](#)

Page 6 [calculs avec les impédances](#)

Page 7 8 [nœuds](#) [maille superposition](#) , [exercices](#) page 8

Page 9 [outils graphiques](#) [le plan X Y](#) , [droite de charge](#)

Page 10 11 12 [outils pratiques](#) [alims](#) , [voltmètres](#) [oscilloscope](#)

OBJETS observés par l'enquêteur

Page 13 [les fils](#)

Page 14 [les résistances](#) page 15 [les condensateurs](#) page 16 [les selfs](#)

Page 17 [les diodes](#) Page 18 [mise en œuvres des diodes](#)

Page 19 [le transistor](#) Page 20 [mise en œuvre et Utilisation](#)

Page 21 [FET et MOS](#)

Page 22 [L'ampli AOP en linéaire](#) Page 23 [performances](#)

Page 24 [mise en œuvre en linéaire](#) Page 25 [Calculs](#)

Page 26 [L'ampli AOP en non linéaire](#) Page 27 [Calculs](#)

Page 28 29 [La Logique](#)

Page 30 [Composants mixtes](#)

SCENARIII courants : les fonctions de l'électronique

Page 31 [FILTRAGE Les bases](#) Page 32 [1 er ordre](#) Page 33 [à AOP](#)

Page 34 [filtrage second ordre](#) Page 35 [2 ordre RAUCH](#)

Page 36 [Redressement AC vers DC](#)

Page 37 [Commande de puissance : le linéaire](#)

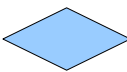
Page 38 [Commande de puissance le non Linéaire](#)

Page 39 [les capteurs](#)

Page 40 [Discours de la méthode](#)

INFORMATION IMPORTANTE

Tous les sujets abordés dans cet ouvrage
peuvent apparaître dans un DS d'ana

SAUF ceux marqués par un  = NON DS isable
Seulement présents pour info

CONTEXTE : L'ÉLECTRONIQUE ?

L'électronique est une science technique ou science de l'ingénieur, qui étudie et conçoit les structures effectuant des traitements de signaux électriques, c'est-à-dire de courants ou de tensions électriques, porteurs d'information ou d'énergie.

Ici la notion d'information est considérée au sens large : elle désigne toute grandeur physique réelle comme une température ou une vitesse, ou même plus abstraite comme un son, une image, ou un code, elle évolue en temps réel selon une loi inconnue à l'avance.

Un système électronique bien conçu comporte deux parties :

- * l'une, opérative, gère les signaux de puissance porteurs d'énergie (courants forts) ;
- * l'autre, informationnelle, gère les signaux porteurs d'information (courants faibles).

On date les débuts de l'électronique à l'invention du tube électronique en 1904.

CONTEXTE : L'ÉLECTRONICIEEN ?

Son rôle est d'assurer le meilleur fonctionnement possible des objets qu'on lui confie. Dans le cadre d'une mission d'invention, d'amélioration, de réparation ou de copiage.

Il devra utiliser une démarche scientifique, qui lui permette à coup-sur d'extraire la bonne information, et d'établir le meilleur scénario de fonctionnement. C'est pourquoi je compare ce travail à celui des inspecteurs(rices)de la police scientifique des séries TV (NCIS).

Le travail de l'électronicien est de prédire le comportement des objets où U et I sont présents. Pour son travail de prédiction il va établir un scénario de fonctionnement à partir d'indices relevés sur le terrain, de calculs et de diverses simulations.

Pour montrer ses résultats cet inspecteur utilisera différents outils graphiques .

Alors préparez vous à faire marcher vos méninges, et votre stylo .



**ENQUÊTER RÉFLÉCHIR
AGIR MONTRER !!**

OUTILS THÉORIQUES DE MODÉLISATION

Pour notre enquêteur L'électricité c'est quoi ?

Ce sont des électrons qui se déplacent sous la pression d'un champ électrique, pour ceux qui aiment les comparaisons imaginez de l'eau dans un tuyau, si vous placez ce tube verticalement l'attraction terrestre provoque une pression (**tension**) qui pousse l'eau (**courant**) à se déplacer de haut en bas, si le bas du tube est fermé, il oppose une **résistance** au passage du liquide (ici R est infinie).

Une **équation décrit très bien le phénomène c'est $U = R I$**

Pourtant ce phénomène est beaucoup plus complexe qu'il n'y paraît, si vous placez une bassine sous le tube d'eau, elle mettra un certain temps à se remplir.

La notion de « temps » va influencer notre façon d'écrire $U = R I$.

OUTILS THÉORIQUE : MODÈLES pour R L et C

La notation « complexe ».

Un complexe est composé de deux membres, l'un réel, l'autre est dit imaginaire.

Dans un plan de représentation on place sur l'axe des x la partie réelle, en y l'imaginaire.

j: est un nombre complexe d'argument égale à $\pi/2$ et de module égal à 1 tel que $j^2 = -1$.

Représentation d'un nombre complexe

Soit un nombre complexe $z = a + j b$: forme algébrique

Addition, soustraction de nombres complexes

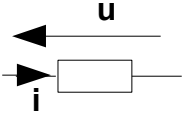
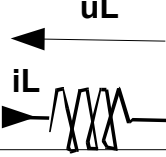
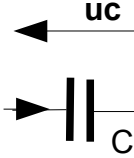
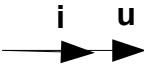
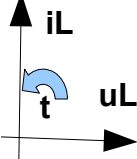
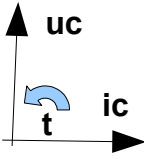






Soit deux nombres complexes: $z_1 = a + j b$ et $z_2 = c + j d$ alors $z_1 + z_2 = (a + c) + j(b + d)$

Multiplication de nombres complexes (rappel: $j \cdot j$ ou $j^2 = -1$)

Soit deux nombres complexes: $z_1 = a + j b$ et $z_2 = c + j d$ alors $z_1 \times z_2 = (ac - bd) + j(bc + ad)$

IMPEDANCE COMPLEXE des composants R L C

j: est le déphasage entre la tension u vue aux bornes du dipôle, et le courant i qui le traverse (en radians – rad). ω radians par secondes = $2\pi f$ f fréquence

	Résistance (R)	Inductance(L)	Condensateur (C)
Symbole			
Impédance	$z_R = R$	$z_L = jL\omega$	$z_C = 1/jC \cdot \omega$
Vecteurs de Fresnel			
En basse fréquence Avec $\omega = 0$	$z_R = R$ 	$z_L = jL\omega = 0$ 	$z_C = 1/jC \cdot \omega = \text{infini}$ 
En haute fréquence Avec $\omega = \text{infini}$	$z_R = R$ 	$z_L = jL\omega = \text{infini}$ 	$z_C = 1/jC \cdot \omega = 0$ 

IMPEDANCE ou ADMITANCE ?

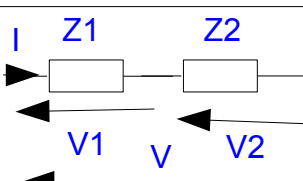
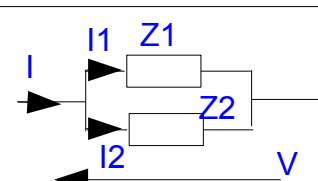
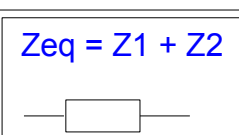
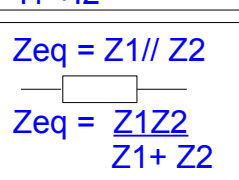
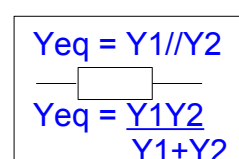
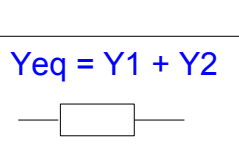

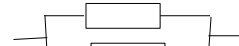
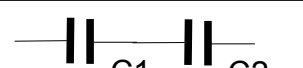
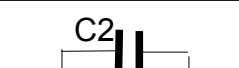
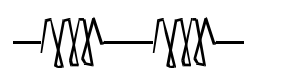
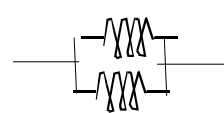
suivant les pays ou le cas, on préfère exprimer $U = Z I$ ou

$$I = Y U \quad Z = 1/Y$$

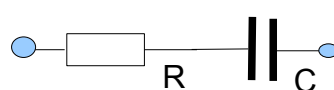
Dans certains calculs Z ou Y sont plus pratiques

OUTILS THÉORIQUE : ASSOCIATION DES MODÈLES

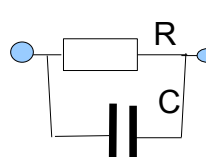
Association parallèle et série

	Mise en série	Mise en parallèle
	 <p>Courant commun $V = V1 + V2$</p>	 <p>Tension commune $I = I1 + I2$</p>
impédance Équivalente Z_{eq}	$Z_{eq} = Z1 + Z2$ 	$Z_{eq} = Z1 // Z2$ $Z_{eq} = \frac{Z1 Z2}{Z1 + Z2}$ 
Approche admittance Admittance équivalente Y_{eq} Attention $Y = 1/Z$	$Y_{eq} = Y1 // Y2$ $Y_{eq} = \frac{Y1 Y2}{Y1 + Y2}$ 	$Y_{eq} = Y1 + Y2$ 
Résistance $Z = R$	 <p>$R = R1 + R2$</p>	 <p>$R = \frac{R1 R2}{R1 + R2}$</p>
Condensateur $Z = 1/j C \omega$	 <p>$C = \frac{C1 C2}{C1 + C2}$</p>	 <p>$C = C1 + C2$</p>
Self $Z = j L \omega$	 <p>$L = L1 + L2$</p>	<p>$L = \frac{L1 L2}{L1 + L2}$</p> 

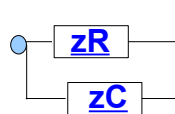
CALCULONS AVEC LES IMPEDANCES COMPLEXES



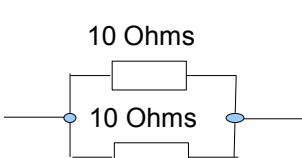
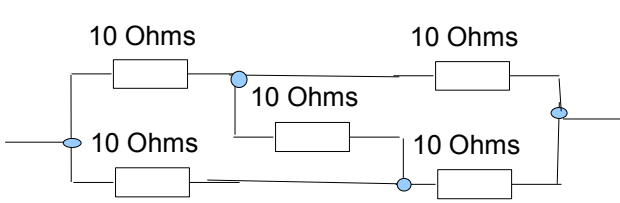
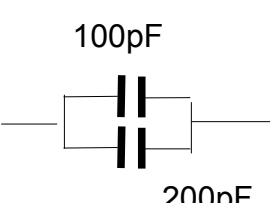
$Z = zR + zC$
 $Z = R + 1/jC \cdot \omega$
 $Z = \frac{1 + jRC\omega}{jC \cdot \omega}$



$Z = zR // zC$
 $Z = \frac{zR \cdot zC}{zR + zC}$
 $Z = \frac{R/jC \cdot \omega}{R + 1/jC \cdot \omega}$

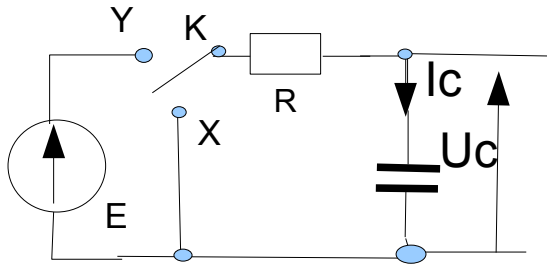


$Z = \frac{R}{1 + jRC\omega}$

<p>exercices</p>  <p>Req = ?</p>	 <p>Req = ?</p>	 <p>Ceq = ?</p>
--	---	--

OUTILS THÉORIQUES : CALCULS AVEC LES MODÈLES

Charge et décharge d'un condensateur, à tension constante



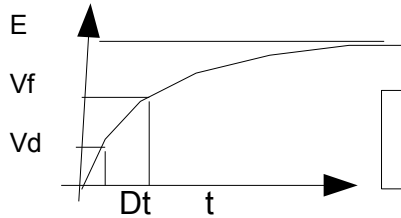
Étude de la charge rappel $I_c = C \frac{dU_c}{dt}$

1) K en X $U_c = 0$

2) K en Y $E = VR + V_c$ le condensateur se charge
 $E = RI$. $UC = RC \frac{dU_c}{dt} + UC$

Équation différentiel de solution générale de la forme
 $Ae^{-t/RC} + B = E$ au début $U_c = 0$ donc $B = -E$

Alors $u_c = E(1 - e^{-t/RC})$.



$$Dt = RC \ln \frac{E - V_d}{E - V_f}$$

Calcul du temps de charge

$$UC = E(1 - e^{-t/RC})$$

$$-(U_c - E)/E = e^{-t/RC}$$

$$-\ln(U_c - E)/E = t/RC \text{ avec } -\ln A/B = \ln B/A$$

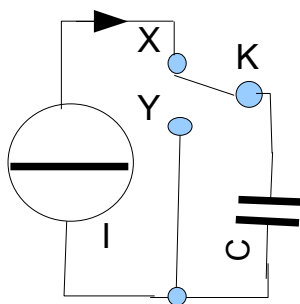
Temps pour arriver à la valeur V

$$t = RC \ln \left(\frac{E}{E - V} \right)$$

Exercice

Calculez le temps Dt qu'il faudra à un condensateur de $1 \mu F$ pour passer d'une tension de $2V$ (V_d comme début) à $3V$ (V_f comme V fin) si le générateur fait $5V$ et $R:10K$ $DT = \dots ?$

Charge et décharge d'un condensateur, à courant constant



Étude de la charge rappel $I_c = C \frac{dU_c}{dt}$

1) K en Y $U_c = 0$ C est vide

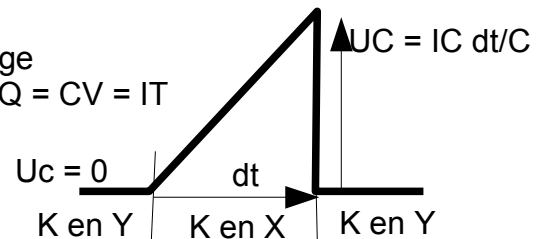
2) K en X le condensateur se charge

$$C \frac{dU_c}{dt} = I_c \text{ que vous verrez en } Q = CV = IT$$

Équation linéaire

(lorsque K va en X $U_c = 0$)

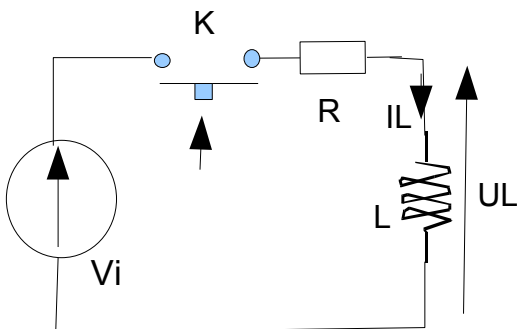
$$UC = IC \frac{dt}{C}$$



Exercice

Calculez le temps Dt qu'il faudra à un condensateur de $1 \mu F$ pour passer d'une tension de $2V$ (V_d comme début) à $3V$ (V_f comme V fin) si le générateur $1 \mu A$ $DT = \dots ?$

décharge d'une self



Étude rappel $U_l = L \frac{dI_l}{dt}$

1) K ouvert U_l et $I_l = 0$

2) K fermé après un temps important

$U_l = 0$ mais $I_l = V_i / R$ L est chargée en I

3) K ouvert le courant I_l fera quoi ?

$$\text{comme } U_l = L \frac{dI_l}{dt}$$

comme le courant I_l veut revenir à $0A$

dI_l sera négatif, Alors U_l s'inversera

U_l prend la valeur nécessaire pour que le courant passe, une étincelle l'aidera même à aller plus rapidement vers $I_l = 0$.

Exercice

Calculez la tension U_l qu'il pourrait exister aux bornes de L

Si $V_i = 10V$, $R = 10\Omega$, $L = 1 \text{ milli Henry}$

Dans le cas où une étincelle qui dure $1 \mu s$ apparaît

$$U_l = \dots ?$$

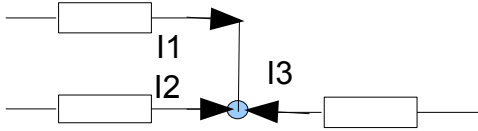
OUTILS THÉORIQUES D'ANALYSE

OUTILS D'ANALYSE : LOIS et THÉORÈMES DE BASE

Lois des nœuds et des mailles

Lois des Nœuds

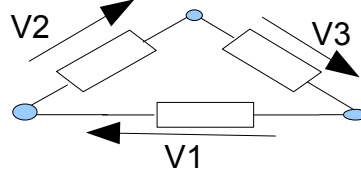
En un point de connexion
La somme des courants = 0



$$I1 + I2 + I3 = 0$$

Lois des Mailles

Sur le tour d'une maille
La somme des tensions = 0



$$V1 + V2 + V3 = 0$$

TRUC : L'électronicien doit toujours dessiner le sens des flèches dans le même sens que celui qu'il mesurerai en vrai (on réfléchit donc).

Théorème de Thevenin et de Norton

Source X, contenant
n impédances et m sources

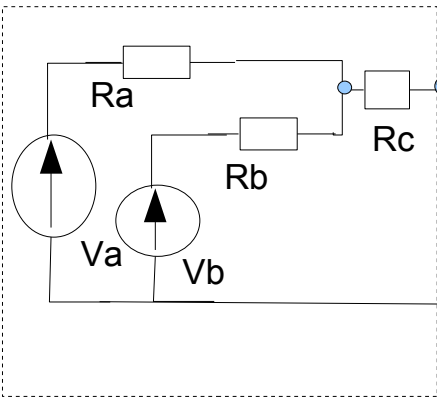
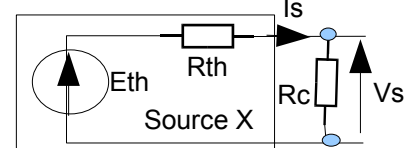


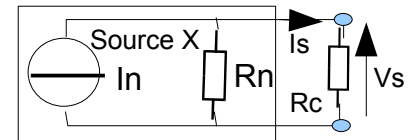
Schéma sans valeur

À une source X on peut associer
2 modèles équivalents
Soit le modèle en tension
Soit le modèle en courant
Ils Donneront les mêmes résultats

Modèle de Thevenin

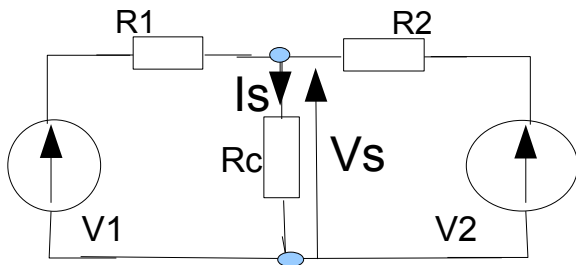


à vide $E_{th} = U_v$
en cc $I_n = I_{cc}$
 $U_v / I_{cc} = R_{th} = R_n$



Modèle de Norton

Théorème de Superposition



Théorème de Superposition

Prévoit qu'en sortie la Tension (ou le courant)
est la somme de la contribution de chacune des sources ,
en ayant pris soin d'annuler les autres .

Ici = somme de la contribution de V1 avec $V2=0$
avec la contribution de V2 avec $V1 = 0$
 $V_s = V1 \frac{R2 // R_c}{(R1 + R2 // R_c)} + V2 \frac{R1 // R_c}{(R1 // R_c + R2)}$

$$V_s = (V1 R1 + V2 R2) \frac{R_c}{R_c R1 + R_c R2 + R2 R1}$$

Exercice

Calculer V_s pour $V1=V2=10V$ avec $R1=R2 =10Kohms$ R_c infini $V_s = \dots\dots\dots$

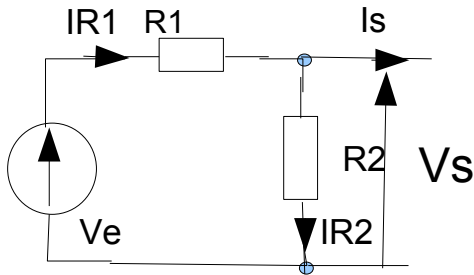
Exercice

Calculer V_s pour $V1=V2=10V$ avec $R1=R2 =R_c= 10K$ $V_s = \dots\dots\dots$

MISE EN ŒUVRE DES OUTILS D'ANALYSE

Utilisation des Lois des nœuds et des mailles

Le pont diviseur



la tension de sortie V_s c'est V_e divisée par R_1/R_2
 Comme V_s est plus petite que V_e on parle de « diviseur »
 Mais on exprimera $V_s = K (V_e)$ K sera inférieur à 1
 Choisissez toujours un courant $I_s \ll I_{R2}$
 La charge placée derrière aura une impédance infinie .

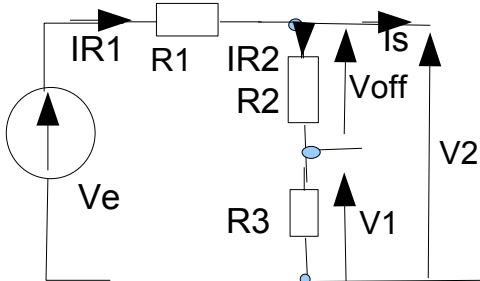
Calculs (avec $I_s = 0$ $I_{R1} = I_{R2}$)
 $V_s = R_2 I_{R2}$ $V_e = I_{R2} (R_1 + R_2)$

$$V_s = V_e \frac{R_2}{R_1+R_2}$$

Exercice

Calculer V_s pour $V_e = 10V$ $R_1=R_2 = 10Kohms$ $V_s = \dots\dots\dots$

Pont diviseur multi-référence



But produire des tensions de références multiples mais liées ensemble (avec $I_s = 0$) V_1 sera liée à V_2 avec $V_2 = V_1 + V_{off}$

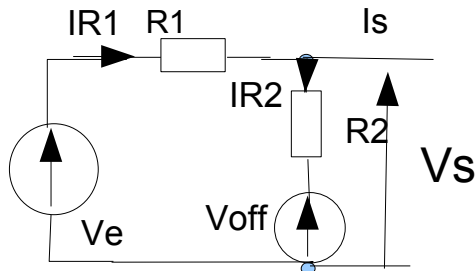
Démarche

On s'impose V_e fixe (avec une alimentation de référence)
 Arbitrairement on se fixe un courant I_{R2} nommé I_P (pont)
 L'offset désiré sera calculé par $V_{off} = R_2 I_P$
 $R_3 = V_1 / I_P$ $R_2 = V_{off} / I_P$ $R_1 = (V_e - V_1 - V_{off}) / I_P$

Exercice

vous fixerez arbitrairement I_{R2} à 1mA avec $V_e = 10V$
 On désire $V_1 = 4,7V$ et que V_2 ait 0,1V de plus que V_1 $R_1 = \dots\dots?$ $R_2 = \dots\dots?$ $R_3 = \dots\dots?$

Utilisation du théorème de superposition



approche de maille .

Notez qu'en l'absence d' I_s ($I_s = 0$) $I_{R1} = I_{R2} = I_R$
 $V_e = I_R R_1 + I_R R_2 + V_{off}$ $V_s = V_{off} + I_R R_2$
 $I_R = (V_e - V_{off}) / (R_1 + R_2)$

Superposition

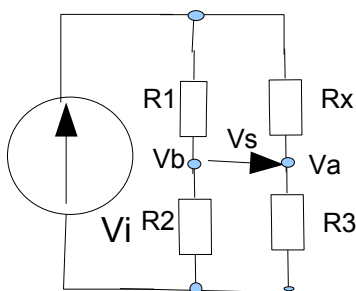
$V_s = V_e \frac{R_2}{(R_1+R_2)} + V_{off} \frac{R_1}{(R_1+R_2)}$

$$V_s = V_e \frac{R_2}{R_1+R_2} + V_{off} \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

Exercice

Calculer V_s pour $V_e=10V$ $V_{off} = 5V$ avec $R_1=R_2 = 10Kohms$ $V_s = \dots\dots\dots$

Le pont de Wheatstone



But mesurer R_x en ajustant R_3 pour obtenir $V_s = 0$

$V_s = V_i \frac{R_3}{(R_x+R_3)} - V_i \frac{R_2}{(R_1+R_2)}$

$R_3 (R_1+R_2) = R_2 (R_x+R_3)$

Constat: pour $V_s = 0$

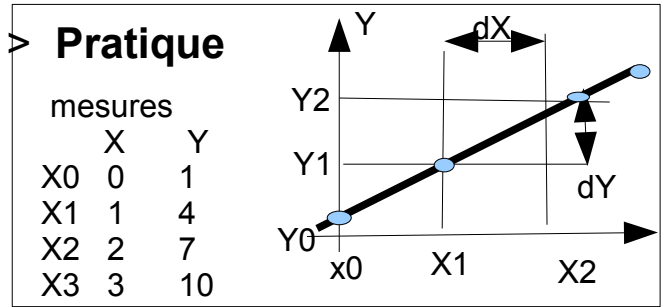
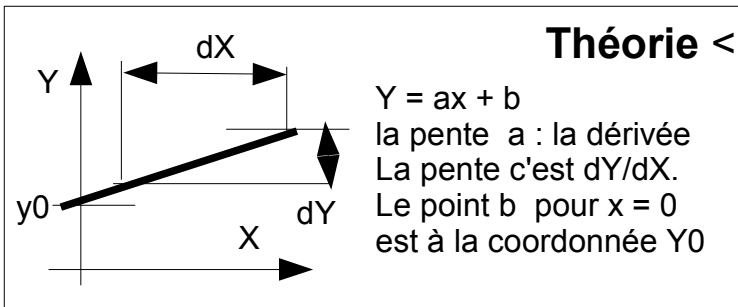
le montage est insensible aux variations de l'alimentation.

$R_3 R_1 + R_2 R_3 = R_2 R_x + R_2 R_3$

$$R_x = \frac{R_3 R_1}{R_2}$$

OUTILS THÉORIQUES DE REPRÉSENTATION

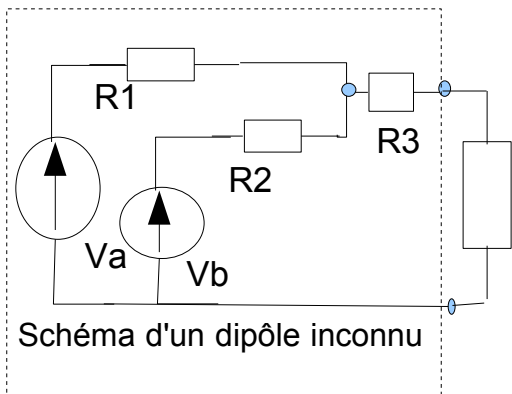
OUTIL GRAPHIQUE : le PLAN X Y



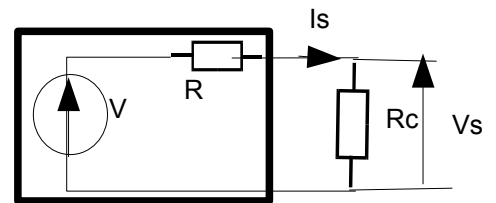
Méthode de travail : caractérisation d'un dipôle à partir d'un plan XY

Une partie du travail de l'électronicien consiste à trouver les caractéristiques d'objets dont il ne connaît pas le schéma. Il fait des mesures, renseigne un plan XY et fait des calculs.

Exemple caractérisation d'un dipôle. Pour commencer notre enquête nous devons poser une hypothèse plausible, par exemple que le modèle équivalent du dipôle est une source de tension associée à une résistance, c'est le modèle le plus simple ! nos mesures devront confirmer cette hypothèse. Nous placerons des résistances différentes à ses bornes et mesurerons V_s , calculerons $I_s = V_s/R_c$ et tracerons le graphe $v_s = f(I_s)$. Si le résultat ne correspond pas à une droite de charge il nous faudra refaire l'enquête sur un autre scénario peut être plus compliqué.

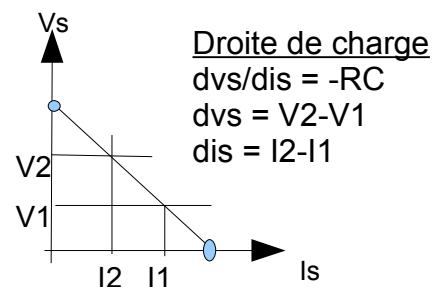


Avec la même charge R_c
 le dipôle X ou son
 modèle équivalent
 donneront la même
 tension V_s



Modèle équivalent

Etude théorique
 $V_s = V - R I_s$
 Pour R_c infinie $I_s = 0$ donc $V_s = V$
 droite de charge
 $V_s = V - R \cdot I_s$ dérivons l'équation
 $dV_s/dI_s = -R$ la pente = $-R_{th}$



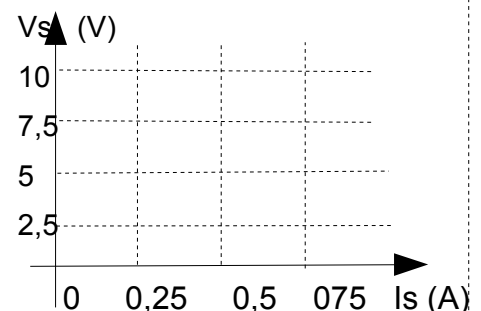
exercice

V_s	R_c	I_s
10V	1M
7,5V	30
5V	10
2,5V	3,3

R_c est en Ohm

À gauche sur le tableau de mesures
 Par calcul, complétez la colonne I_s
 tracez sur le graph sis à droite la
 caractéristique $V_s = f(I_s)$
 Relevez de manière graphique une
 estimation de dV_s/dI_s

Déterminez la valeur de R et de V



OUTILS PRATIQUES D'INVESTIGATION

OUTILS d'investigation : PRODUCTION D'UNE TENSION

CONTINUE : L' ALIMENTATION STABILISÉE

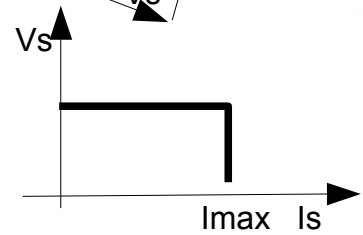
Celles que nous avons disposent de 3 sorties indépendantes, 2 vont jusqu'à 24V 2A, la dernière est le +5V (3A).

En actionnant ce potentiomètre, on règle la tension V_S , sa valeur s'affiche en face avant.

Ce potentiomètre règle le courant maximal que l'alimentation peut délivrer en sortie, son utilisation protège les montages.
Exemple : Si une LED qui nécessite 100mA, vous réglez I_{max} à 150mA, ainsi si vous câblez mal le montage l'entourant, vous êtes certain de ne pas détruire la LED, sans cette précaution, le courant maximal que peut donner l'alimentation est de 2A !!

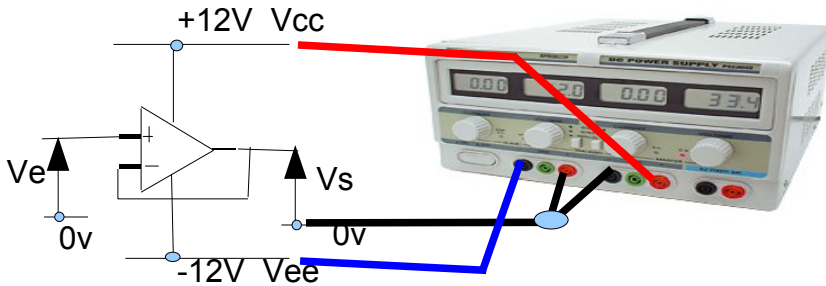
TRUC pour régler le courant maximum, il faut provoquer un court circuit (un fil sur V_S) et actionner le potentiomètre de limitation correspondant, le courant est vu sur l'affichage.

Pour vos TR un courant I_{max} de 100mA est assez

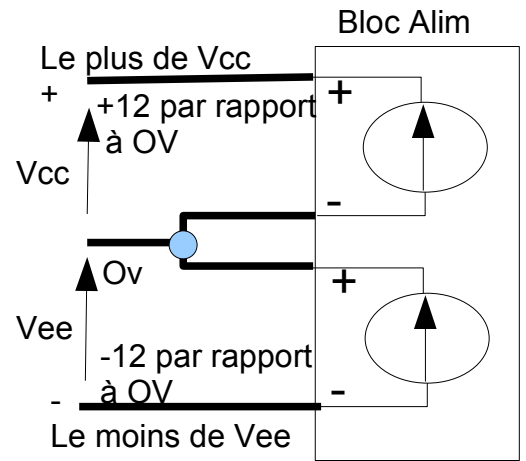


Exemple de câblage

Ampli opérationnel monté en suiveur alimenté en + et - 12V (par rapport à 0v)



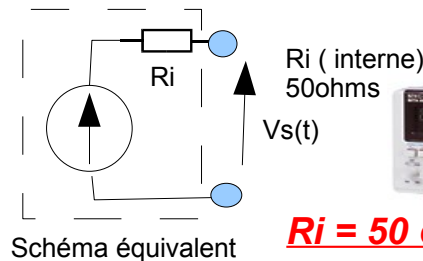
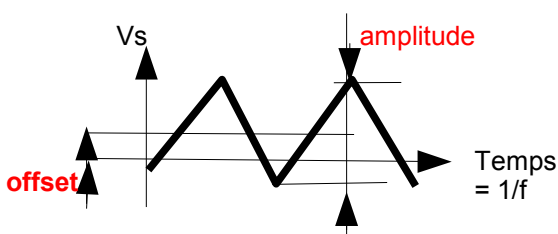
Truc : câblez en Rouge la tension supérieure à 0V et en Bleu le négatif, le noir est réservé pour le 0V. (Vcc Vee Vdd sont des noms de tensions sans plus)



Alternatives Le GÉNÉRATEUR

Faible puissance (moins de 100mW) : LE GBF ou Générateur de fréquences. Souvent nommé GBF (en dessous de 10MHz), vous l'utiliserez pour produire des tensions sinusoïdales pour il réaliser des tracés de Bode, il produit aussi des horloges aux niveaux TTL.

Exemple de signal fourni = un triangle



Ri = 50 ohms

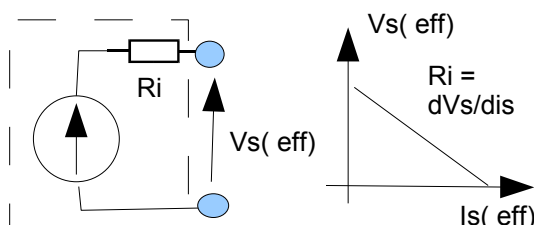


Puissance (supérieure à 1W) : LE TRANSFO ou transformateur

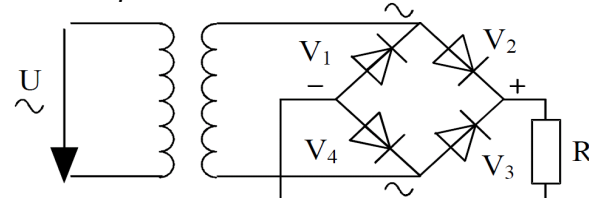
Il sert à alimenter les montages possédant un système de redressement et de filtrage. Ils fournissent un signal sinusoïdal sans composante continue.

Schéma équivalent

R_i (ou interne)
Dépend du transfo
 V_u de la sortie elle se mesure pratiquement à l'ohmmètre entrée du transfo ouverte.



Exemple d'utilisation : le redressement

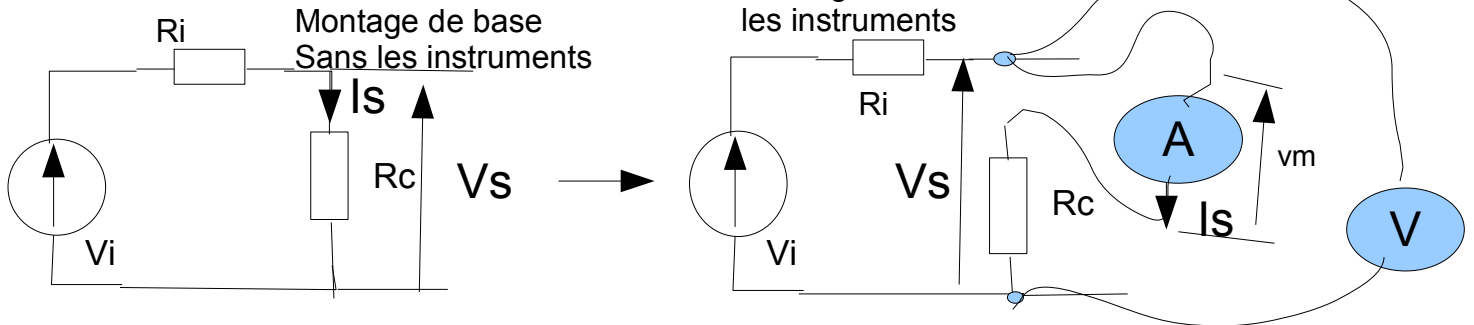


OUTILS D'INVESTIGATION : MESURER

Voltmètres et ampèremètres

Ces Instruments se connectent par 2 fils dans le montage à analyser, ils permettent d'y mesurer les caractéristiques des tensions ou des courants .

Comment mesurer I_s et V_s ?



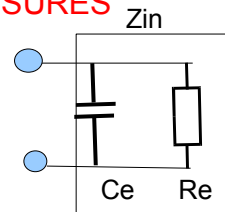
La mise en place de l' ampèremètre oblige l'ouverture du circuit à étudier, la mesure de I_s provoque une chute de tension (v_m) pouvant perturber les mesures .

La mise en place du voltmètre se fait sans toucher au câblage, cependant le voltmètre dérivera un courant (i_m) qui peut perturber les mesures.

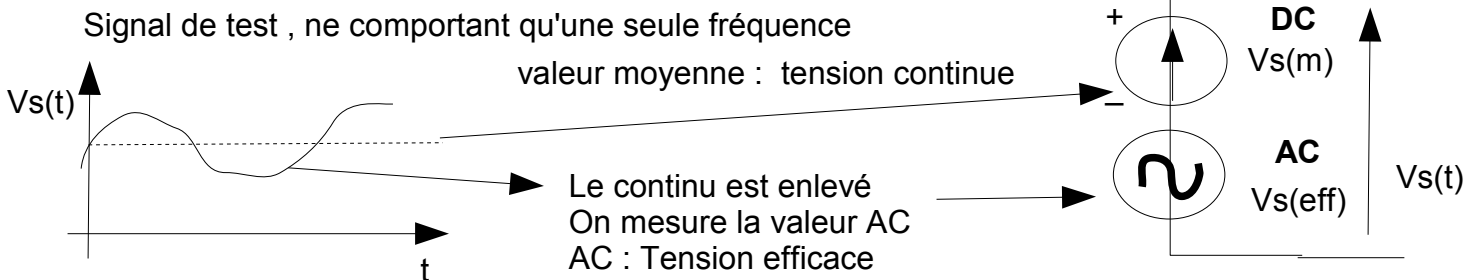
Attention: TOUS LES INSTRUMENTS PERTURBENT LES MESURES

Schéma équivalent d'un voltmètre

	R_e	C_e	f_{max}
voltmètres à aiguille	50k / V	1000pf	1Khz
voltmètres numériques	10 Meg	300pf	100Khz



MESURES « AC et DC » ? Grâce à Mr Fourier , nous savons que tout signal peut se décomposer en une tension continue (DC , ou valeur moyenne du signal), additionnée d'une ou plusieurs tensions sinusoïdales de fréquences différentes (AC). Le test des montages sera décomposé en une succession de tests avec un seul sinus, test répété à toutes les fréquences nous intéressant. A chaque fréquence testée on mesurera la valeur AC et DC du signal .



Mesures de la valeur AC et DC au voltmètre numérique

Mesure de la partie DC d'un signal : l'appareil est placé sur le calibre DC

L'appareil fait 10000 mesures à la seconde, le chiffre montré est la moyenne de tous les échantillons pendant 1 seconde . Les informations sont rafraichies une fois par seconde.

Mesure de la partie AC d'un signal: si l'appareil est resté sur le calibre DC (erreur) il nous donnera la valeur moyenne de la tension mesurée . Soit 0V pour un sinus.

Sur le calibre AC Un condensateur est placé en série (dans l'appareil) , il enlève le continu ! L'appareil fait (suivant sa qualité) 100000 mesures à la seconde, il élève chaque mesure au carré, en fait la valeur moyenne sur 1 seconde et nous affiche la racine carrée de ce chiffre .

Il s'agit de la valeur **RMS: V_{rms}** (root mean square). En français Valeur efficace ou **V_{eff}** La valeur rms ou eff est égale à la même tension continue, qui sur une résistance provoquerait la même élévation de température (d'où le U^2).

REMARQUE Théoriquement L'expression RMS est suffisante pour caractériser un signal, elle englobe AC et DC en un seul résultat. Pourtant du fait du condensateur qu'ils ont en série, les voltmètres expriment une valeur RMS qui ignore la composante continue (DC) : le but des constructeurs est de mieux suivre l'esprit de la décomposition de Fourier.

TRUC pour savoir si un condensateur est placé en série dans le voltmètre, vérifiez qu'en calibre AC ce voltmètre affiche 0Veff lorsque vous mesurez une tension continue.

OUTILS D'INVESTIGATION : OBSERVER

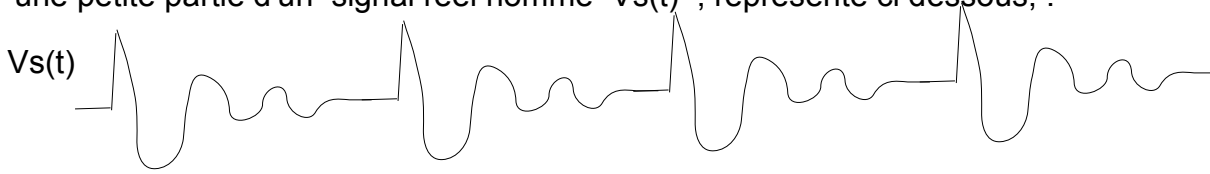


L'OSCILLOSCOPE

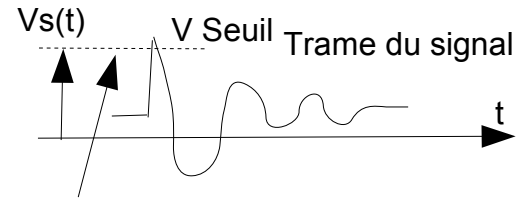
Cet instrument graphique essaie de nous montrer en temps réel la forme des signaux électriques. L'oscilloscope est un plan X Y, l'axe X est celui du temps, l'axe Y montre la tension du signal.

Principe de l'oscilloscope numérique :

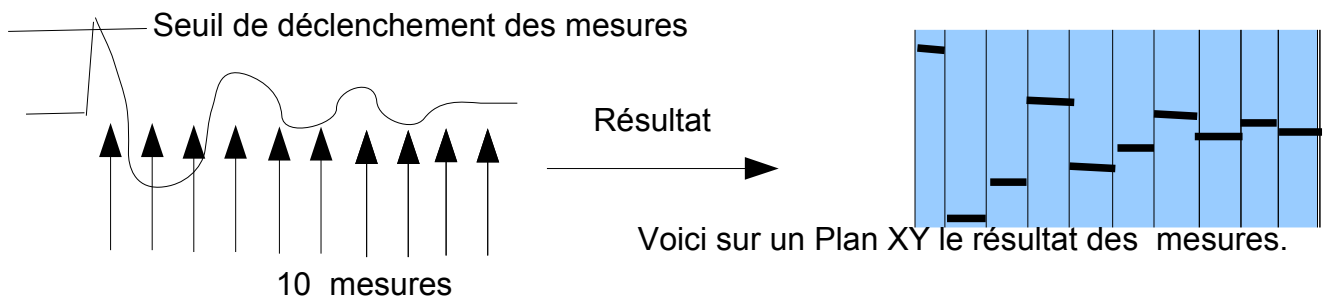
Soit une petite partie d'un signal réel nommé $V_s(t)$, représenté ci dessous, .



Visiblement ce signal est répétitif, en l'observant mieux on trouvera même qu'un motif (trame) se répète. Si sur un écran j'observe une « trame » je ne perdrais pas d'informations sur le dit signal. Seul problème comment faire pour que mon équipement trouve le début de la trame ?

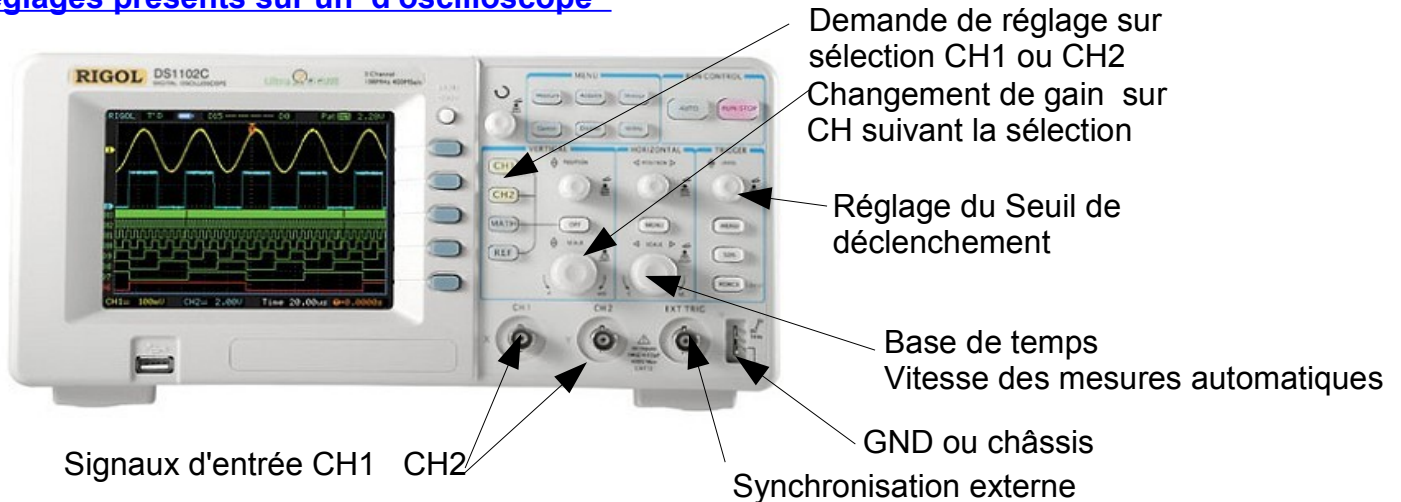


Synchronisation sur seuil, lorsque le signal dépasse la tension V_{seuil} , on déclenche un dispositif automatique qui (par exemple) fait 10 mesures pendant un temps dT .



Le principe étant expliqué, vous admettrez facilement qu'en pratiquant 1000 mesures automatiques nous aurons une meilleure image sur notre écran, avec plus de détails. Cet exemple montre aussi que si le nombre de mesures est inférieure au nombre de variations du signal, on risque de montrer des choses irréelles (faites l'essai)

Réglages présents sur un d'oscilloscope



Entrées BNC et CALIBRATION AC / DC

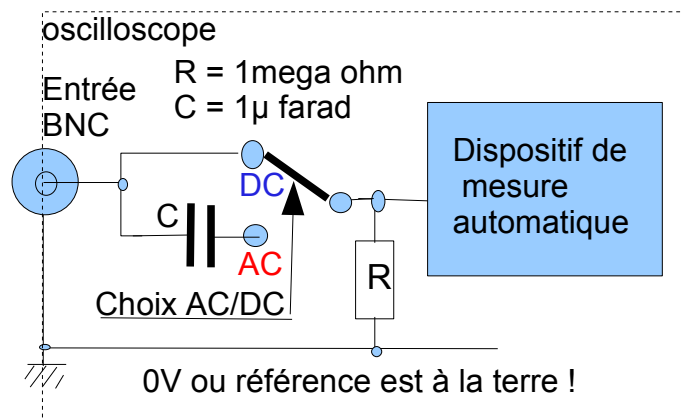
Une mesure de tension se fait entre 2 fils, un au 0V (référence), l'autre sur le signal à mesurer.

2 choix de circuits de mesure sont possibles.

Le choix **DC**, l'oscilloscope voit TOUT.

Le choix **AC**, la composante continue est enlevée (par C), en AC seuls les signaux dont la fréquence est supérieure à 10 Hz sont observables.

TRUC faites très attention au choix AC DC, La mesure en DC réserve moins de surprises

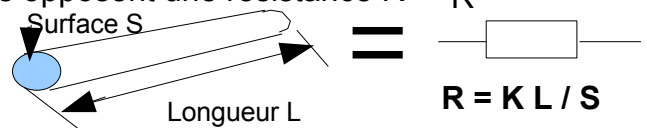


OBJETS D'ENQUÊTE

OBJETS CONDUCTEURS: du fil à la résistance

Approche théorique

Modèle électrique avec un courant continu, les fils opposent une résistance R
 K étant le coefficient de conduction du matériau
 K s'exprime en ohm.m $k_{\text{cuivre}} = 17 \cdot 10^{-9}$
 L est la longueur du fil en m.
 S la section du fil exprimée en m^2



Exercice quelle est la résistance d'un fil de cuivre de 10m, $S = 0,5mm^2$. $R = \dots\dots\dots?$

Comportement en température

La chaleur agit sur le coefficient K , généralement il augmente avec la température.
 On exprimera R par rapport à sa valeur R_0 observée à une température de référence ($0^\circ C$)

$$R = R_0 (1 + a \cdot T) \quad T \text{ température (en } ^\circ C)$$

coefficient d'élévation pour le cuivre (si $T < 300^\circ C$) $a = 0,0001$

pour les résistances des salles de TR $a = 0,001$

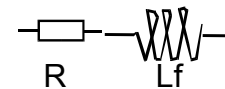
Exercice si une résistance de salle de TR vaut 10KOhms à $0^\circ C$
 Quelle sera sa valeur à $100^\circ C$ $R = \dots\dots\dots?$

Modèle électrique avec un courant alternatif, en plus de la résistance R observée en continu il y a une self L , dont la valeur dépend de la forme et de l'installation du fil.

De plus pour les fréquences supérieures à 10Khz, le courant accepte de moins en moins de circuler au centre des fils pleins, S baisse R augmente.

Avec du courant ou en HF on préférera les fils multibrins.

L_f , inductance du fil = 1nH par mm pour un fil droit



Exercice Quelle est l'inductance associée à 10metres de fils $L = \dots\dots\dots?$
 Si $Z = j L_f 2 \text{ Pi } f$ quelle est son impédance à 10Mhertz $Z = \dots\dots\dots?$

Approche pratique

Fil simple disponible dans les salles de TR

Il est en Fer mélangé à du cuivre et étamé de section $0,5 \text{ mm}^2$ $K = 100 \cdot 10^{-9}$

Exercice quelle est la résistance de 10 mètres de TR $R = \dots\dots\dots?$

Fil double disponible au laboratoire du technicien

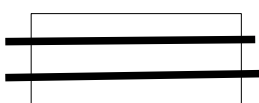
Ce sont 2 fils parallèles utilisés en mode « différentiel », le courant y est injecté dans un des fils et aspiré par l'autre, lorsque ces fils sont torsadés, le courant qui les traverse dans un sens créera un champ magnétique autour du fil qui s'annulera avec celui émis par le courant de retour traversant l'autre fil. La self induction de ce type de fil est fortement réduite, le condensateur parasite observé entre les 2 fils n'est pas atténué.

Comparons du fil secteur et une paire torsadée pour Ethernet

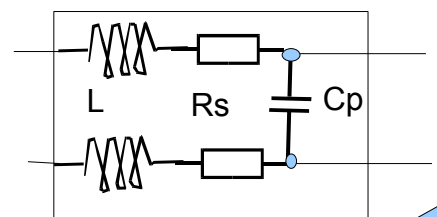
2fils secteur de $1mm^2$, $L = 100nH/m$, $R_s < 0,01ohms/m$ $C = 20pF/m$

Paire torsadé(ADSL) $L = 10 \text{ nH/m}$, $R_s > 0,1 \text{ ohm/m}$ $C > 60pF/m$

2 fils en parallèle



2 fils en parallèle ont comme modèle électrique un quadripôle



Exercice quelle est la capacité observée entre les 2 fils de la paire torsadée qui vous relie à ADSL, si vous êtes à 3KM du terminal $C = \dots\dots\dots?$

OBJETS RESISTIFS : La résistance



Les résistances sont des conducteurs organisés pour s'opposer au courant ! , elles se caractérisent par leur valeur exprimée en OHM, cette valeur est connue avec une précision « p » , valable sur toute une gamme de contraintes comme la chaleur. La température d'une résistance peut provenir de son environnement mais aussi de la puissance qu'elle dissipe par effet joule.

Précision des résistances $R = R_0 (1 + p)$

Dans nos salles de TR nos résistances sont précises à +5% près $p = \pm 0,05$

De la notion de précision découle la notion de gamme E12.. E24

La gamme E24 décline 24 valeurs dans une décade, chaque valeur étant connue à 5% près, par rapport à R la résistance suivante R+1 suit la loi $R + 5\%(R) = R+1 - 5\%(R+1)$.

Exercice si une résistance de salle de TR vaut 10KOhms
Quelles sont ses 2 valeurs extrêmes à +5% R..... à -5% R

Action de la chaleur

Action sur la valeur : $R = R_0 (1 + a T)$ pour les résistances des salles de TR $a = 0,001$

Action destructrice : au delà d'une température donnée par le constructeur , les résistances se détériorent , elles peuvent mettre le feu au reste des composants.

Utilisons les informations données par les constructeurs .

Tmax la température à ne pas dépasser

W la puissance nominale à une température T_s .

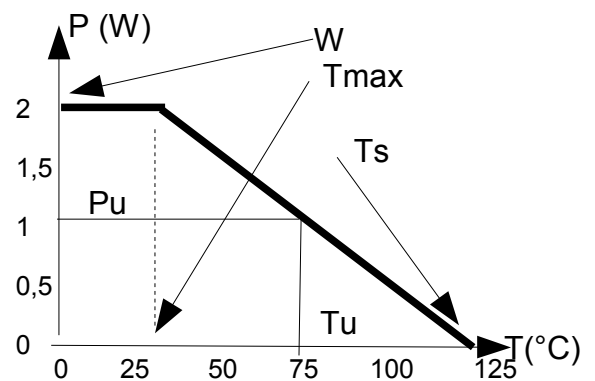
Tracez Le graph de fonctionnement et montrez qu'a la température d'utilisation T_u que vous prévoyiez, vous pourrez dégager la puissance **Pu** correspondant à la tension prévue aux bornes de votre résistance. $P_u = U^2/R$

Exemple avec une résistance de 2W

$P_{max} = 2W$ à $25^\circ C$, $T_{max} = 125^\circ C$

À $75^\circ C$ vous ne pourrez pas dégager plus que 1W

Bien que la résistance fasse 2W.



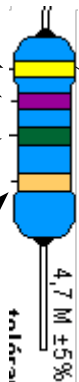
Exercice une résistance de salle de TR de 1KOhms , $W = 0,2W$ à $T_s = 25^\circ C$, $T_{max} 125^\circ C$
À $T_u = 75^\circ C$, quelle est la tension max que je puisse lui appliquer à ses bornes V.....?

Marquage des résistances

2 premiers chiffres de la valeur

Nombre de zéro qui suivent

Précision
argent 10%
Or 5%



Couleur	Valeur
argent	-2
or	-1
noir	0
marron	1
rouge	2
orange	3
jaune	4
vert	5
bleu	6
violet	7
gris	8
blanc	9

Sur cette résistance on lira
Jaune 4
Violet 7
Vert 5 zéro vont suivre
4700000 soit 4,7 Megohms

Exercice Quelles sont ces 2 valeurs

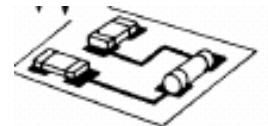
R.....

R.....



Résistances CMS

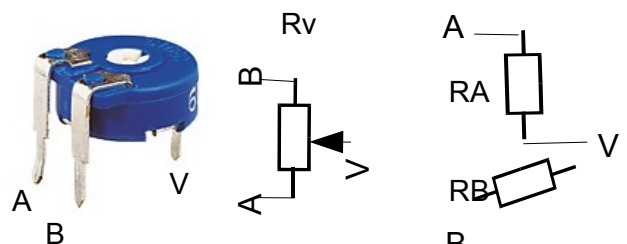
Elles sont de petites tailles
Exemple la 0805 fait 0?
8mm de long sur 0,5mm de large , 1/8 W à 25°



Résistances variables, potentiomètres

Prévus pour ajuster une valeur ou un réglage.

Chaque réglage entraîne un surcours de 10€



La valeur marquée sur le composant est celle de la résistance mesurée entre le point A et B.

$R_{pot} = (R_A + R_B)$

l'axe de réglage déplace le curseur entre A et B

si R_A baisse , R_B augmente $R_A + R_B = R_v$

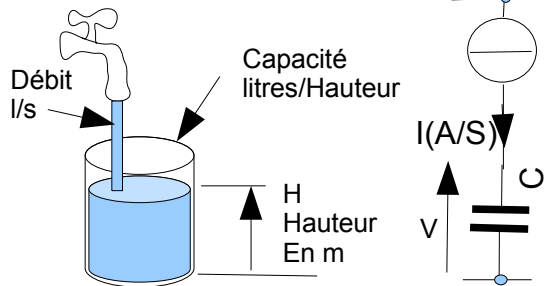
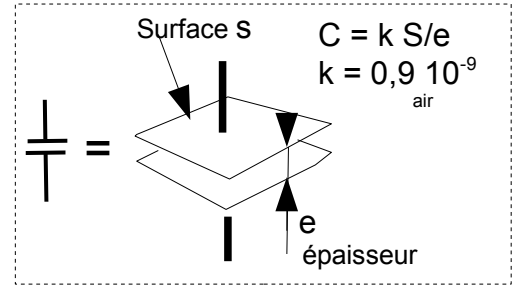
Il existe des potentiomètre Linéaire et d'autres logarithmiques

OBJETS CAPACITIFS : LES CONDENSATEURS

Approche théorique

Les condensateurs, sont des réservoirs à électrons .
 À l'image d' un sceau qui se remplit sous l'effet d'un robinet.
 La valeur de C dépend d'éléments géométriques.

Exercice : les 2 faces d'un circuit imprimé sont espacées de 0,5mm , par un isolant de $K = 2 \cdot 10^{-9}$.
 Quelle sera le condensateur piège entre deux éléments de surface en cuivre de 1cm² . C ?



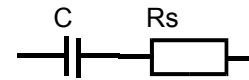
Analogie avec l'eau

un courant d'eau constant remplit un réservoir, on peut calculer la progression du niveau du liquide.
 Soit Q le volume d'eau dans le réservoir
 Avec de l'eau $Q = \text{débit} \times \text{temps} = \text{Capacité} \times H$
 Avec des électrons **$Q = CV = IT$** (à mémoriser)
 Notez la façon d'exprimer la « capacité du réservoir »
 Elle dépend de son volume divisé par la hauteur
 Donc de la surface !! comme $C = K s/e$.

Approche pratique

- Précision** $C_0 = C_0 (1 + p)$ le plus souvent $p = 0,2$ soit **+20%**
- Impédance** (Laplace) $Z_c = 1 / C \cdot p$ $p = 2 \pi f j$ **en haute fréquence c'est un court circuit.**
- Comportement en température** $C = C_0 (1 + a \cdot T)$ a (en TR) $< 0,0001$
- Énergie stockée** EC en joule = $\frac{1}{2} (C U C^2)$ attention à l'énergie stockée
- Claquage** exposés à de fortes tensions ils peuvent ne pas résister .
- Fiabilité** attention à la durée de vie des condensateur polarisés elle est divisée par 2 tous les 10°C .
- Modèle de comportement en haute fréquence**

Tous Les condensateurs ont une résistance interne elle ne perturbe pas forcément nos montages.



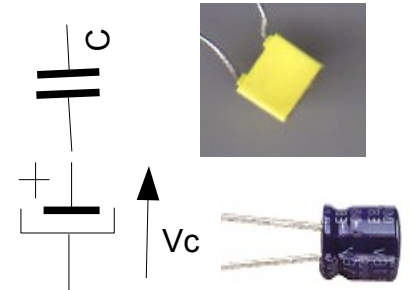
CONDENSATEURS DISPONIBLES EN SALLE DE TR

La famille Céramique Leur valeurs vont de 100pF à 1µ Farad.

Issus d'une technologie mille feuilles, faits avec dépôts de métal sur des surfaces en céramique peu épaisses, ils sont précis (+_10%), petits , mais ne résistent pas à des tensions supérieures à 64V .Rs < à 1ohm

La famille Chimique Leurs valeurs vont de 0,1 à 10000µF

Issus d'une technologie feuilles minces enroulées, noyées dans un acide, leur corps en métal et raccordé à une de ses 2 broches. ils sont peu précis (+_20%), ne résistent pas à des tensions inverses d'où leur polarisation et sont limités en tension. **Vc toujours > à 0v.**



Condensateurs variables ils existent de 10 à 100pf (nous n'en avons pas à l'IUT)

Découplons les parasites provoqués par le fonctionnement de l'électronique

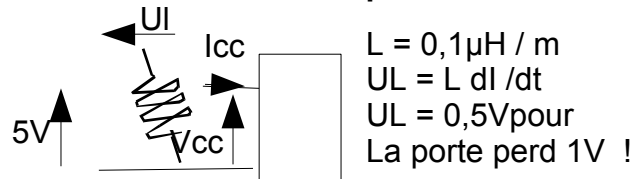
Utiliser un condensateur dans le cas d'un calcul pour trouver les constantes de temps d'un filtrage semble normal, pourtant leur rôle ne se limite pas à ce travail, il servent aussi au **découplage** des montages pour fournir du courant quand les fils n'en peuvent plus.

Exemple :

Soit le circuit suivant

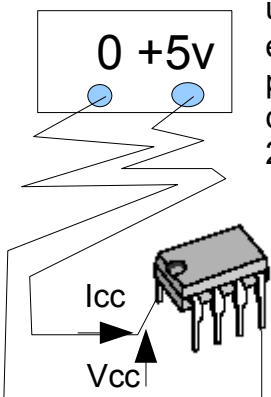
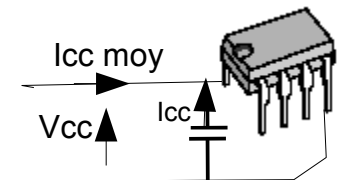
une porte MOS est alimentée en 5V **par 2 fils** de 50 cm pour commuter de 0 à 5V cette porte a besoin d'énergie 20 pico joule ! 10mA pendant 1nS

Schéma équivalent.



Solution

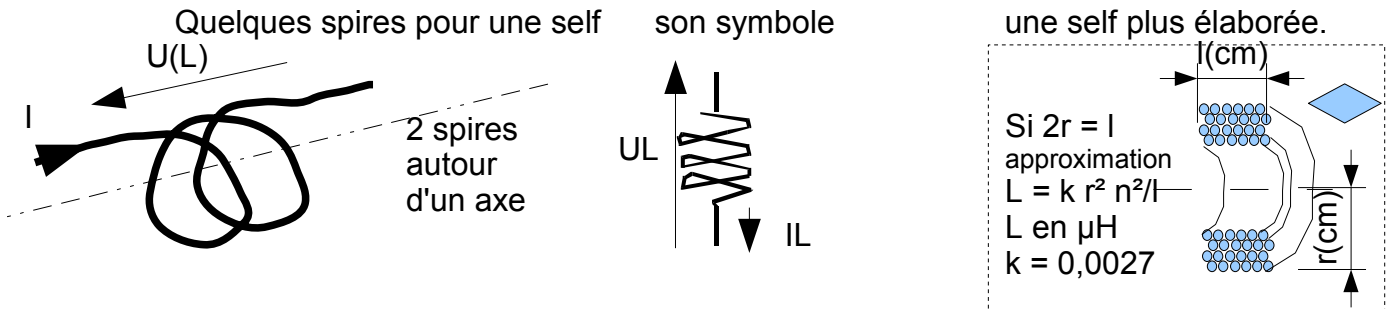
c'est à un condensateur de découplage de fournir le courant de commutation i_{cc} .
 $dV_{cc} = i_{cc} dt / C$: $C = 1nf$ $dV_{cc} = 0,02V$
La logique sans découplage ne marche pas !



OBJETS INDUCTIFS : SELFS ou INDUCTANCES

Contrairement aux condensateurs qui stockent de l'énergie sous forme électrostatique, les selfs ou inductances stockent l'énergie sous forme magnétique, l'analogie avec de l'eau est plus complexe, il faut imaginer un flux d'eau dans un tuyau où serait placée une hélice, si le flux s'accélère l'hélice met du temps à monter en vitesse, alors une différence de pression apparaît à ses bornes. Si le flux stoppe l'hélice par sa masse continuera à tourner provoquant une aspiration qui peut détruire le tuyau.

Réalisation Autour d'un fil traversé par un courant, on observe un champ magnétique, tous les fils sont donc des inductances, leur valeur est de 1nH au centimètre. Pour augmenter la valeur cette self on l'entoure en spires autour d'un axe, La valeur d'une self dépend du carré du nombre de spires.



En glissant sur son axe des matériaux magnétiques adaptés, on augmente la valeur de la self

Éléments pratiques

Précision $L_0 = L_0 (1 + p)$ le plus souvent $p = 0,2$ soit $\pm 20\%$

Impédance (Laplace) $ZI = Lp$ $p = 2 \pi f j$, **en basse fréquence c'est un court circuit !**

Comportement en température $L = L_0 (1 + a \cdot T)$, $a = 0$ dans l'air, $a = -0,01$ céramique

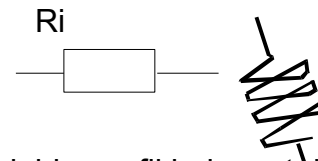
Énergie stockée E_L en joule = $\frac{1}{2} L I^2$ attention à l'énergie stockée elle ressort en étincelles

Claquage exposés à de fortes tensions des arcs électriques se font entre les spires.

Fiabilité attention à la température pour les selfs à noyaux.

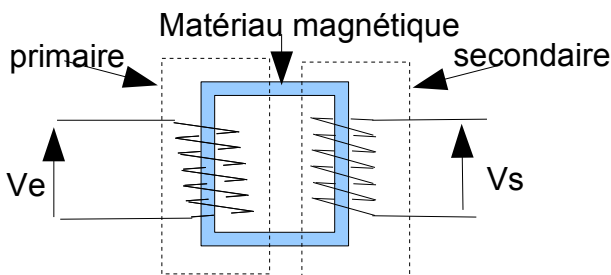
Modèle de comportement en haute fréquence

Toutes Les selfs ont une résistance interne



Le transformateur

Si on place un fil à côté d'un autre fil traversé par un courant variable, ce fil baignant dans le champ magnétique variable fabriquera une tension à ses bornes, Il s'agit d'un couplage électromagnétique. Si les fils sont bobinés ensemble autour d'un noyau magnétique bien fait, il y aura un bon couplage, donc la possibilité de transférer de l'énergie au second fil sans pertes.



N_p : nombre de spires au primaire

N_s : nombre de spires au secondaire

Tension primaire sinusoïdale

Tension secondaire déphasée de 90°

À vide (sans charge R_c au secondaire)

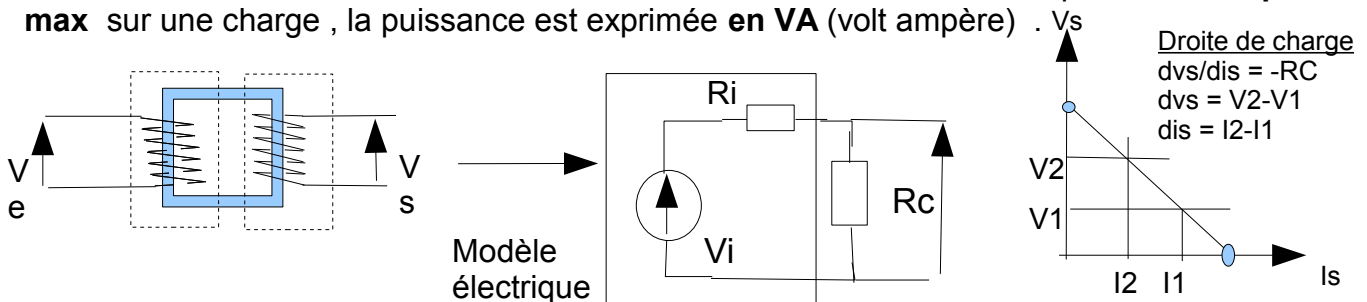
$$V_s = V_e \cdot N_s / N_p$$

En charge sans pertes

$$I_s = I_e N_p / N_s$$

En pratique

Les transformateurs sont principalement utilisés pour abaisser la tension du secteur vers une valeur utilisable, comme du 12VAC. Les pertes sont occasionnées par effet joule par le passage du courant dans les fils du primaire et du secondaire. Sur le transformateur les constructeurs inscrivent 2 informations, **La tension** de sortie en **Veff** mesurable lorsqu'il délivre sa **puissance max** sur une charge, la puissance est exprimée en **VA** (volt ampère).



OBJETS SEMI-CONDUCTEUR: LA DIODE PN

Mise en équations

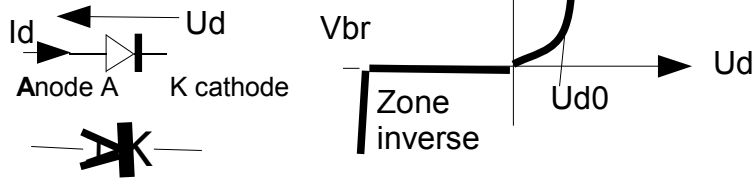
$$I_d = I_{ss} (\exp(U_d / V_t) - 1) \diamond$$

I_{ss} courant inverse fixe.

$$V_t = k.T/q = 26\text{mV à } 300\text{K}$$

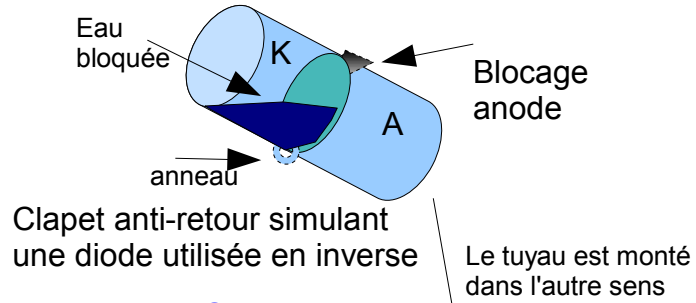
composant non linéaire !!

Sensible à la chaleur !!



Modèle avec de l'eau

Une plaque ronde articulée sur un anneau, obstrue un tuyau, un blocage (triangle) l'empêche d'aller dans un sens, l'eau ne pourra traverser le tuyau que dans un sens.



Par quel Modèle remplacer une diode dans les calculs ?

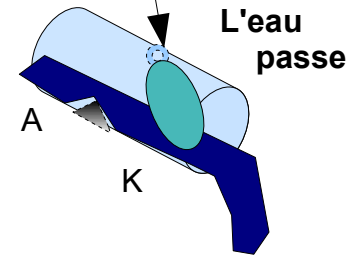
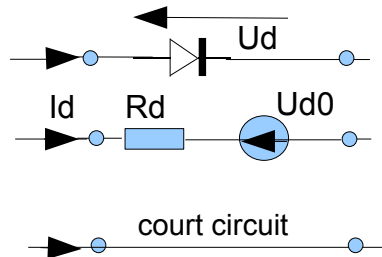
Polarisation sens DIRECT : U_d est positive

Modèle : tension U_{d0} , et une résistance R_d

$$U_d = 0,6\text{V à } 300\text{K } (27^\circ\text{C}) \text{ (varie de } -2\text{mV}/^\circ\text{C)}$$

$$R_d = 25\text{mV} / I_d \text{ soit } 25 \text{ Ohms pour } 1\text{mA}$$

R_d est souvent remplacée par 0 Ohms



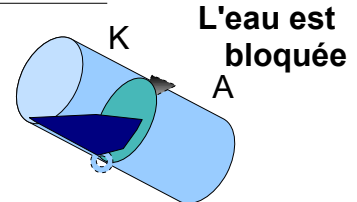
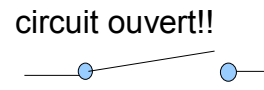
souvent on résume ce modèle à un **court circuit**

Polarisation en INVERSE : U_d négative avant V_{br}

ici le modèle de la diode est un circuit ouvert

avant d'atteindre la tension V_{br} : $I_d = 0$ et $V_{br} > 100\text{V}$

en TR la diode en inverse est un circuit ouvert!!



Polarisation inverse : effet ZENER

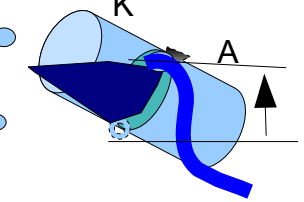
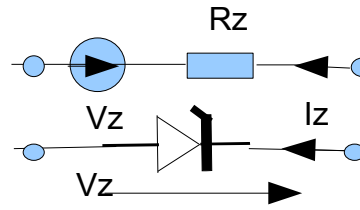
Lorsque **V_{br} est atteinte** si I_d force $U_d > V_{br}$

v_{br} ou V_z peut être choisie de 2,4V à 27V

si V_z est atteint le modèle est $v_z + R$, $R_z = 25\text{mV}/I_z$

attention I_z est représenté en inverse par rapport à I_d

R_z est souvent négligée, remplacée par 0ohms



Diodes disponibles en salle de Tr

Diodes petit signal IN914 ou 1N4148 (les toutes petites)

Tension inverse max V_{br} : à 80 V pas de problème pour vos TR

fréquence d'utilisation \leq à 10 Mhz

Courant max en application dit petit signal 10mA

Courant moyen de redressement max 50mA

Courant de destruction $I_d = 90\text{mA}$

DIODES de redressement 1N4001

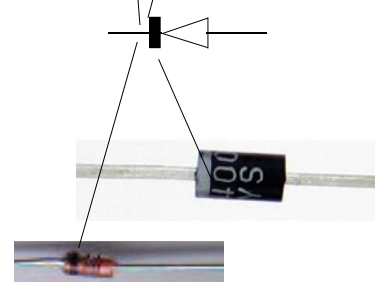
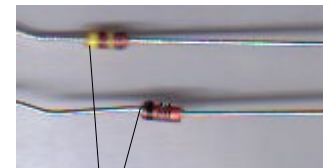
(grosse diode noire avec barre blanche (Cathode) diamètre 3 mm)

Tension de claquage $V_{br} \geq 300\text{V}$ (pas pour le secteur)

fréquence d'utilisation $\leq 10\text{Khz}$

Courant de redressement max 1A Dc (pendant 10ms à 50HZ))

Courant de Destruction 2A puissance $V_d \times I_D = 1\text{W}$



Diodes dites de Zener : V_{br}

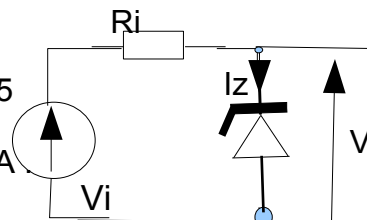
Rôle : ce sont des référence de tension V_z

En salle de Tr Plusieurs valeurs 5V1 et 7V5

puissance max = $V_z \times I_z$: 0,3w (en TR)

courant minimal pour garantir l'effet zener 5mA

Utilisées dans le sens direct c'est une 1N914.



$$R_i = 200 \text{ ohms } V_z = 5\text{V1}$$

Avec $V_i = 10\text{V}$

$$I_z = (V_i - V_z) / R_i = 25\text{mA}$$

Avec $V_i = 7\text{V}$

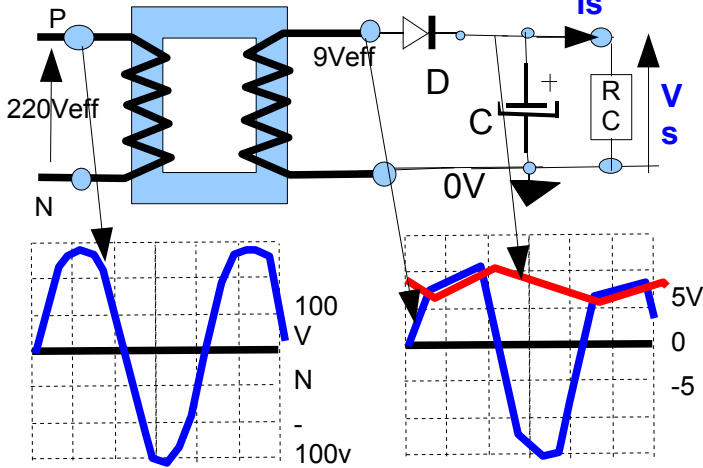
$$I_z = (V_i - V_z) / R_i = 10\text{mA}$$

Si $I_z > 5\text{mA}$ $V_z = 5\text{V1}$

OBJETS SEMI-CONDUCTEURS: UTILISATION de la DIODE

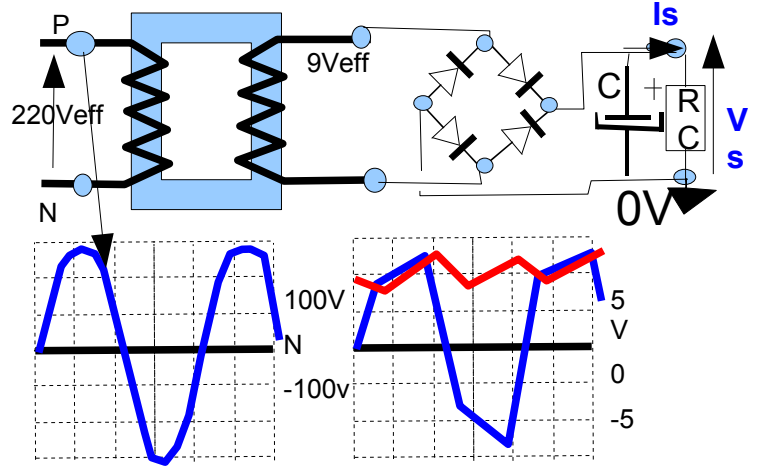
Redressement But : produire des tensions continues à partir de tensions alternatives .

Redressement simple alternance



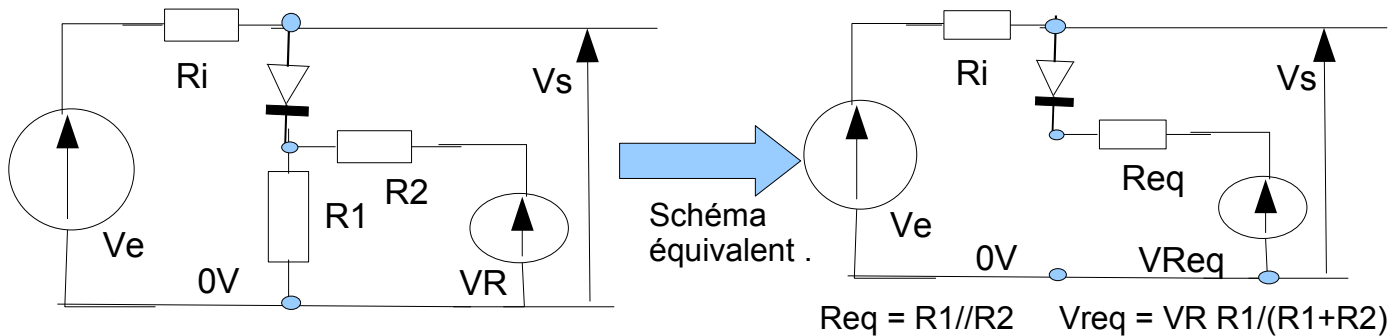
Montage simple qui oblige le transfo à fonctionner sans symétrie. Il chauffe plus
1 diode = 10ct C = 470µF = 1€

Redressement double alternance en pont



Montage où le transfo fonctionne mieux
C fonctionne à une fréquence double
4 diodes = 40cts C = 220µF = 50Ct
Le prix d'un condensateur de son poids , hors le poids dépend de la valeur ! .

Limitation en Gain But : apporter un affaiblissement qui dépend de la tension d'entrée .



$$Req = R1 // R2 \quad Vreq = VR R1 / (R1 + R2)$$

Etude Deux zones de fonctionnement sont observables ,

$Ve < Vreq$ tension d'entrée inférieure à $Vreq$, la diode ne conduit pas $Vs = Ve$.

$Ve > Vreq$ tension d'entrée dépasse $Vreq$, la diode conduit , $Vs = K Ve$ ($K < 1$)

Schéma équivalent $ve < Vreq$

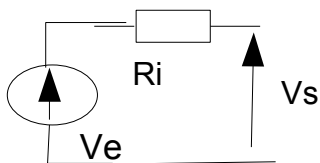
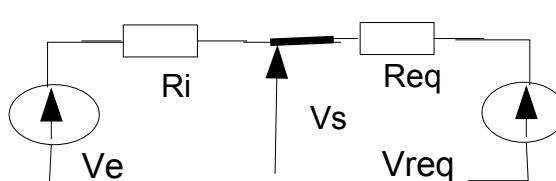


Schéma équivalent $ve > Vreq$ diode = fil



Notion de pente = $DVs : Dve$

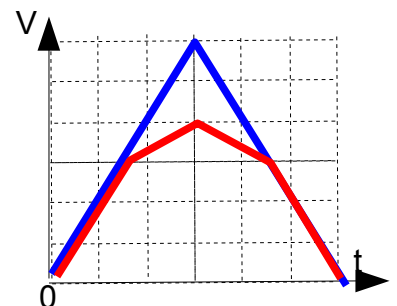
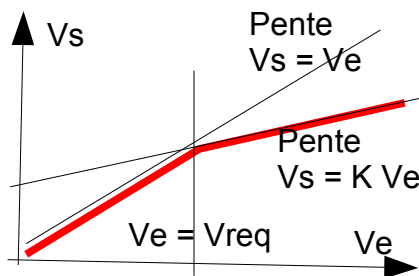
$Ve < Vreq$ pente = 1

$Ve > Vreq$ $Vs = K Ve$

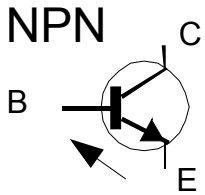
$Vs = Vreq + (Ve - Vreq) Req / (Req + Ri)$

Dérivée $dVs/dVe =$ pente

Pente = $K = Req / (Req + Ri)$



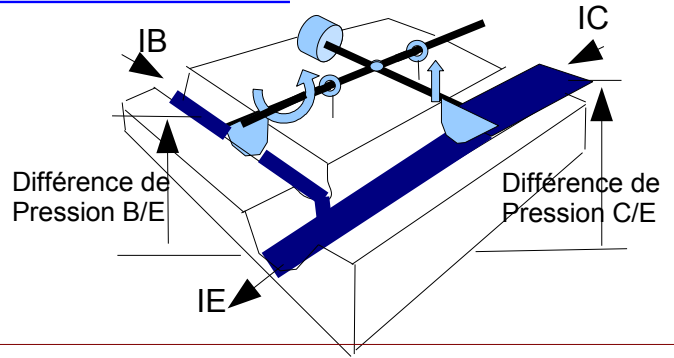
OBJETS SEMI-CONDUCTEURS: LE TRANSISTOR



Analogie avec de l'eau

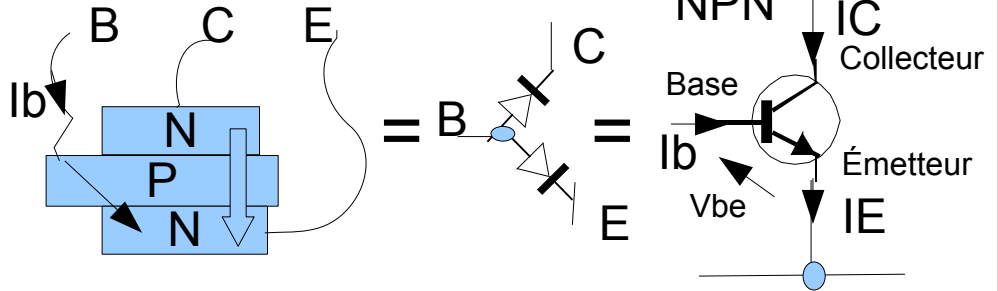
l'eau qui arrive sur le clapet de **base** le poussera et fera tourner son axe, par effet de levier le clapet de **collecteur** suivra le mouvement imposé et laissera passer l'eau

Gain en courant IC/ IB



Réalisation d'un NPN

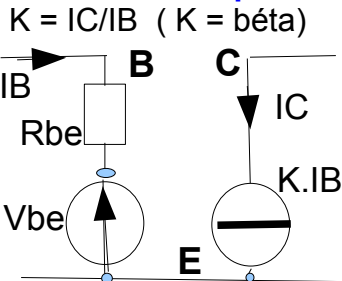
Le NPN est la fusion(*) par les anodes de 2 diodes .
Si on injecte du courant I_b dans une des diode, (par la base), on déclenche le passage du courant entre le collecteur et l'émetteur $I_C = \text{béta } I_b$



Caractéristiques principales

Le transistor c'est 2 jonctions de Diodes, utilisées principalement en polarisant la diode située entre base et émetteur. Donc $V_{be} = 0,6V$
L'autre caractéristique principale est le gain en courant I_C/I_b nommé **béta** ou **K** dans ce document (ou **R** en ex URSS)

Modèle électrique



Valeurs usuelles 2N2222

$V_{BE} = 0,6V$ à $25^\circ C$ ($0,5$ à $75^\circ C$)
 V_{be} baisse de $2mV$ par $^\circ C$!!
 $K(\text{béta}) = I_C/I_b = 150 \text{ max}$ à $I_C = 5mA$
 $R_{be} = 25mV / I_b$ ($25mV = kT/q$)

LE TRANSISTOR EST SENSIBLE A LA TEMPERATURE !

SOYONS PRAGMATIQUES Maintenant en 2010, admettons qu'il est plus facile et moins cher de concevoir et de réaliser un amplificateur basé sur des AOP, qu'avec des transistors. En effet les contraintes imposées par la chaleur, entraînent des montages à transistors si complexes qu'il nous est maintenant difficile de les aborder avant BAC + 2 .

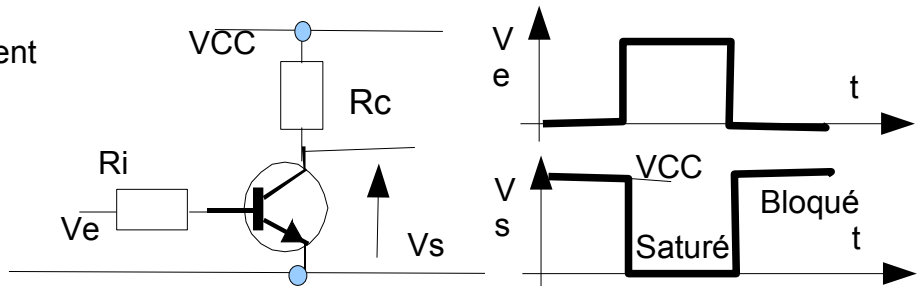
Faire du gain n'est plus le rôle des transistors (jusqu'à 1Ghz), en revanche leur utilisation en interrupteur reste très appréciée. Ils conduisent à fond ou Non .

Transistor en commutation

Le but est d'avoir en sortie uniquement 2 tensions $V_S = 0$ ou $V_S = V_{CC}$.

On bloque le transistor,
Si $V_e = 0$, $I_b = 0$ $V_S = V_{CC}$

On sature le transistor
Avec plus de I_b que nécessaire
 $I_b > V_{CC}/K R_C$

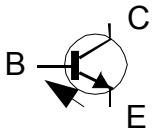


Actuellement en commutation les transistors NPN, sont concurrencés et dépassés par les MOS

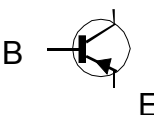
TRANSISTORS disponibles en salle de Tr

Uniquement des transistors petits signaux ($I_C < 50mA$)

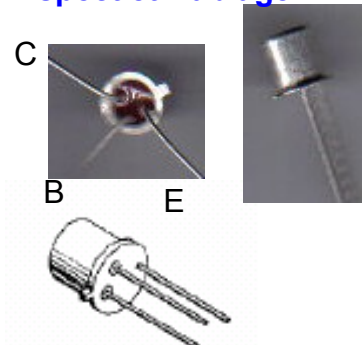
NPN : le 2n2222 gain en courant K ou Béta
150 si $1 mA < I_c < 10 mA$
50 pour $I_c > 20mA$ et $I_c < 0,1 mA$
béta à la fréquence de $200MHz$ $K = 1$
 $V_{CE \text{ max}} = 40V$, après il est détruit !



PNP : le 2N2907 l'exact opposé du 2n2222
Les diodes sont liées par la cathode
Les courants sont inverses
Un PNP est plus cher qu'un NPN



Aspect et Câblage



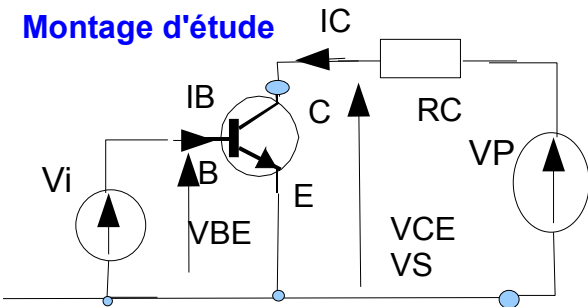
OBJETS SEMI-CONDUCTEURS: UTILISATION du NPN en Gain ◆

Si faire du gain n'est plus le rôle des transistors, cela n'empêche pas d'en parler.

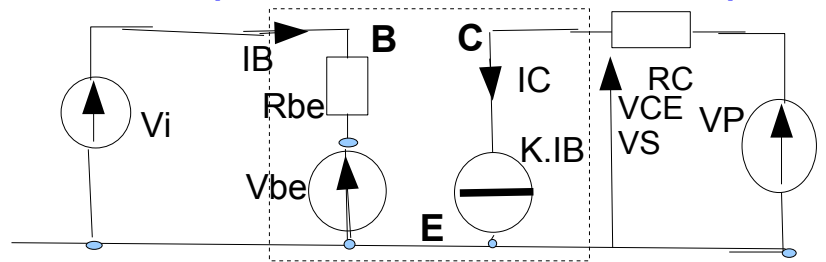
But de l'exercice amplifier un signal sinusoïdal de $0,1V_{eff}$ par 10

DÉBUT comment faire du gain avec un Transistor

Montage d'étude



Transposition avec son Modèle électrique



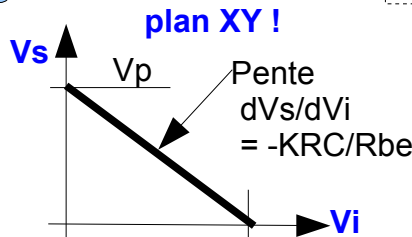
calculs

$$I_B = (V_i - V_{BE}) / (R_{be} + R_i)$$

$$V_{CE} = V_P - R_C \cdot I_C \quad I_C = K I_B$$

$$I_B = (V_i - V_{be}) / R_{be}$$

$$V_{CE} = V_P - (V_i - V_{be}) K R_C / R_{be}$$

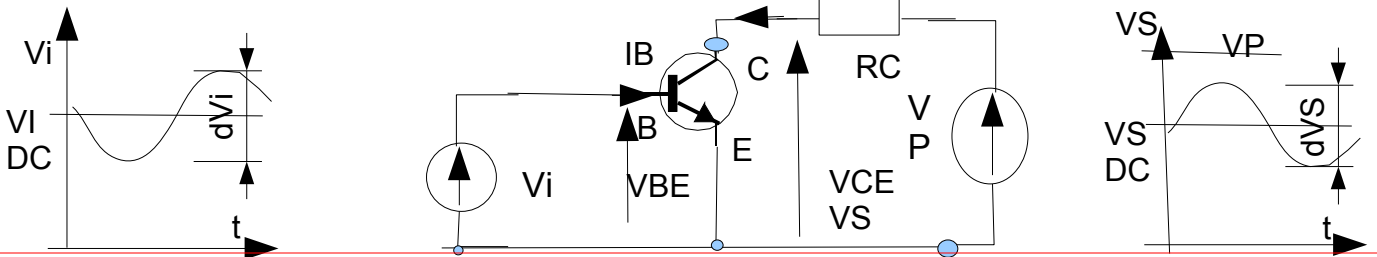


Gain en alternatif dVs/dVi

Lorsqu'on sait exprimer $V_s = f(V_i)$ une simple dérivation par rapport à V_i , nous donnera le gain en alternatif (AC)
 $G(AC) = -K R_C / R_{be}$

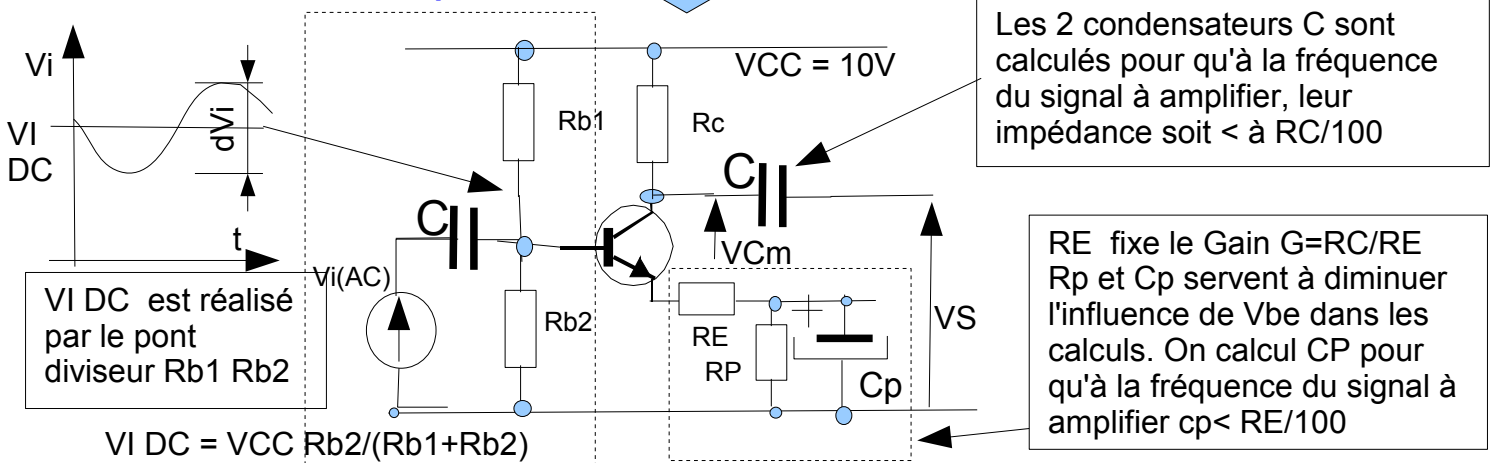
Problème R_{be} varie en température

POLARISONS : spécialisons notre transistor en AC :



Le AC indique que l'on veut amplifier des tensions sinusoïdales évoluant autour de zéro. Comme ce montage ne possède pas de négatif, on ajoute un décalage : $V_I DC$ ou offset de polarisation à l'entrée, la sortie sera naturellement polarisée au milieu de sa pente (plan XY)

Gain de 10 stable en température

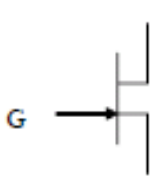


Point de départ : $V_i(AC)$ s'applique directement sur la base du transistor (Z_C faible)
 Exprimons V_{cm} / V_i dérivons nous aurons le gain . $V_{cm} = V_{cc} - R_C \cdot I_C$ avec $I_C = K I_b$
 $I_b = V_i / Z_{in}$ $Z_{in} = R_{be} + (R_E + Z_P) K$ à la fréquence d'étude $Z_P < R_E$ $Z_{in} = R_{be} + K R_C$
 Comme K est max pour 5mA, et comme au point de repos on s'imposera $V_{cm} = V_{cc} / 2$
 $R_C = 1Kohms$. $K R_C$ sera toujours très $> R_{be}$. Alors $Z_{in} = K R_C$ $V_{cm} = V_{CC} - V_i R_C / R_E$
 En dérivant on trouve le gain $GAIN = -R_C / R_E$ pour $G = 10$ nous aurons $R_E = 100 ohms$
 Pour limiter l'influence de la température on choisira $V(R_P) = V_{BE}$ (avec 5mA) R_P se calculera.

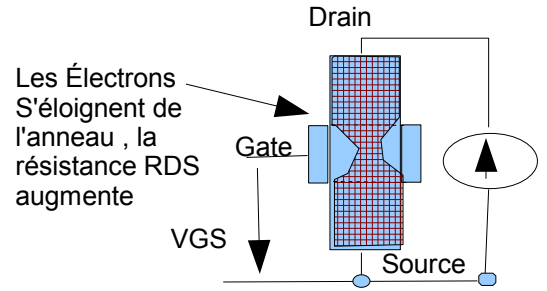
BREF tous les éléments se calculent facilement pour ceux qui en ont de l'expérience. Alors le calcul d'amplis à transistors (de qualité) n'est plus demandé avant BAC+2 .

OBJETS SEMI-CONDUCTEURS: FET et MOS

Principe du FET



D Le FET est un barreau de silicium entouré d'un anneau. Le courant peut circuler entre les deux extrémités du barreau, sauf si une tension est appliquée sur l'anneau, suivant la valeur elle repousse par effet électrostatique les électrons et bloque le courant entre D et S. L'énergie nécessaire est très faible.



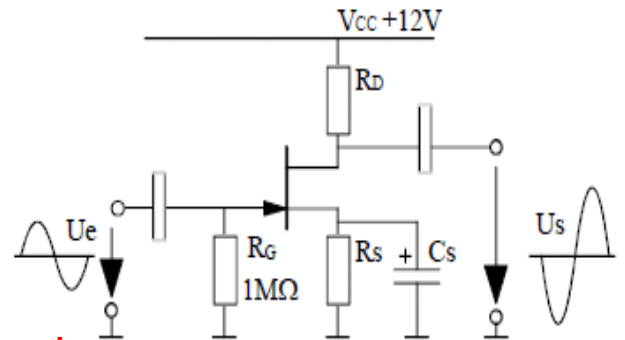
Modèle avec de l'eau

Un Robinet !!

Avec peu de force (tension) j'agis sur le passage de l'eau. Une fois l'action faite il reste dans son état.

Transistor FET et Gain

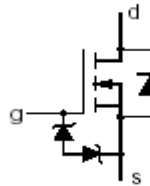
Faire du gain est facile, cependant les techniques de polarisation utilisées proviennent des montages à transistors. La susceptibilité à la température étant la même



Les FET ne sont que très rarement utilisés pour faire du gain

LE MOS, DMOS et CMOS

Ce transistor est dérivé du principe du FET, mais alors que le FET à besoin d'une tension inférieure à la Gate pour agir. Lui n'utilise que des tensions comprises dans la plage de VDS



Utilisation

Sur ce DMOS une tension de 2,5V suffit à rendre passant le canal DS. En dessous il est non conducteur. Ces transistors sont uniquement utilisés en commutation ON/OFF

LES TRANSISTORS NMOS et PMOS sont TRÈS TENDANCE !!

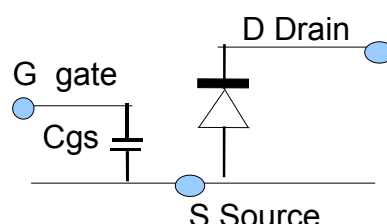
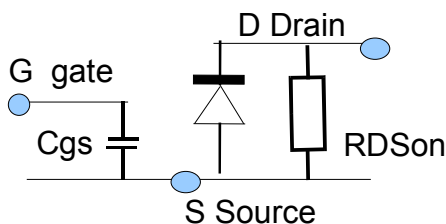
ils remplacent avantageusement les NpN en commutation de Courant. Si la tension de gate (VGS) est supérieure à un seuil, ils sont un court circuit de résistance RDSON (entre drain D et source S) < à 0,1ohm. Si VGS = 0V ils sont bloqués, dans ces conditions RDS = infini. Ils peuvent laisser passer un courant allant jusqu'à 10A . en moins de 50ns.



Schéma équivalent en commutation

si VGS > VGS0 : D saturé

si VGS < VGS0 : D ouvert



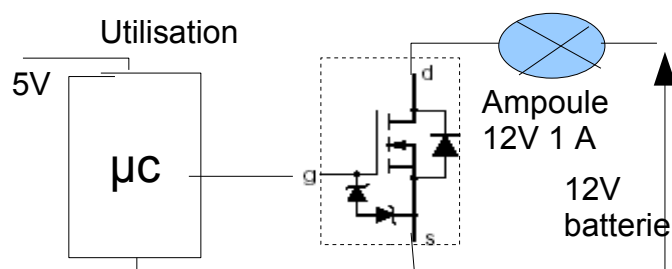
PHT6N06T en cms

RDSON :	0,05 ohms
IMAX :	3 A
VGS0 seuil:	2,5V
Cgs :	600pF
Ton Toff	50ns

Exemple d'utilisation autour d'un microcontrôleur.

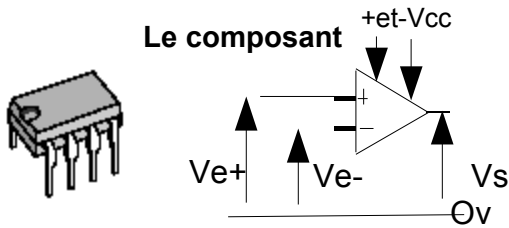
Toutes les diodes sont représentées mais elles sont dans le composant !

Ce composant est un réel progrès, le seul problème est de charger et décharger CGS, seulement si l'on désire commuter très rapidement. (en 100ns)

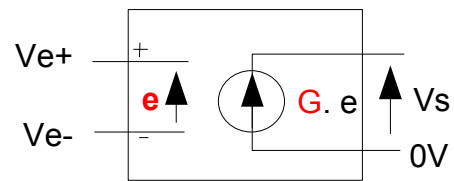


OBJETS SEMI-CONDUCTEURS: LES AMPLIS OPÉRATIONNELS AOP

Ils sont basés sur la technologie des transistors MOS



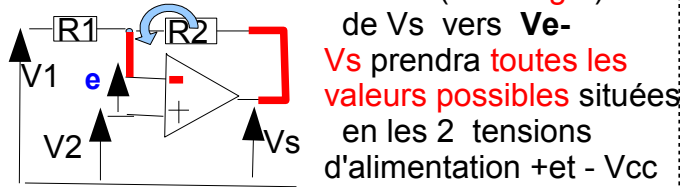
modèle électrique



Gain $G > 1000000$ un million!

2 DOMAINES D'UTILISATION POSSIBLES

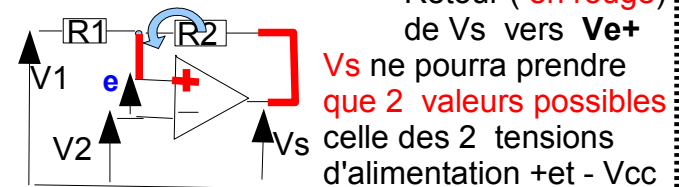
Domaine LINEAIRE



Retour (en rouge) de Vs vers Ve-
Vs prendra toutes les valeurs possibles situées en les 2 tensions d'alimentation +et - Vcc

« e » est non mesurable, elle est dite « nulle »

Domaine NON LINEAIRE



Retour (en rouge) de Vs vers Ve+
Vs ne pourra prendre que 2 valeurs possibles celle des 2 tensions d'alimentation +et - Vcc

« e » existe , elle est facilement mesurable

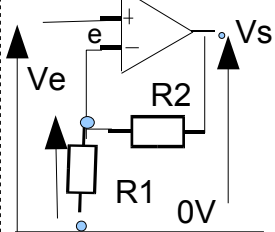
DOMAINE LINÉAIRE : CALCULONS NOS MONTAGES loi des nœuds et des mailles

POINT DE DEPART Penser : Vs est une tension située entre les 2 tensions d'alimentation Alimenté en +12V, $-12 < V_S < +12 = -V_{CC}$. Comme $V_s = G \times e$ avec $G = 1$ million. la tension « e » (entre Ve+ et Ve-) est donc de l'ordre de $12\mu V$ « e » est dite nulle

Exemple de calcul avec 4 fonctions

GAIN POSITIF

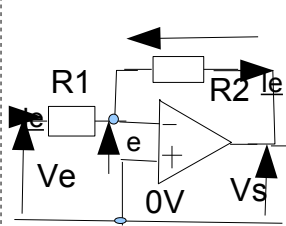
$$G = V_s/V_e = 1 + R_2/R_1$$



$i_e = 0$ $Z_{in} = V_e/i_e = \infty$
La tension de sortie est retournée vers Ve+ par un pont diviseur
 $V_e = V_{R1} + \ll e \gg$
 $\ll e \gg = 0$ alors $V_e = V_{R1}$
 $V_{R1} = V_S (R_1/R_1 + R_2/R_1)$
 $V_s = V_e (1 + R_2/R_1)$

GAIN NEGATIF

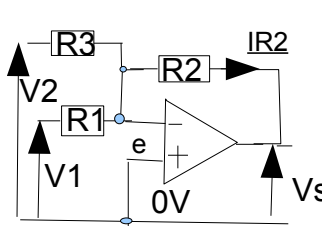
$$G = V_s/V_e = -R_2/R_1$$



$i_e = (V_e - \ll e \gg)/R_1$
 $\ll e \gg = 0$ $i_e = V_e/R_1$
Alors $Z_{in} = V_e/i_e = R_1$
 $V_s + V_{R2} = \ll e \gg = 0$
 $V_s = -V_{R2}$
 $V_{R2} = i_e R_2$
 $V_s = -R_2 V_e/R_1$
 $V_s = -V_e R_2/R_1$

ADDITION

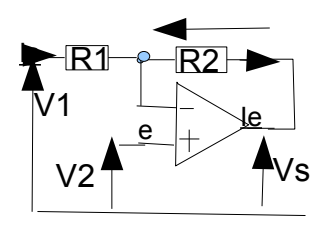
$$G = -(V_1 R_2/R_1 + V_2 R_2/R_3)$$



$i_{R2} = i_{R1} + i_{R3}$
 $V_s = -i_{R2} R_2$
 $\ll e \gg = 0$ $i_{R1} = V_1/R_1$
 $\ll e \gg = 0$ $i_{R3} = V_2/R_3$
 $V_s = -R_2 (V_1/R_1 + V_2/R_3)$

SOUSTRACTION

$$G = V_1(1 + R_2/R_1) - V_2 R_2/R_1$$

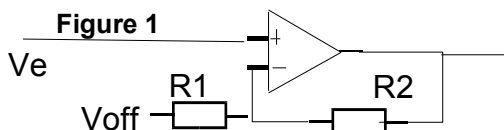


$i_{R2} = i_{R1}$
 $i_{R1} = (V_1 - V_2)/R_1$
 $V_s = V_2 - i_{R1} R_2$
 Z_{in} sur $V_1 = R_1$
 Z_{in} sur $V_2 = \infty$
 $V_s = V_1(1 + R_2/R_1) - V_2 R_2/R_1$

TRUC TOUJOURS DECOMPOSER VOS SCHEMAS EN FONCTIONS SIMPLES

mieux vaut câbler 2 AOP pour faire une fonction, plutôt qu'en utiliser un seul et se tromper. Un AOP ne coûte plus rien !!!, une erreur OUI !!

figure1 R1 et R2 ne satisfont Gve-offset que pour un seul offset et un seul gain. (le montage est figé)

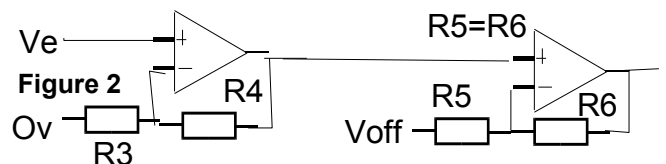


ce schéma semble simple, mais il est très difficile à calculer et à mettre en œuvre

Exemple fonction T = Gve - offset

Figure 2 R3/R4 est le gain G
R5 et R6 injecte l'offset

$$\text{Gain} = 1 + R_4/R_3 \quad \text{offset} = -V_{off} R_6/R_5$$



Ici la séparation des fonctions rend les calculs plus faciles.

OBJETS SEMI-CONDUCTEURS: PERFORMANCES des AOP

LIMITATIONS des AOP

Bien que très complexes les AOP ne savent pas tout faire

Limitation en fréquence:

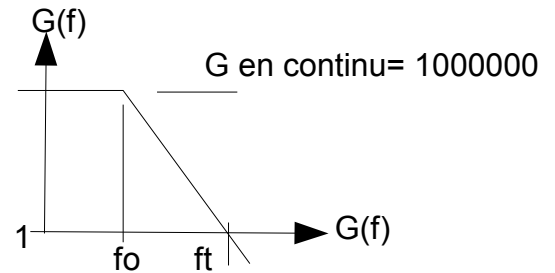
En AC le modèle d'un AOP est 1er ordre

$G(f) = G \times 1/(1 + j f/f_0)$: souvent $f_0 = 50 \text{ Hz}$

cette limitation se caractérise par l'expression du f_t

f_t : ou le produit gain bande:

« f_t » c'est la fréquence où le gain vaut 1

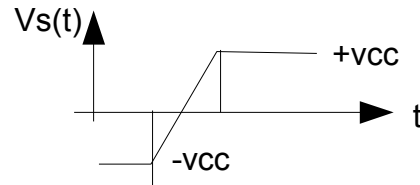


Limitations en excursion

en vitesse de balayage de v_s dV_s/dt .

« **slew rate** » : s'exprime en $V/\mu s$

exemple: vitesse ($V/\mu s$) pour passer de $-V_{cc}$ à $+V_{cc}$



en tension de sortie

Si la tension de sortie peut atteindre la valeur des alimentations + et - v_{cc}

on parlera de « **Rail to Rail output** »

ce n'est pas le cas du TL081 ou 82

en courant de sortie

les AOP acceptent un « **Iout max** » de $\pm 5 \text{ mA}$, sans influence sur le gain.

La technologie des AOP ne permet pas de dépasser ce courant sans conséquence

sur la forme des signaux qu'ils produisent

TRUC : Limitez le courant de sortie à 1mA

En tension d'entrée

Si la tension d'entrée peut atteindre la valeur des tensions d'alimentation

ils sont « **Rail to Rail input** »

Les TL081 et 82 ne le sont pas

En Alimentation minimale

La tension minimale d'alimentation prévue en + et - V_{cc}

« **minimum Vcc supply** »

Bloquage: que se passe-t'il si une entrée de l'AOP est amené à passer au dessus de $+V_{cc}$ ou aller au dessous de $-V_{cc}$? L'AOP se bloque t'il c'est le « **latch up** » (très courant)

AOP disponibles en salle de TR (S1 et S2)

Le TL081 simple AOP non rail to rail in et out

vcc supply max $\pm 18 \text{ v}$ **minimum power supply** $\pm 5 \text{ V}$

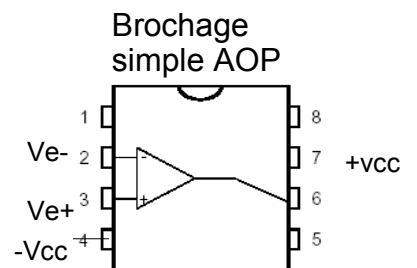
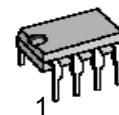
Vs et ve+ ou ve- max $V_{cc} - 1,2 \text{ v}$ $-v_{cc} + 1,2 \text{ V}$

slew rate $6 \text{ V}/\mu \text{ s}$ **Ft** = 5 Mhz **Is out max** $\pm 5 \text{ mA}$

latch up si $v_{e-} < -v_{cc}$

Le TL 082 est un double AOP

avec les mêmes caractéristiques que le 081



+ Dans les salles de TR de S3 et S4 ou au magasin

AD 817 simple AOP non rail to rail

vcc supply max $\pm 18 \text{ v}$ **minimum power supply** $\pm 5 \text{ V}$

Vs et ve+ ou ve- max $V_{cc} - 1,2 \text{ v}$ $-v_{cc} + 1,2 \text{ V}$

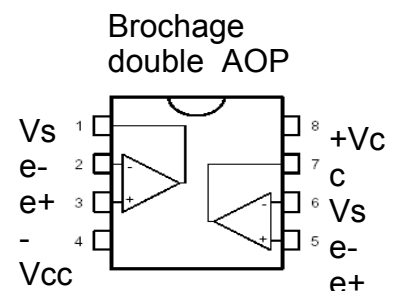
slew rate $350 \text{ V}/\mu \text{ s}$ **Ft** = 60 Mhz **Is out max** $\pm 8 \text{ mA}$

ST972 double AOP rail to rail in et out

vcc supply max $\pm 5 \text{ v}$ **minimum power supply** $\pm 2 \text{ V}$

Vs et ve+ ou ve- max V_{cc} $-v_{cc}$ non latch up

slew rate $500 \text{ V}/\mu \text{ s}$ **Ft** = 60 Mhz **Is out max** $\pm 3 \text{ mA}$



OBJETS SEMI-CONDUCTEURS: PERFORMANCES des AOP

LIMITATIONS des AOP

Bien que très complexes les AOP ne savent pas tout faire

Limitation en fréquence:

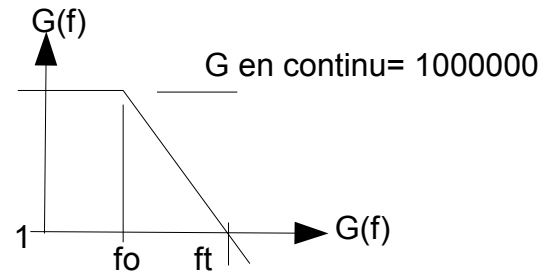
En AC le modèle d'un AOP est 1er ordre

$G(f) = G \times 1/(1 + j f/f_0)$: souvent $f_0 = 50 \text{ Hz}$

cette limitation se caractérise par l'expression du f_t

f_t : ou le produit gain bande:

« f_t » c'est la fréquence où le gain vaut 1

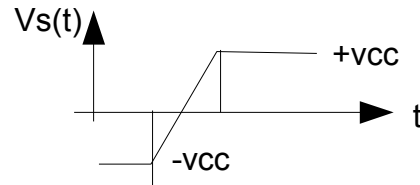


Limitations en excursion

en vitesse de balayage de v_s dV_s/dt .

« slew rate » : s'exprime en $V/\mu s$

exemple: vitesse ($V/\mu s$) pour passer de $-V_{cc}$ à $+V_{cc}$



en tension de sortie

Si la tension de sortie peut atteindre la valeur des alimentations + et - v_{cc}

on parlera de « Rail to Rail output »

ce n'est pas le cas du TL081 ou 82

en courant de sortie

les AOP acceptent un « $I_{out\ max}$ » de $\pm 5\text{mA}$, sans influence sur le gain.

La technologie des AOP ne permet pas de dépasser ce courant sans conséquence

sur la forme des signaux qu'ils produisent

TRUC : Limitez le courant de sortie à 1mA

En tension d'entrée

Si la tension d'entrée peut atteindre la valeur des tensions d'alimentation

ils sont « Rail to Rail input »

Les TL081 et 82 ne le sont pas

En Alimentation minimale

La tension minimale d'alimentation prévue en + et - V_{cc}

« minimum $V_{cc\ supply}$ »

Bloquage: que se passe-t'il si une entrée de l'AOP est amené à passer au dessus de $+V_{cc}$ ou aller au dessous de $-V_{cc}$? L'AOP se bloque t'il c'est le « latch up » (très courant)

AOP disponibles en salle de TR (S1 et S2)

Le TL081 simple AOP non rail to rail in et out

vcc supply max $\pm 18\text{v}$ **minimum power supply** $\pm 5\text{V}$

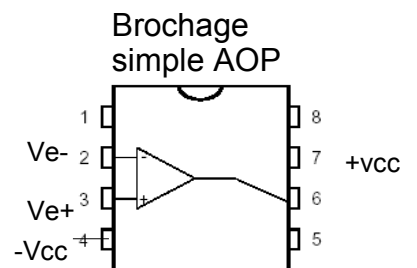
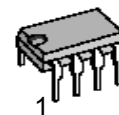
V_s et v_e+ ou v_e- max $V_{cc} - 1,2\text{v}$ $-v_{cc} + 1,2\text{V}$

slew rate $6\text{ V}/\mu\text{s}$ **f_t** = 5 Mhz **$I_s\ out\ max$** $\pm 5\text{ mA}$

latch up si $v_e- < -v_{cc}$

Le TL 082 est un double AOP

avec les mêmes caractéristiques que le 081



+ Dans les salles de TR de S3 et S4 ou au magasin

AD 817 simple AOP non rail to rail

vcc supply max $\pm 18\text{v}$ **minimum power supply** $\pm 5\text{V}$

V_s et v_e+ ou v_e- max $V_{cc} - 1,2\text{v}$ $-v_{cc} + 1,2\text{V}$

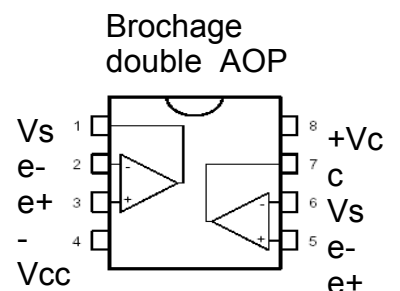
slew rate $350\text{ V}/\mu\text{s}$ **f_t** = 60 Mhz **$I_s\ out\ max$** $\pm 8\text{mA}$

ST972 double AOP rail to rail in et out

vcc supply max $\pm 5\text{v}$ **minimum power supply** $\pm 2\text{V}$

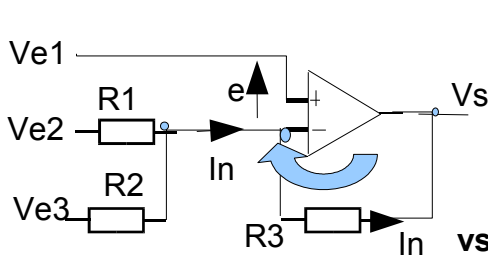
V_s et v_e+ ou v_e- max V_{cc} $-v_{cc}$ non latch up

slew rate $500\text{ V}/\mu\text{s}$ **f_t** = 60 Mhz **$I_s\ out\ max$** $\pm 3\text{mA}$



OBJETS SEMI-CONDUCTEURS: CALCULS AVEC DES AOP

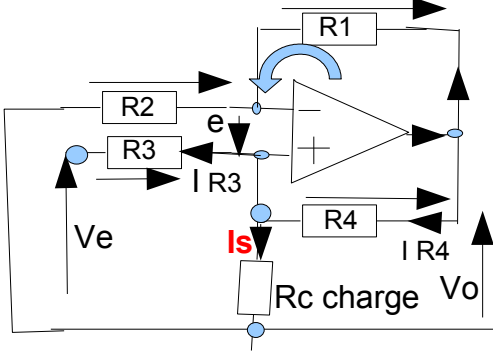
résolution d'un problème complexe.



Point de départ : j'observe un rebouclage vers Ve- cet AOP fonctionne dans le domaine linéaire « e » = 0

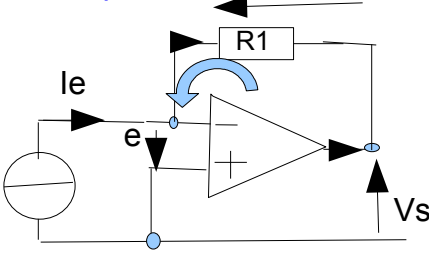
si « e » = 0 on écrit $V_s = V_{e1} - R_3 \cdot I_n$
 $I_n = (V_{e2} - V_{e1}) / R_1 + (V_{e3} - V_{e1}) / R_2$
 $V_s = V_{e1} - R_3 \left((V_{e2} - V_{e1}) / R_1 + (V_{e3} - V_{e1}) / R_2 \right)$
 $v_s = V_{e1} \left(1 + R_3 / (R_1 R_2 / (R_1 + R_2)) \right) - V_{e2} R_3 / R_1 - V_{e3} R_3 / R_2$

transformation U / I
 générateur de courant Is :



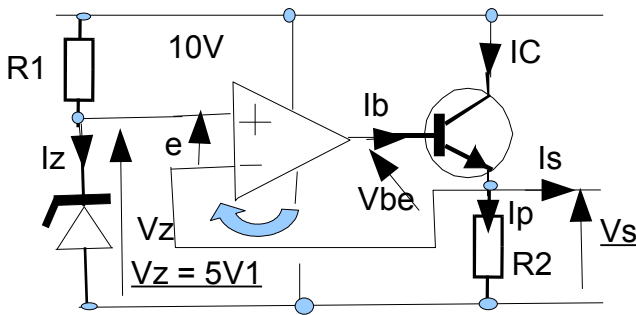
départ : oui j'observe un rebouclage vers Ve- cet AOP est dans le domaine linéaire Je pose « e » = 0
 J'imagine que si l'AOP fournit Is, alors IR4 sort de l'AOP
 Le sens des flèches des tensions s'opposera aux courants.
 Cherchons Is au nœud $I_s = I_{R4} - I_{R3}$
 Comme 'e' = 0 VR2 est sur Rc et VR1 = VR4
 VR2 est issue du pont R1 R2 alors $VR_2 = V_o \times R_2 / (R_1 + R_2)$
 $I_{R4} = (V_o - VR_2) / R_4$ $I_{R3} = (VR_2 - V_e) / R_3$
 Faisons $I_s = I_{R4} - I_{R3}$: $I_s = V_e / R_3 + V_o / R_4 - VR_2 (1 / R_4 + 1 / R_3)$
 $VR_2 = V_o$ $I_s = V_e / R_3 + V_o / R_4 - V_o (R_2 / (R_1 + R_2)) \cdot (R_3 + R_4) / R_3 R_4$
Si $R_1 = R_2$ et $R_3 = R_4$ $I_s = V_e / R_3$

transformation I/U
 Le trans impédance:



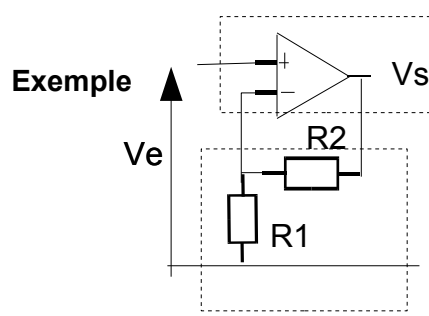
départ : j'observe un rebouclage vers Ve- cet AOP est dans le domaine linéaire Je pose « e » = 0
 Je pose les flèches des tensions s'opposant aux courants.
 à l'entrée on met un générateur de courant
 Son courant passera par R1 générant VR1
 La maille $V_s = -VR_1 + -'e'$ se calcule avec e = 0
 Donc $V_s = -VR_1$ **$V_s = -I_e R_1$**

Exercice Générateur de tension de référence délivrant de la puissance



Observez le rebouclage vers Ve- alors 'e' =
 Calculez R1 pour avoir $I_z = 5 \text{ mA}$ $R_1 = \dots$
 Si 'e' = 0 Quelle la valeur de Vs ? $V_s = \dots$
 Calculez R2 pour que $I_{R2} = 5 \text{ mA}$ $R_2 = \dots$
 Avec $I_s = 100 \text{ mA}$ et β transistor = 100
 Quel est le courant i_b du transistor $i_b = \dots$
 Quelle est la puissance dissipée dans T $P = \dots$

Calcul des montages : AUTRE METHODE celle de « l'assimilation à un système asservi ».



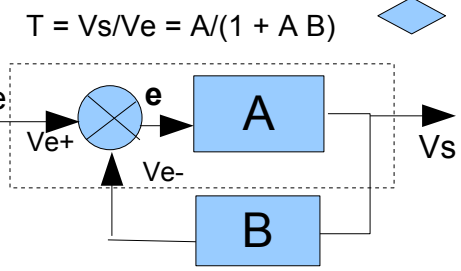
$$A = G$$

$$B = R_1 / (R_1 + R_2)$$

$$T = G / (1 + GB)$$

si G est l'infini

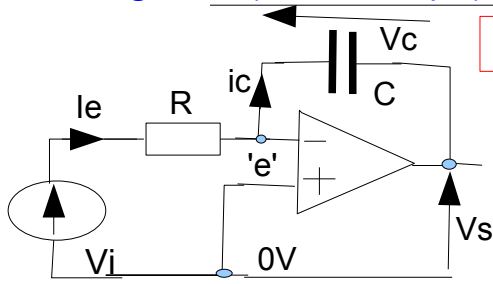
$$T = 1 / B = (R_1 + R_2) / R_1$$



Cette méthode est pratique, elle nécessite cependant une certaine expérience

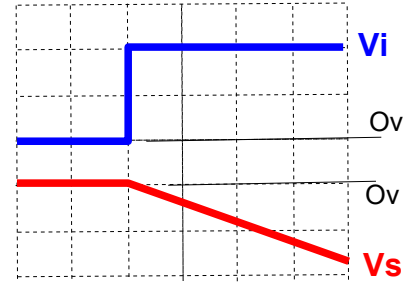
OBJETS SEMI-CONDUCTEURS: CALCULS AVEC LES AOP

L'intégrateur (version simple) .

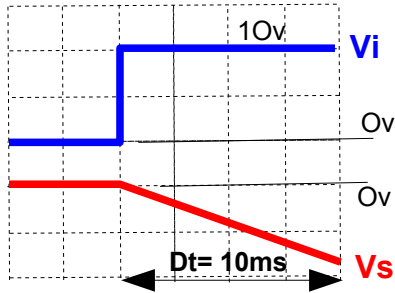


Bouclage ve- 'e' = 0 linéaire

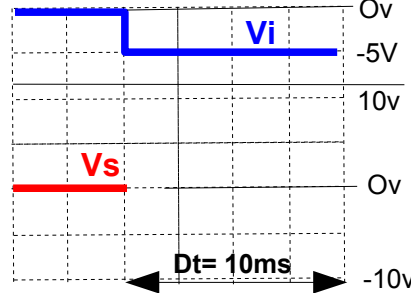
'e' = 0 Vs = -Vc Ic = Ie
 $Q = C dVc = Ic dt \quad dVc = Ie dt / C$
 $Ie = Vi / R \quad dVc = Vi dt / RC$
 $Vs = -(\int Vi) / RC + cst$
 cst = 0 si C déchargé à t = 0 !!
 Si Vi constant : $dVs = Vi dt / RC$



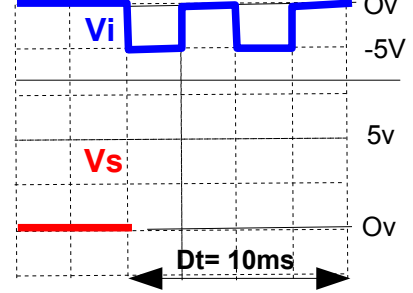
Exercices : avec R = 10K C = 1 µF



Que vaut Vs après 0ms VS?



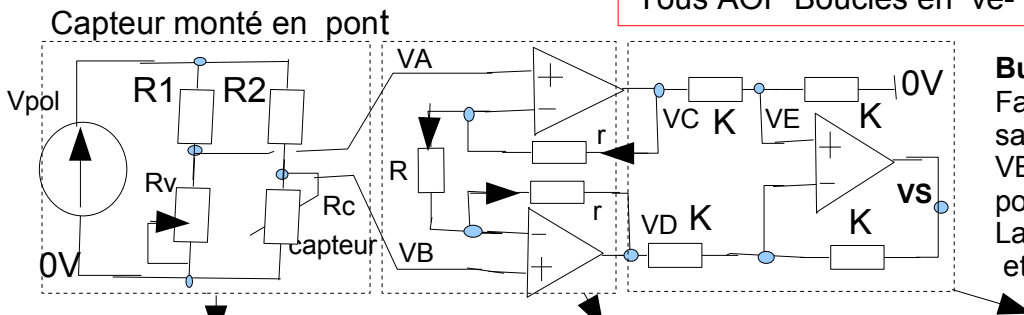
Tracez la suite de Vs à l'échelle



Tracez la suite de Vs à l'échelle

L'amplificateur d'instrumentation .

Tous AOP Bouclés en ve- domaine linéaire 'e' = 0



But du montage

Faire que Vs = VA - VB sans courant consommé sur VA et VB (pour ne pas déstabiliser le pont).
 La Meilleure réalisation : symétrie et le + de résistances identiques

Le pont est dit ajusté si à son point de repos VA = VB
 $R1 = R2$ et Rv ajusté = Rc
 Le mieux c'est $R1 = R2 = Rc$

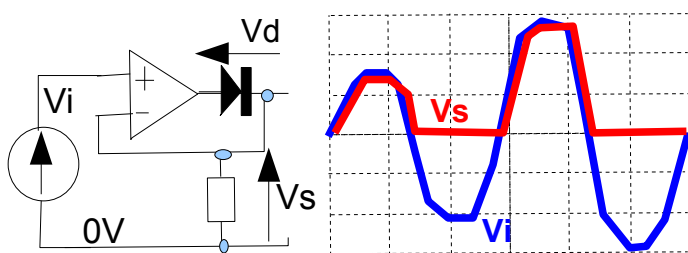
Théorème de superposition
 $Vc = Va$ avec $Vb = 0$ / $Vc = Vb$ avec $Va = 0$
 $Vc = Va (1 + r/R) - Vb r/R$
 $Vd = Vb (1 + r/R) - Va r/R$

Ampli de différence
 $Vs = Vc (1 + K/K) - Vd - K/K$
 $Vc = Vd (1 / (1 + K/K))$
 $Vs = Vc - Vd$

Vpol est une polarisation du pont , seul VA-VB représente une variation du capteur .

$Vs = Vc = (Va (1 + r/R) - Vb r/R) - (Vb (1 + r/R) - Va r/R) \quad Vs = (Va - Vb) (1 + 2r/R)$

DIODE SANS SEUIL



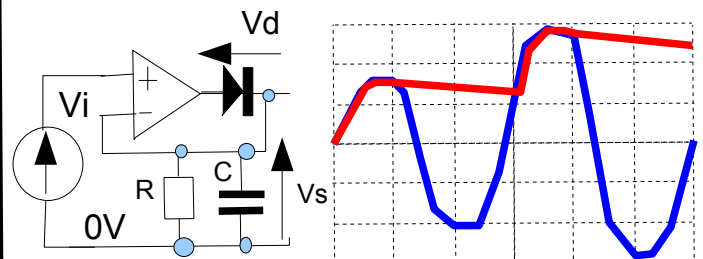
2 cas sont possibles

SI $Vi > 0$ Vs AOP = Vs + Vd

La sortie Vs suit l'entrée Vi

SI $Vi < 0$ Vs Aop est négatif le courant Id ne saura être négatif Id = 0 vs = RId
 Vs AOP = - alim AOP Vs = 0V

Redressement sans seuil



2 cas sont possibles

SI $Vi > Vs$ Vs AOP = Vs + Vd VC = Vs

La sortie Vs suit l'entrée Vi

SI $Vi < Vs$ Vs Aop est négatif le courant Id ne sait être négatif Id = 0, C se décharge dans R
 Le temps de décharge dépend de R

OBJETS SEMI-CONDUCTEURS: AOP en TOUT ou RIEN

AOP FONCTIONNANT DANS LE DOMAINE NON LINÉAIRE

POINT DE DEPART

INDICE : montrant un **mode de fonctionnement en non linéaire** la sortie de l'AOP est rebouclée vers le V_e+ de l'AOP. La sortie ne peut prendre que 2 Valeurs, soit $+V_{cc}$ soit $-V_{cc}$. (sur certains AOP spécialisés, ces deux tensions sont celles de 2 broches spécifiques)
 La tension « e » sera connue par calcul : elle peut prendre toutes les valeurs possibles .
 Notez que si « e » est > 0 $V_s = +V_{CC}$ (G « e ») , si « e » < 0 $V_s = -V_{CC}$

METHODE DE TRAVAIL La sortie pouvant prendre la valeur d'une des 2 tensions alimentation, on en choisit arbitrairement une. Ensuite on cherche le point de basculement, c'est la tension V_e qu'il faut mettre pour que 'e' soit presque égale à 0. si « e » > 0 $V_s = +V_{CC}$ si « e » < 0 $V_s = -V_{CC}$

Exemple le TRIGGER DE SCHMIDT V_s rebouclée vers V_e+
 Le montage fonctionne bien en mode non linéaire.

La sortie peut prendre deux valeurs soit $+V_{cc}$ soit $-V_{cc}$

Arbitrairement prenons $V_s = -V_{cc}$ donc 'e' < 0

le point de basculement, c'est lorsque tension 'e' $>= 0$

condition atteinte avec $V_e - VR_1 >= 0$ $VR_1 = -V_e$ $VR_2 = V_s$

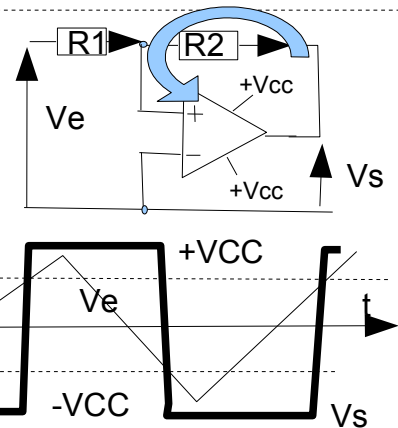
Seuil Haut $V_{eH} = -(-V_{CC}) R_2/R_1$

Complémentairement prenons $V_s = +V_{cc}$

le point de basculement, c'est lorsque tension 'e' $<= 0$

condition atteinte avec $V_e - VR_1 <= 0$

Seuil Bas $V_{eL} = -(+V_{cc}) R_2/R_1$



AOP CONSTRUIT pour le MODE non LINEAIRE

LE COMPAREUR

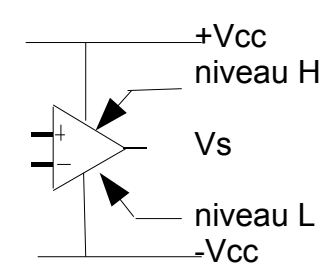
ce composant est le croisement entre une fonction analogique : l' AOP , et une fonction numérique fournissant 2 tensions logiques VL et VH

Avec un AOP $v_s = G(V_{e+} - v_{e-})$ avec $G > 1000000$
 donc si $v_{e+} > v_{e-}$ de 1mv V_s se limite à $+V_{cc}$

Avec un comparateur

si $V_{e+} > V_{e-}$ $V_s =$ niveau H (niveau L si $<$)

les différents comparateurs diffèrent sur la partie niveau L et H



COMPAREUR EN SALLE DE TR

le fameux LM311 (en voie d'extinction remplacé par)

supply V_{cc} et $-V_{cc}$ max $\pm 18V$

V_{e+} max $< V_{cc} - 1,2$ **V_{e-} max** $< -V_{cc} + 1,2$

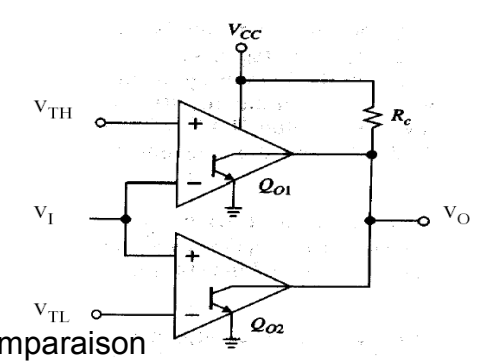
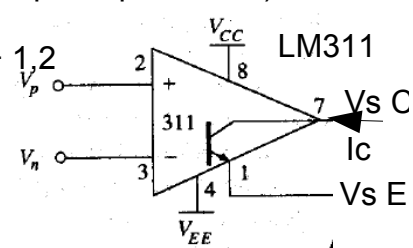
$V_{sE} >= -V_{cc}$ (0V est usuel)

Tr on sur V_{sC} ($0 > 1$) suivant charge

Tf off sur V_{sC} 100ns

IC $V_{sC} < 10$ mA .

Non rail to rail et sensible au latch up

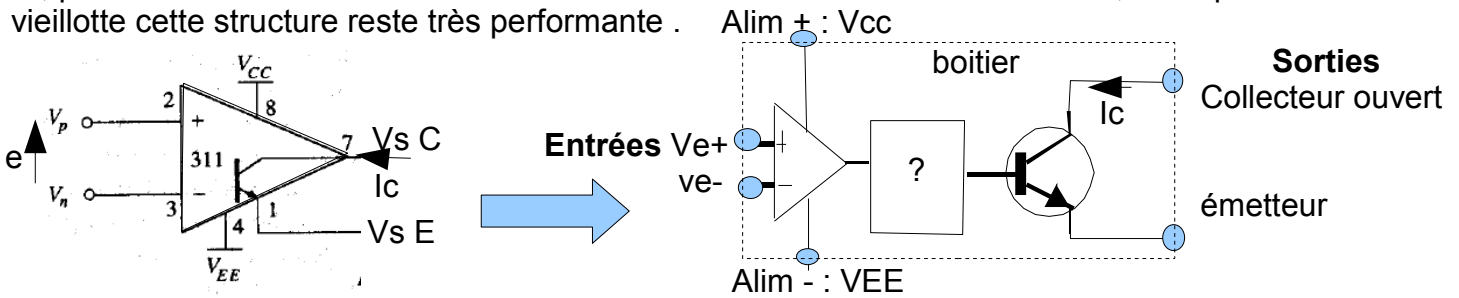


Exemple : détection à fenêtre de comparaison

Exercice : avec $R_1 = 10K$ $R_2 = 30K$ tracez le mieux possible sur le graph de droite la tension V_s

OBJETS SEMI-CONDUCTEURS: CALCUL des AOP en TOUT ou RIEN

UTILISATION du LM 311 Ce composant est doté d'une entrée d'AOP qui amplifie la tension 'e', pour mettre le résultat dans un élément de sortie constitué d'un Transistor, bien que vieillotte cette structure reste très performante .

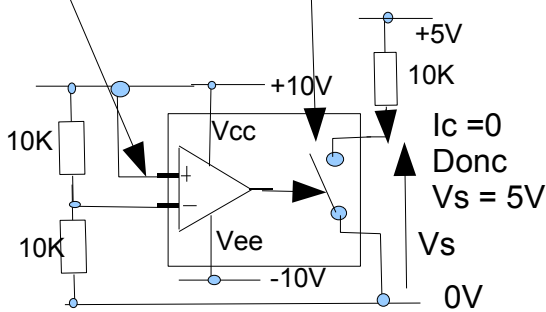


Propriété PRINCIPALE

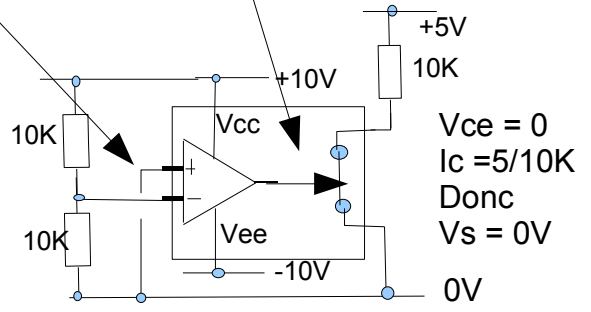
- Si 'e' > 0 soit $V_{e+} > V_{e-}$ Le transistor est bloqué ($I_c = 0$)
- Si 'e' < 0 soit $V_{e+} < V_{e-}$ Le transistor est saturé ($V_{ce} = 0$ I_c existe)

Mise en oeuvre

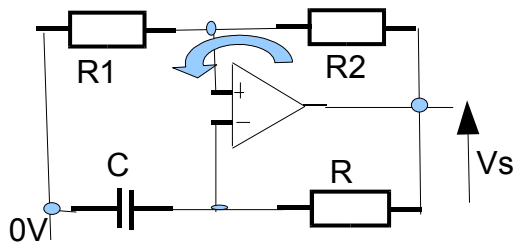
$V_{e+} > V_{e-}$ le transistor est bloqué
C'est un circuit ouvert



$V_{e+} < V_{e-}$ Le transistor est saturé $V_{ce} = 0$
c'est un court circuit



LE MULTIVIBRATEUR . But créer un signal de fréquence connue , il est constitué d'un AOP monté en trigger de schmidt associé à un condensateur que l'on charge . Cette fonction est la même que celle constitué d'un trigger de schmidt TTL (HC14) associé à un RC.



Données de départ

L'AOP est alimenté en +10 -10V
Il est de type rail to rail

Constatations

V_s rebouclée vers V_{e+} mode non linéaire possible

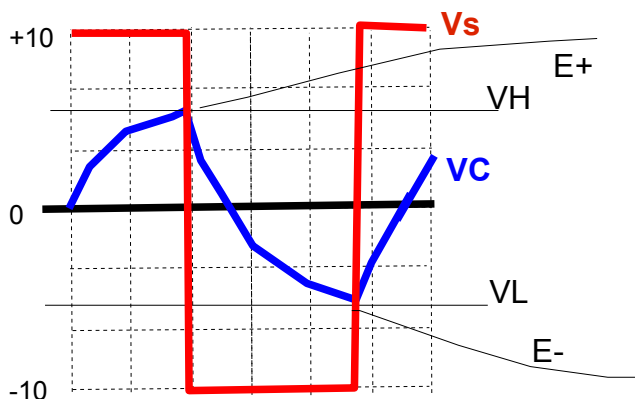
Si $V_{R1} > V_C$ 'e' > 0 $V_s = +10V$

Si $V_{R1} < V_C$ 'e' < 0 $V_s = -10V$

Posons $V_s = 10V$ R Charge C , V_C dépassera V_{R1}

Alors V_s passera à -10V , C se déchargera , et

Essayons un graph d'explications



Calculons

Première charge V_c au début = 0

V_c se charge jusqu'à $V_c \geq V_{R1}$ nommée V_H

Comme $V_s = 10V$ $V_H = 10 R1/(R1+R2)$

Suite décharges de C $V_s = -10$ init $V_c = V_H$

$V_s = -10$ décharge C jusqu'à $V_c \leq V_{R1}$ (V_L)

Comme $v_s = -10$ $V_L = -10 R1/(R1+R2)$

On observe un temps de décharge T_d

Suite charges de C $V_s = +10$ init $V_c = V_L$

On observe un temps de charge $T_c = T_d = t$

Pour T_c : $E = E+ = 10V$ $V_d = -ER1/(R1+R2)$

$V_f = V_H = E R1/(R1+R2)$ posons $k = R1/(R1+R2)$

$$t = RC \ln \frac{E- V_d}{E-V_f}$$

$$t = RC \ln \frac{1+K}{1-K}$$

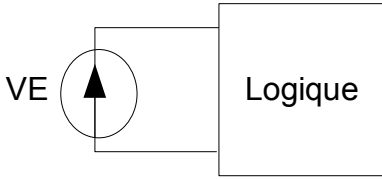
$$F = 1/2RC \ln (1+ 2 R1/R2)$$

OBJETS SEMI-CONDUCTEURS: LA LOGIQUE

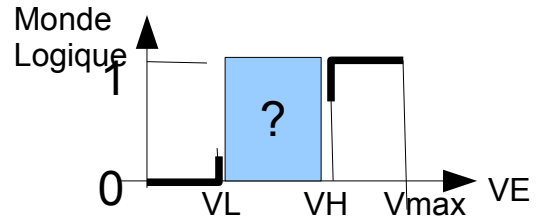


assemblages de transistors , dont on aura privilégié le blocage et la saturation.

Parlons 0 et le 1



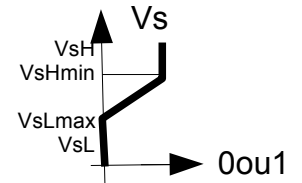
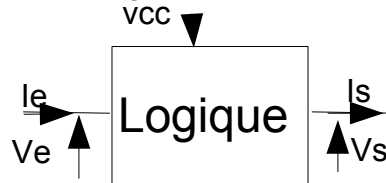
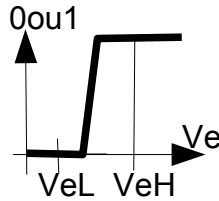
Problématique
 Pour quelle tension de VE le composant Logique sera t'il certain d'être face à un niveau H ou un niveau L



Pour une tension VE comprise entre VL et VH le composant logique à tout choix de décider lui même si il voit un 0 ou un 1 , la zone de transition n'est pas garantie d'une porte a l'autre. Un concepteur doit s'assurer que sa logique ne fasse que traverser cette zone

Entrance et sortance des composants Logiques

Nommons les signaux d'entrée et de sortie , observez le sens choisi pour les courants



FAMILLES LOGIQUE disponibles

	Vcc	+/-	VeH IeHmax	VeL IeLmax	VsHmin pour IsHmax	VsLmax pour IsL
bipolaire						
TTL LS	5V	+0,5	2V à 50µA	0,8V -0,4mA	2,7V donnant 50µA	0,5V prenant -8mA
MOS						
CD4000	3 à 15V		0,7 Vcc 0µA	0,3Vcc à 0µA	0,7Vcc donnant 5mA	0,3Vcc prenant -5mA
HCT	5v	+0,5	2V à 0µA	1V à 0µA	3v3V donnant 5mA	0,8V prenant -5mA

remarque : en salle de TR on utilisera le plus possible les composants HCT même si des nouvelles familles les ont déjà dépassé, notamment celles fonctionnant vers 3V .

La logique COMBINATOIRE (logique pure sans notion de temps)

nommons A , B signaux logiques (0 ou 1)

/A /B leur inverse si A = 1 /A vaudra 0

nommons S le résultat des combinaisons logique de A et B

voici le **ET** et le **OU** , faisables aussi avec /A, A, /B, B

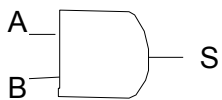
A	B	S
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

A	B	S
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

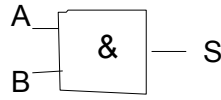
$S = A + B$
Ou , Or

$S = A \times B$
Et , AND

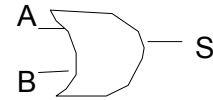
Symbole du ET années 1980



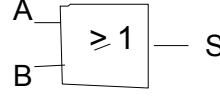
Symbole du ET Normalisé



Symbole du OU années 1980



Symbole du OU Normalisé

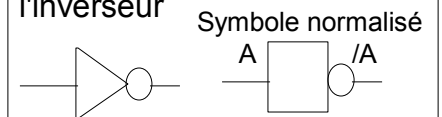


De Morgan !! une équation logique à connaître

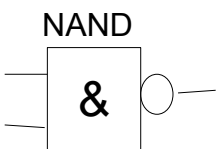
$\overline{A + B}$ (inverse d'un OU) = $\overline{A} \times \overline{B}$ (le Et des inverses)
 ou pourquoi inverser une équation peut être payant

L'inverse

A est inversé et devient /A l'inverseur

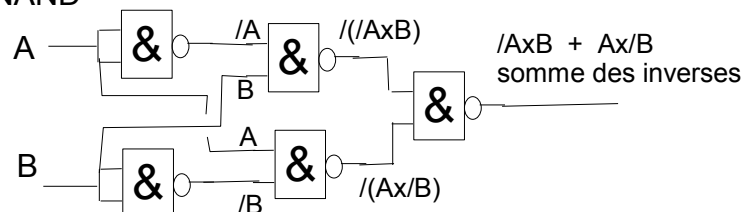


Avec 1 composant on fait TOUT !! le fameux NAND



Exemple
 réalisons un ou exclusif
 $S = 1$ si $A=1$ et $B=1$

$S = (\overline{A} \times B) + (A \times \overline{B})$



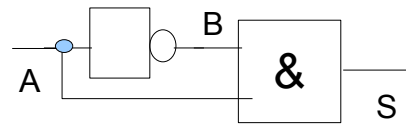
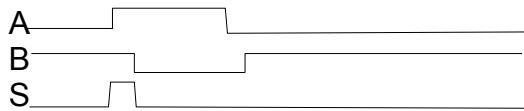
OBJETS SEMI-CONDUCTEURS: ASSEMBLAGE DE LOGIQUE



La logique COMBINATOIRE et les temps de commutation

une porte logique met un temps 'tr' pour faire passer une information vers sa sortie

exemple le détecteur de front



LOGIQUE SÉQUENTIELLE (équations avec des étapes temporelles)

Exemple 1 Bascule RS a NAND

La bascule R S à NAND

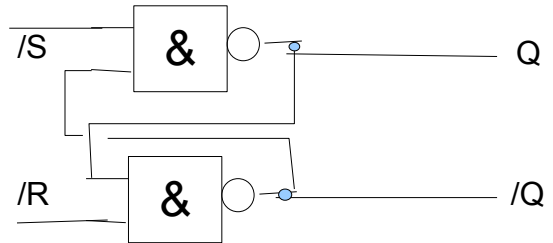
le neutre R et S = 1 Q et /Q inchangés

Le set /S=0 /R=1 Q = 1 (/Q = 1)

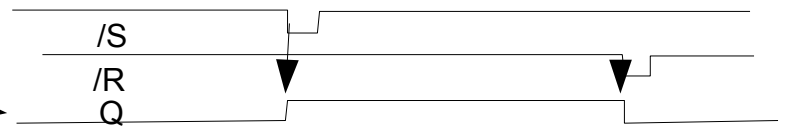
Le reset /S=1 /R=0 Q = 0 (/Q = 0)

interdit /S /R = 0 Q et /Q = ?

la RS mémorise le dernier S ou R

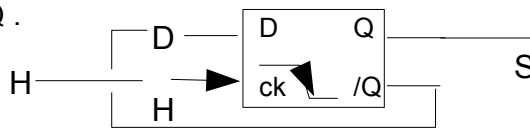
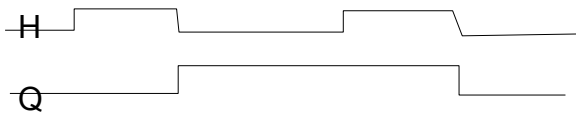


Le logiciel doit penser à mettre un auto reset pour l'initialisation.



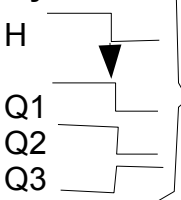
Exemple 2 utilisons la bascule D

Le front 1>0 sur H fait passer la valeur de D vers Q.

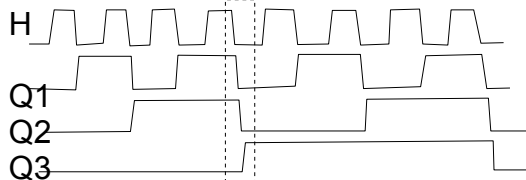


Exemple 3 sortie d'un compteur 3 étages synchrone et asynchrone

synchrone

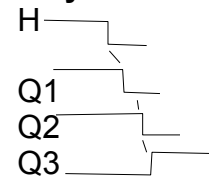


ICI Toutes les bascules HCT161 reçoivent la même horloge H + tous les fronts sont synchrones - consommation plus élevée



4040 TR de S1 S2

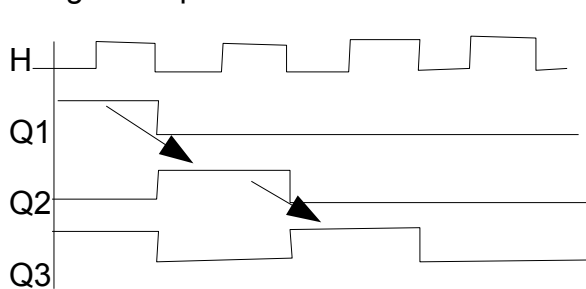
asynchrone



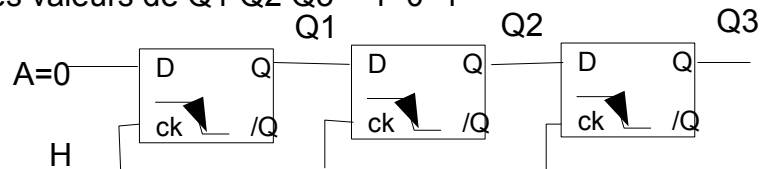
ICI Chaque bascule passe son Q comme horloge de la suivante + consommation et surface silicium - décodage en HF impossible !

Exemple 4 Le Registre a décalage

Imaginons que au début de notre essai les valeurs de Q1 Q2 Q3 = 1 0 1



début



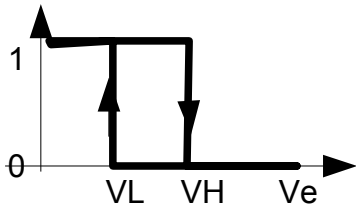
La méthode pour preseter Q1 Q2 Q3 n'est pas abordée mais vous pouvez imaginer une deuxième entrée de D avec une broche de ck indépendante de l'horloge.

LA LOGIQUE MODERNE programmable, elle intègre des millions de portes. Mais elle reste de la Logique, qui vous force à connaître certaines notions de base. Notions de base dont on trouvera aussi l'utilité lors de l'étude des systèmes automatisés.

OBJETS SEMI-CONDUCTEURS: MIXTES

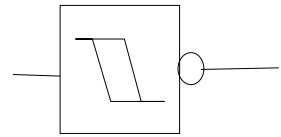
LOGIQUE d' ENTRÉE par trigger de schmitt

Vs fonction de transfert

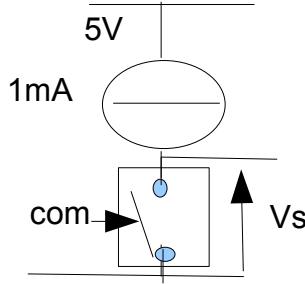
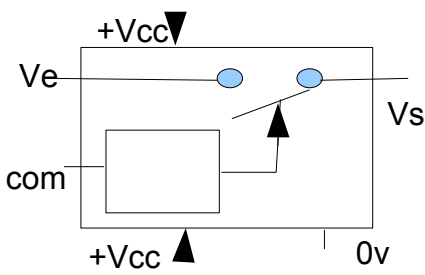


un inverseur
 si V_e dépasse V_H V_s passera à 0
 pour que V_s repasse à 1 il faudra que
 V_e repasse en dessous de V_L
 Si $V_H < V_e < V_L$ V_s ne change pas

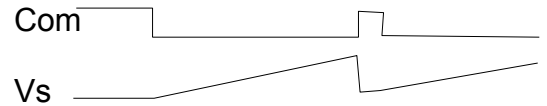
Exemple le 74HC14



LES INTERRUPTEUR ANALOGIQUES



Nota 1) la tension d'entrée doit être comprise entre +Vcc et -Vcc
 Nota 2) généralement +Vcc = 5V
 Nota 3) en HCT la résistance lorsque l'interrupteur est fermé est de 50ohms

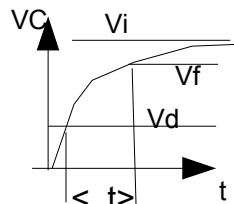
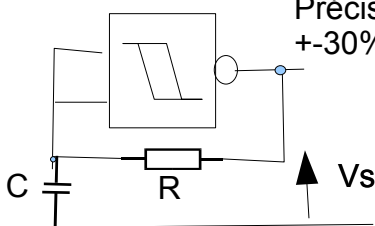


LES OSCILLATEURS

Simple RC sur 4093

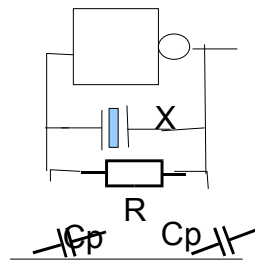
$V_L = 1/3 V_{cc}$ $V_H = 2/3 V_{cc}$

Précision
 +-30%



$t = RC \ln \frac{(v_i - v_d)}{(v_i - v_f)}$
 v_i valeur à l'infini
 v_d au début, v_f à la fin
 $t = 0,6 RC$

À quartz HCT 04



X quartz 10Mhz
 C_p 22pf
 R 100Kohm

précision celle du
 quartz 0,001%

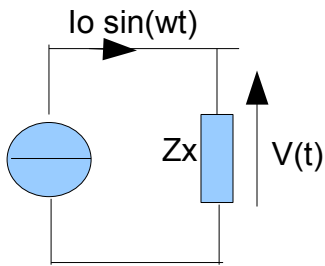
SCENARIIS FONCTIONNELS

SCENARIO 'FILTRAGE' , les bases

Jw prononcez j oméga comme 2 Pi f

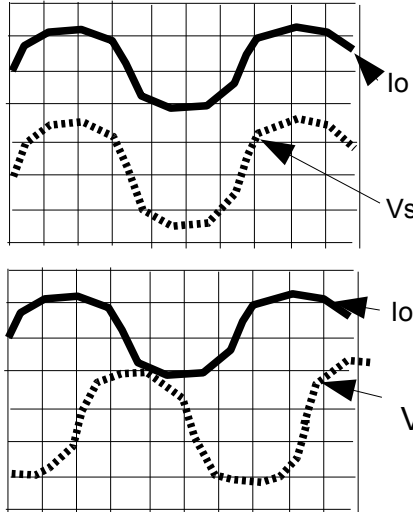
1) OBSERVONS

observerons à l'oscilloscope la tension aux bornes du composant Zx

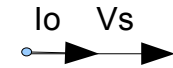


Si Zx = Résistance

Si Zx = capacité

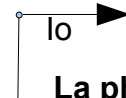


Traçons des vecteurs



Io et Vs sont en phase

Traçons des vecteurs



La phase de Vs est en retard de 90° par rapport à celle de Io (le fameux j)

2) THÉORISONS (ou J omégatison)

A) citons les impédances complexes en alternatif (sinus)

- si Zx est une résistance $Z_x = R$
- si Zx est une capacité $Z_x = 1/j\omega C$
- si Zx est une inductance $Z_x = j\omega L$

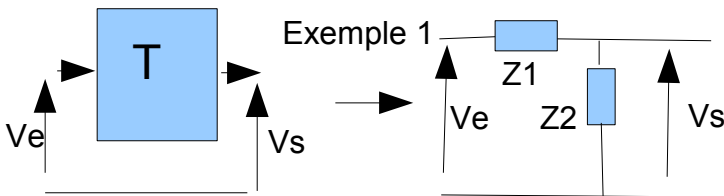
B) Parlons de Transmittance

la transmittance d'un dispositif électronique $T(\omega) = V_s(\omega)/V_e(\omega)$

vs et ve sont mesurées de la même façon (eff crcr ..).

Représentation graphique allégée

(sans flèche de vecteur) ce n'est pas un cours



Appliquons l'électricité et trouvons $V_s(\omega) = V_e(\omega) \times \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}$

si $Z_1 = R$ et $Z_2 = C$ remplaçons R par R et C par $Z_c = 1/j\omega C$

$$V_s/V_e = T(\omega) = \frac{1}{1 + jRC\omega}$$

3) PRÉDISONS UN COMPORTEMENT (en fréquence)

gardons l'amplitude de ve constante , faisons varier sa fréquence et calculons comment l'amplitude de vs sera affectée

Étudions T pour certaines fréquences

$$T(\omega) = \frac{1}{1 + jRC\omega}$$

f = 0 (0Hz) nous sommes en continu

T tend vers $1/(1 + 0)$ soit 1 $V_s = V_e$

et en très hautes fréquences : ω tend vers l'infini

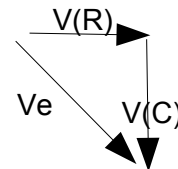
T tend vers $1/(1 + \infty)$ soit $V_s = 0$

mais n'oublions pas que nous travaillons avec des vecteurs

$$\text{avec } V(R)^2 + V(C)^2 = (V_e)^2$$

l'amplitude sera le module de $v_s = T(\omega) V_e$

$$v_s = \sqrt{1 / (1^2 + (jRC\omega)^2)} !!$$

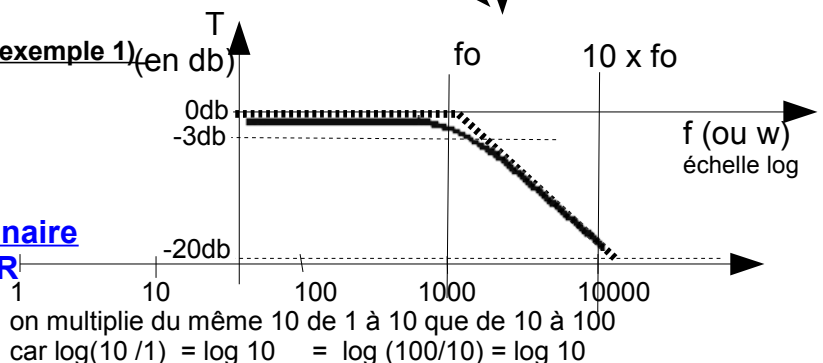


4) TRAÇONS le «BODE» de T(w)(exemple 1)(en db)

La méthode de tracé dite de Bode simplifie l'analyse du calcul précédent

fo ou fréquence de coupure c'est quant la partie réelle et la partie imaginaire de T ont la même valeur soit ici $Z_c = Z_R$

$$f_o = 1 / 2 \times \pi RC$$



on multiplie du même 10 de 1 à 10 que de 10 à 100 car $\log(10/1) = \log 10 = \log(100/10) = \log 10$

les db = une variation de 20db correspond à un rapport de 10

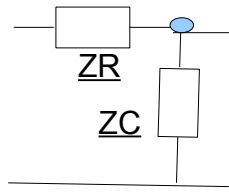
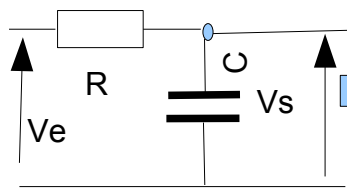
Rappels sur les log
 $\log(A \times B) = \log(A) + \log(B)$
 $\log(1/A) = -\log(A)$

SCENARIO ' FILTRAGE ' : FILTRES DU 1er ORDRE

Les fonctions de transfert de ces filtres ne proposent que des termes en f/fo .

LE PASSE BAS à RC

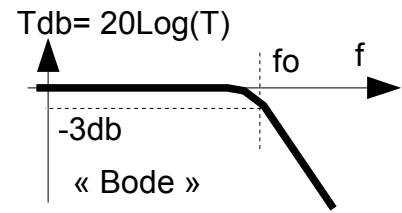
Rappels $R : Z_R = R$ $C : Z_C = 1/j\omega$



$$T = V_s/V_e = Z_C / (Z_R + Z_C)$$

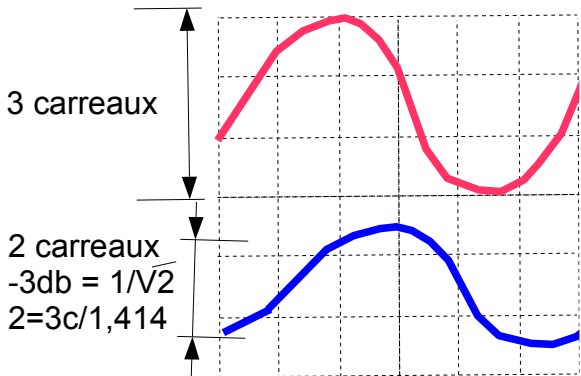
$$T = 1 / (1 + jRC\omega)$$

fréquence de coupure
 $f_0 = 1 / 2\pi RC$
 $T = 1 / (1 + f/f_0)$



Observations à l'oscilloscope

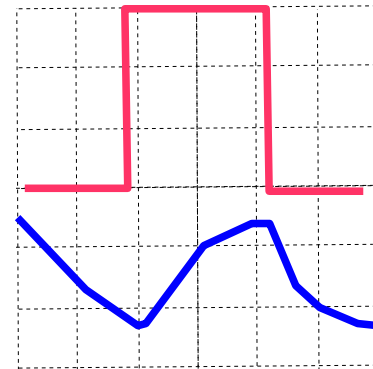
Si V_e sinus de fréquence f_0



La fréquence d'entrée est la fréquence de coupure de ce filtre, de cette manière l'atténuation sera de -3dB
 Le signal de sortie est en retard (de 90°)

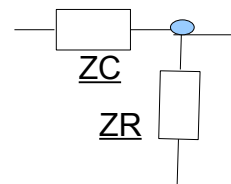
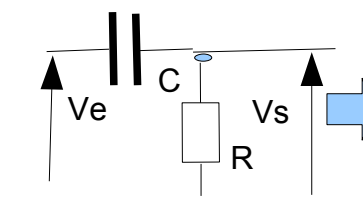
Observations à l'oscilloscope

Si V_e carré de fréquence f_0



Remarquez comment la forme du signal de sortie est différente, c'est celle d'un signal carré légèrement intégré .

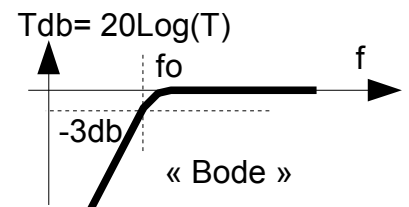
LE PASSE HAUT à RC



$$T = V_s/V_e = Z_R / (Z_R + Z_C)$$

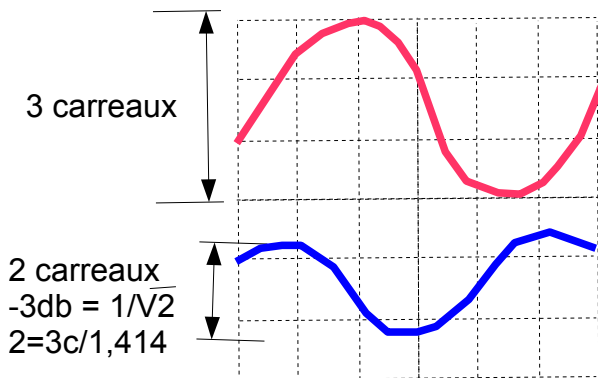
$$T = jRC\omega / (1 + jRC\omega)$$

fréquence de coupure
 $f_0 = 1 / 2\pi RC$
 $T = f \cdot f_0 / (1 + f/f_0)$



Observations à l'oscilloscope

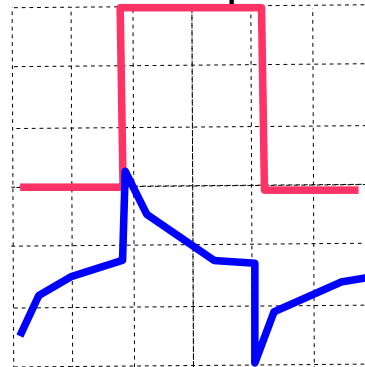
Si V_e sinus de fréquence f_0



La fréquence d'entrée est la fréquence de coupure de ce filtre, de cette manière l'atténuation sera de -3dB
 Le signal de sortie est en avance (de 90°)

Observations à l'oscilloscope

Si V_e carré de fréquence f_0



Remarquez comment la forme du signal de sortie est différente, c'est celle d'un signal carré légèrement dérivé .

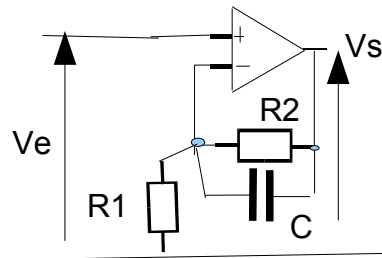
SCENARIO' FILTRAGE' : 1er ORDRE avec AOP

Ces filtres sont composés de structures RC associées à des AOP

Exemple de filtre passe Bas !

TRUC

Vous observez le retour de V_s vers V_e^- , cette structure est bien dans le domaine linéaire
Donc « e » = 0



METHODE de Calcul

Observez le pont diviseur entre V_s et V_e^-

Nommons $Z_p = Z_c // R_2$ $Z_p = \frac{R_2}{1+jR_2C\omega}$ avec le pont : $V_e^- = V_s \frac{R_1}{Z_p+R_1}$

$$\text{Pont} = \frac{R_1}{R_1 + \left(\frac{R_2}{jR_2C\omega}\right)} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \frac{1 + jR_2C\omega}{1 + jC \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \omega}$$

Observez nous avons exprimés « pont » sous la forme d'un rapport entre V_s et V_e^- . Comme $V_e^- = V_e$ « pont » décrit une fonction inverse de ce que nous cherchons. Donc $T = 1/\text{pont}$

$$T = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{1 + jC \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \omega}{1 + jR_2C\omega}$$

Nous reconnaissons la fonction de transfert d'un ampli de gain $(R_1+R_2)/R_1$

Le gain de T est de $(R_1+R_2)/R_1$ Si $\omega = 0$ en basse fréquence

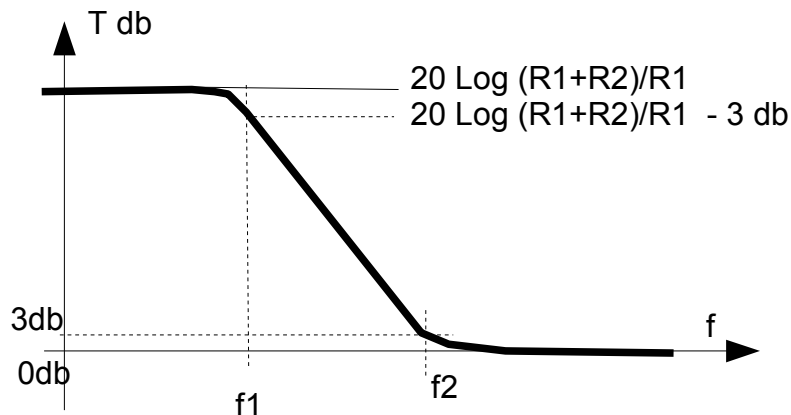
Traçons le Bode

Le numérateur possède une fréquence de coupure plus haute que celle du dénominateur, car $R_1R_2/(R_1+R_2)$ est toujours plus petite que R_2 .

Dans ces conditions le graph de Bode montrera que le gain passe d'une valeur égale à $(R_1+R_2)/R_1$ pour $f = 0$, à 1 en haute fréquence

La première fréquence de coupure sera à $f_1 = 1/2 \text{ Pi } R_2 C$

La seconde f_2 sera à $f_2 = 1/2 \text{ Pi } R_1//R_2$



Exercice

Je veux un gain de 10 en continu, je désire que f_1 soit à 1Khz

Je pose $R_1 = 10 \text{ Kohms}$

Calculez R_2 : ?

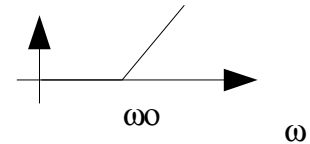
et C ?

et f_2 ?

SCENARIO ' FILTRAGE ' : second ORDRE

Les fonctions de transfert de ces filtres proposent des termes en $(f/f_0)^2$
 Le nombre de pôles qui les composent est supérieure à 1.

Base de départ : un pôle est représenté par : $1 + j \omega/\omega_0$
 sa fonction de transfert donne



Sur cette base de départ (simplifiée) on en tirera 3 des fonctions de transfert les plus classiques, pour des second ordre . Le passe bas , Le passe haut et le passe bande .

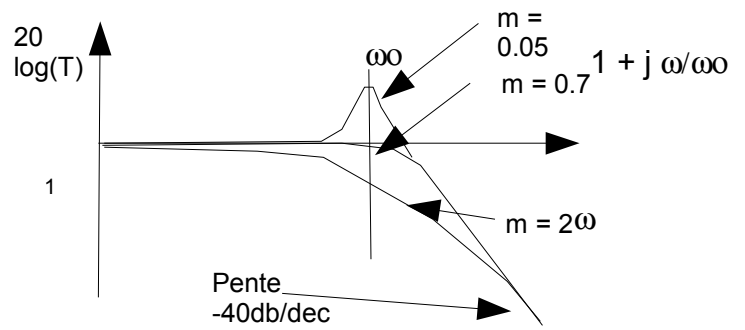
Filtre passe bas

Fonction de transfert

$$V_s/V_e = T = \frac{1}{(1 + j \omega/\omega_1) (1 + j \omega/\omega_2)}$$

Fonction normalisée (factorisée)

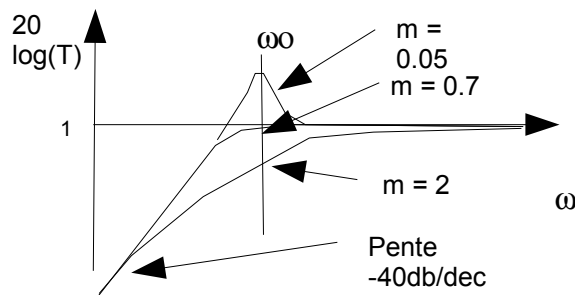
$$T = \frac{1}{1 + 2 j m \omega/\omega_0 + (j \omega/\omega_0)^2}$$



Filtre passe haut

Fonction déjà normalisée (factorisée)

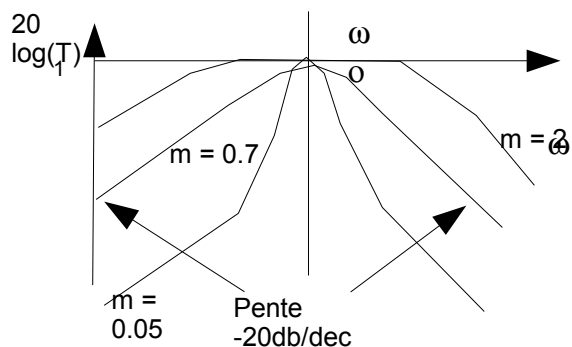
$$T = \frac{(j \omega/\omega_0)^2}{1 + 2 j m \omega/\omega_0 + (j \omega/\omega_0)^2}$$



Filtre passe Bande

Fonction déjà normalisée (factorisée)

$$T = \frac{2 j m \omega/\omega_0}{1 + 2 j m \omega/\omega_0 + (j \omega/\omega_0)^2}$$



Pour ce filtre on parlera de bande passante (à -3db) , car il peut être assimilé à un système de filtrage composé de 2 poles ω_1 et ω_2 . Pour lesquels $B_p = \omega_1 - \omega_2$ (avec $\omega_1 > \omega_2$)

Bande passante ou $B_p = \omega_1 - \omega_2 = 2 m \omega_0$ (ω_0 fréquence centrale du filtre)

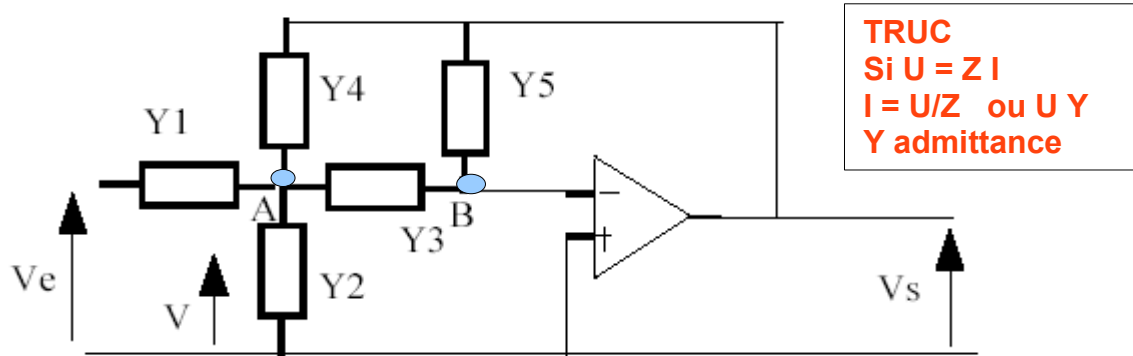
le coefficient de qualité $Q = \omega_0/B_p$

Il existe aussi le filtre dit réjecteur de fréquence
Il sera traité en cours d'électricité

SCENARIO ' FILTRAGE ' : 2eme ORDRE avec AOP

LA structure de RAUCH

Issu des travaux du physicien RAUCH qui a systématisé ce type de filtres actifs du second ordre, voici toute la famille du filtre passe bas, passe haut au filtre passe bande.



REMARQUE, On représente les admittances des éléments utilisés ($Y = 1/Z$), nous ne savons pas encore si elles seront remplacées par des R L ou C. (nous savons cependant que nous préférons ne pas utiliser de selfs (L)).

la loi des nœuds appliquée en A et B donne:

$$\text{en A : } Y_1(V_e - V) = Y_2 V + Y_3 V + Y_4 (V - V_s) \quad \text{en B } Y_3 V = - Y_5 V_s$$

en éliminant V (relient les 2 équations) on trouvera

$$T = \frac{Y_1 Y_3}{Y_3 Y_4 + Y_5 (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4)}$$

Pour trouver la fonction de transfert d'un filtre du second ordre on remplace $Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5$ par des résistances ou des condensateurs, afin que la fonction ressemble à la forme normalisée exprimée dans le chapitre sur les filtres du second ordre.

filtre passe BAS

il vous faut mettre une résistance R pour Y_1, Y_3, Y_4
et des condensateurs C2 et C5 pour Y2 et Y5
remplacez et trouvez

$$T = \frac{-1}{1 + 3 j R C_5 \omega + (j \omega R \sqrt{C_2 C_5})^2}$$

$$\omega_0 = 1 / R \sqrt{C_2 C_5} \quad m = 3 \sqrt{C_5 / C_2} / 2$$

filtre passe HAUT

il vous faut mettre une résistance R2 pour Y2, R5 pour Y5
et des condensateurs C pour Y1 Y3 Y4
remplacez et trouvez

$$T = \frac{(j \omega C \sqrt{R_5 R_2})^2}{1 + 3 j R_2 C \omega + (j \omega C \sqrt{R_5 R_2})^2}$$

$$\omega_0 = 1 / C \sqrt{R_2 R_5} \quad m = 3 \sqrt{R_1 / R_5} / 2$$

filtre passe BANDE

il vous faut mettre une résistance R1 pour Y1, R2 pour Y2, R5 pour Y5
et des condensateurs C pour Y3 et Y4
remplacez et trouvez

$$T = \frac{-R_5}{2 R_1} \frac{2 j \omega C R_1 R_2 / (R_1 + R_2)}{1 + 2 j \omega C R_1 R_2 / (R_1 + R_2) + (j \omega C \sqrt{R_5 R_1 R_2 / (R_1 + R_2)})^2}$$

$$\omega_0 = \sqrt{R_1 + R_2 / (R_1 R_2 R_5)} / C \quad m = \sqrt{R_1 R_2 / (R_5 (R_1 + R_2))}$$

Notons : $B_p = 2 / R_5 C$

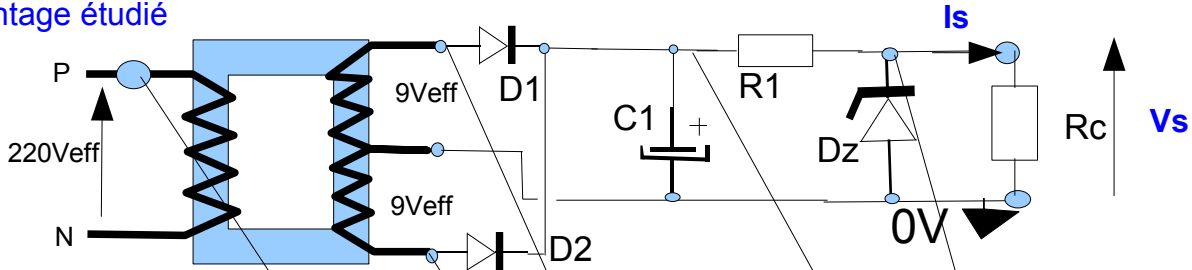
Cette structure n'est qu'un exemple, d'autres existent

SCENARIO 'REDRESSEMENT' ou de AC vers DC

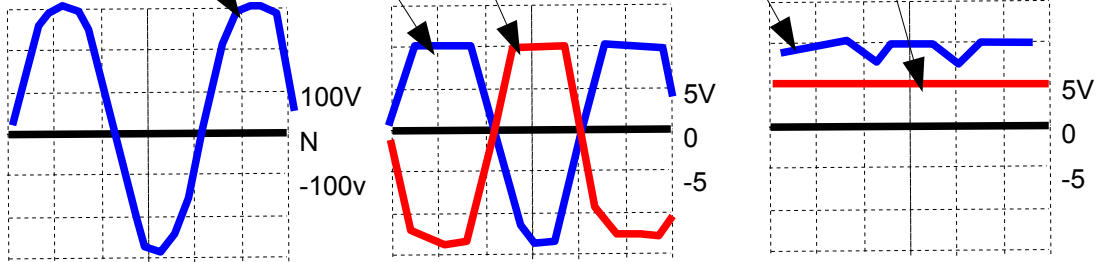
But : à partir d'une tension alternative issue d'un transformateur, la redresser, la transformer en une tension positive, Il la filtrer puis enfin l'apporter à la valeur désirée.

En application, nous voulons une alimentation capable de fournir 100mA, 5V continu, avec une ondulation de 0,1Veff en sortie. sur une charge, ceci à partir d'un transformateur 2x6V eff (5VA)

Montage étudié



Tensions observables



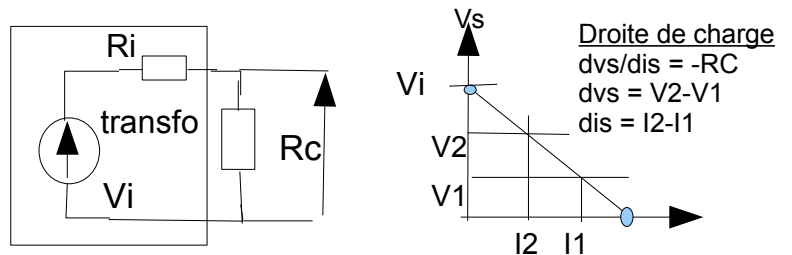
Étude

L'étude se fait avec le schéma électrique équivalent du montage.

Manquant de données sur le transformateur, nous devons pratiquer des mesures et tracer sa droite de charge.

$dvs/dis =$ résistance interne Ri : 10ohms

Vi source interne = $Vi = 10Veff$



Données du Schéma équivalent

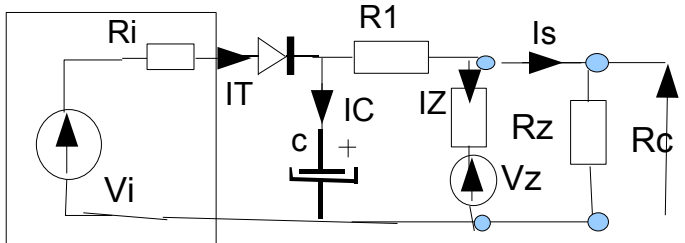
Valeurs $Vi = 10Veff$ $Ri = 10ohms$

Zener 5V1 1W Iz polar = 10mA

Iz max = 1W/ 5V1 = 0,2A

$Rz = 25mV/Iz$

$Rc = 5V/0,1 A = 50ohms$



Analysons et calculons

L'observation à l'oscilloscope montre deux temps importants, T charge lorsque la tension du transfo est > à celle de Vc (), T décharge celui ou elle est inférieure à Vc

T Charge Le plus fort courant provenant du transfo ITM c'est quant Vi arrive à sa valeur 15V.

$Vi = 15V$ $ITM = Icc + Izmax + Is$ Icc courant chargeant le condensateur.

T décharge Le plus faible courant du transfo c'est avec $Vi < VC$, diodes bloquées le condensateur fournit le courant $Icd = Izmin + Is$.

La meilleur conception c'est avec : temps de charge = temps de décharge : $Icc = Icd$

ETUDIONS Iz : maximum avec $Vi = 15V$. c'est Iz max, Iz est une partie de $ITmax$
 minimum c'est quant C se décharge, $Izmin \geq Ipol$ zener (10mA)

Trouvons un lien : $Icd = Is + Ipol = 0,1A + 0,01A$, $Icd = Icc$, avec $ITM = Icc + Izmax + Is$

ITM en remplaçant Icc par Icd qui est connu : $ITM = 0,11A + 0,2A + 0,1 A = 0,41A$

Faisons une simplification grossière et calculons ITM avec C chargé (IC devient nul)

$$ITM = (Vimax - Vs)/(R1+Ri) \quad 15-5/(10+R1) = 0,41 A \quad \mathbf{R1 = 15ohms}$$

Pour protéger la zener nous pourrions choisir $Izmax = Is + Ipol = 0,11A$ $R1 = 22ohms$

ONDULATION : aux bornes de Vc il y a une ondulation à 100Hz (2 x 50), sa valeur eff se répercute en sortie au travers du pont Rz $R1$ ondulation = 0,1Veff = $VC(ac) Rz/(Rz+R1)$

La Valeur de RZ se prendra au pire cas, à Iz mini = 0,01A, RZ min = $25mV/10 mA = 2,5ohms$

$VC(AC) = 0,1 (2,5+15)/2,5 = 0,68V$, le condensateur se déchargeant de dVC (crête crête)

$Q = CdVC = IT$ décharge doit se vérifier. T décharge 5ms ($\frac{1}{2}$ 10ms), $Icd = 0,11A$ $dV = 2V$

$C = IT/dV$ $0,11 \cdot 0,005 / 2 = 270\mu F$ minimum, nous choisirons $\mathbf{C = 470\mu F}$

malgré les approximations faites, les composants calculés sont les bons

SCENARIO 'COMMANDE' en linéaire

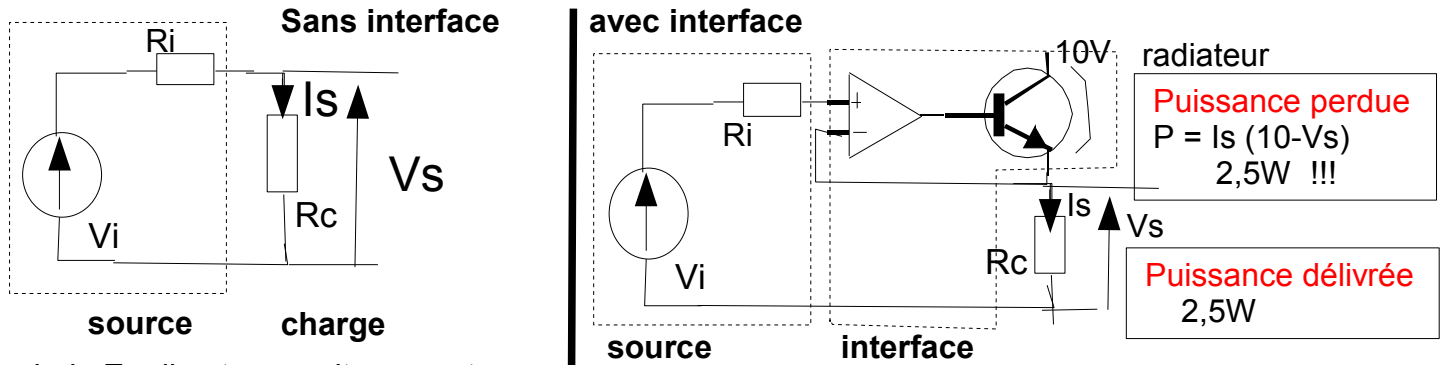
But : Faire agir des objets ; lampes , moteurs , LED , radiateur ... à partir d'une tension ne possédant pas les caractéristiques nécessaires pour fournir la puissance utile à l'objet.

Il existe deux familles d'interface, suivant que l'application fonctionne dans le **domaine Linéaire**, ou le **domaine Non Linéaire** .

DANS LE DOMAINE LINÉAIRE .

Il s'agit d'envoyer sur la charge un courant ou une tension dont la valeur peut varier

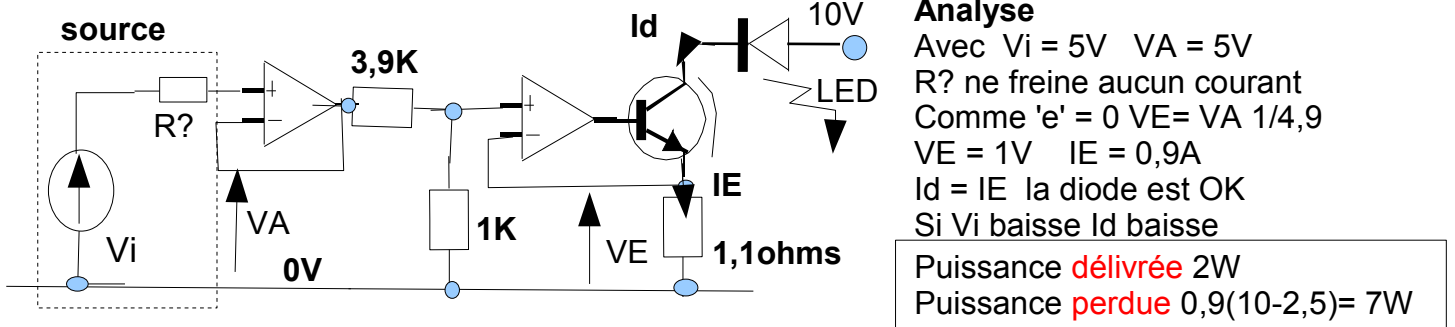
Exemple 1 Alimenter une **résistance 10ohms** de 0 à 5V , à partir d'une source délivrant une tension pouvant varier de 0 à 5V , mais possédant une résistance interne de 1000ohms



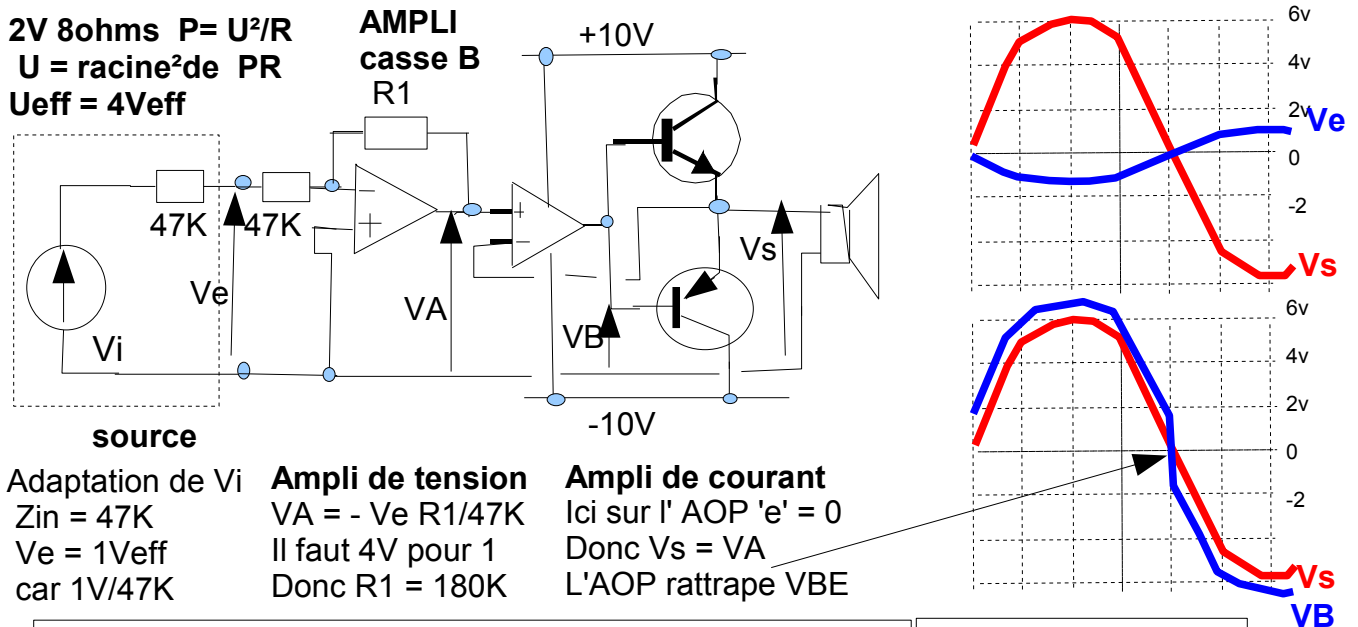
A priori . En direct , on voit un pont diviseur . Sur Rc dans le meilleur des cas il y aura $5V \cdot R_c / (R_c + R_i)$ soit 50mV !!

Si le transistor est bien choisi ($I_{Cmax} > 1A$)
 $V_s = V_i$, car $V_{e+} = 0$ et $V_{e-} = 0V$

Exemple 2 Commander l'allumage d'une LED de 2W puissance. Ce type de LED chauffe Sa tension doit pouvoir varier de 1,8V à 2,5V , pour un courant de 900mA . De plus nous voulons faire varier l'éclairement , à partir d'une tension qui varie linéairement de 0à 5V R? .



Exemple 3 Faire passer de la musique vers un Haut parleur . À partir d'une source audio. Puissance max attendue 2W , sur 8 ohms . Source audio 1Veff sur 47Kohms , Rin 47Kohm



Adaptation de V_i
 $Z_{in} = 47K$
 $V_e = 1V_{eff}$
 car $1V / 47K$

Ampli de tension
 $V_A = - V_e R_1 / 47K$
 Il faut 4V pour 1
 Donc $R_1 = 180K$

Ampli de courant
 Ici sur l' AOP $V_{e-} = 0$
 Donc $V_s = V_A$
 L'AOP rattrape V_{BE}

Ce montage est grossier il mérite encore des améliorations

Rendement 45%

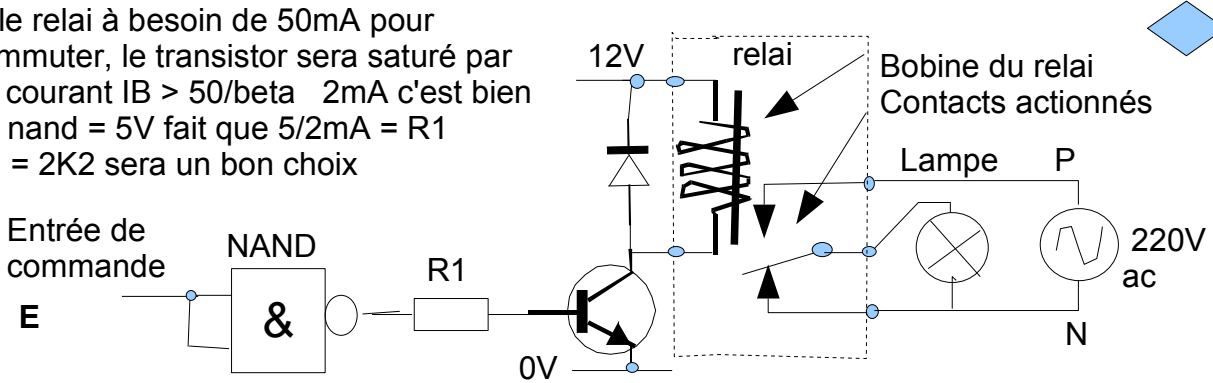
SCENARIO 'COMMANDES' en NON linéaire

Il s'agit d'envoyer sur la charge un courant ou une tension dont la valeur est fixe
On distingue 2 cas celles à commandes logiques, et celles a commande analogique

Exemple 1 Commande d'un RELAI en LOGIQUE compatible TTL

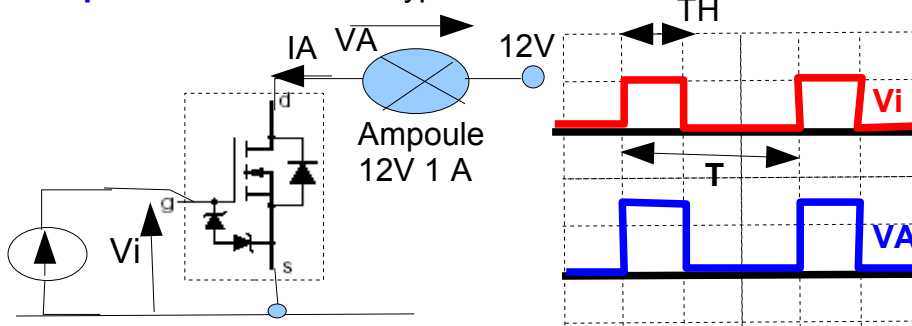
Le relai est une inductance dont on se sert du champ magnétique pour commander le déplacement d'une lamelle de fer. On réalise des contacts par cet intermédiaire.

Si le relai à besoin de 50mA pour commuter, le transistor sera saturé par un courant $I_B > 50/\beta$ 2mA c'est bien
 $V_s \text{ nand} = 5V$ fait que $5/2\text{mA} = R_1$
 $R_1 = 2K2$ sera un bon choix



Question : Sur Quel niveau de E la lampe sera donc allumée E = H ou L

Exemple 2 Commande de type PWM ou MLI.

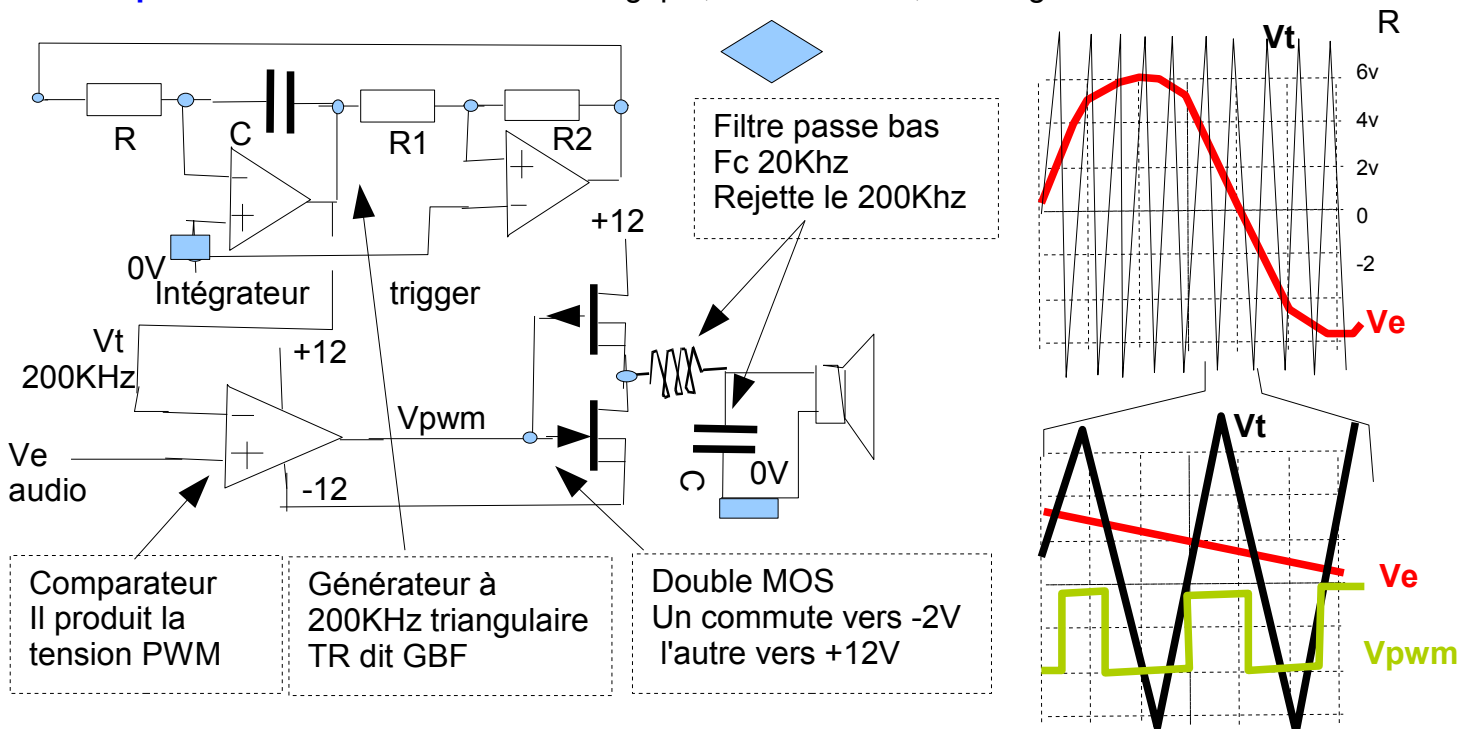


Analyse

$V_i = 5V$ DMos = on $V_L = 12V$
 $12V \ 1 \ A = 12W$
Pendant TH il y a 1A
Si K proportion TH/T
 $P = 12W$ si K = 1
 $P = K \ 12W$
Si le rapport K varie la puissance varie aussi

Le DMOS ne délivre pas de puissance pour conduire, il n'a pas besoin de radiateur

Exemple 3 Interface mixte entrée analogique, commutation, et filtrage l'AMPLI casse D

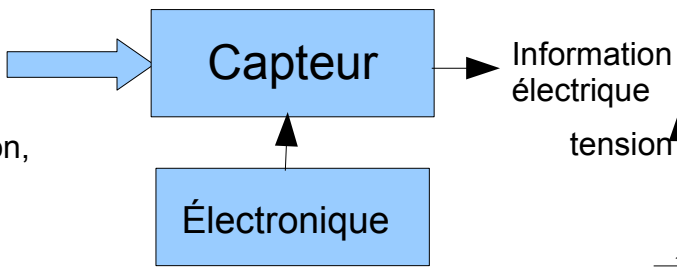


Ce montage est grossier, fonctionne mais il mérite encore des améliorations

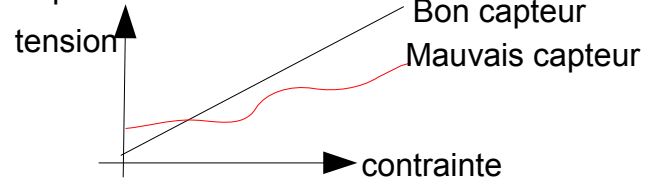
SCENARIO 'CAPTEUR'

**Contrainte
Physique**

Force , tension,
pression ,
lumière ,
température,

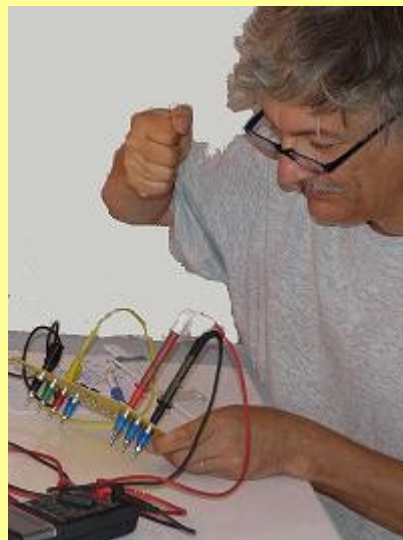
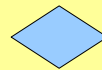


Les Capteurs doivent être des traducteurs fidèles de la contrainte qu'ils espionnent.



En cours
de
rédaction

DISCOURS DE LA MÉTHODE



Pas de crise de rage