

Première partie :

LES COMPOSANTS

Les composants de l'électronique analogique

Passifs

Actifs

Structures intégrées

Les composants de l'électronique numérique

Les familles logiques

LES COMPOSANTS DE L'ELECTRONIQUE ANALOGIQUE

La conception d'un schéma n'est jamais le résultat d'un calcul mais la juxtaposition de composants remplissant chacun une fonction bien précise pour réaliser finalement la fonction recherchée.

Les logiciels de simulation analysent le comportement des circuits mais ne les conçoivent pas. Ce rôle est réservé à l'électronicien qui doit donc avoir une connaissance intuitive du comportement de chaque composant, qu'il utilise comme un maçon juxtapose des briques pour construire une maison.

LES COMPOSANTS PASSIFS

RESISTANCES:

Elles obéissent à la loi d'Ohm Il n'y a rien de spécial à ajouter, ne pas oublier cependant la dissipation maximale, la précision et le coefficient de température

CONDENSATEURS :

Ce sont des réservoirs de charges: $Q=CV$ Coulombs Farads Volts

En différentiant cette expression on obtient le comportement en régime

$$i = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dV}{dt} \text{ d'où en régime harmonique l'impédance } Z_c = 1/jC\omega$$

La dérivée ne peut pas être infinie, C est donc une mémoire de tension c'est à dire qu'a deux instants infiniment proches la tension aux bornes de C est la même Cette propriété permet d'établir facilement l'évolution du potentiel des points A et B du circuit de la figure ci contre lorsque l'on ferme puis ouvre l'interrupteur K .

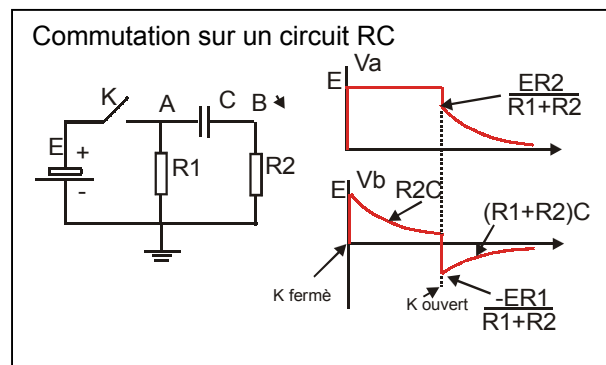
K ouvert C n'est pas chargé et les potentiels en A et B nuls.

A la fermeture de K le potentiel de A monte instantanément à +E , mais C ne peut pas se charger en un temps nul, la tension à ses bornes est donc nulle, le potentiel de B monte donc de la même façon que A .Ensuite C se charge , le courant de charge traversant R2 , Le potentiel de B évolue vers sa tension d'équilibre, c'est à dire 0, évolution exponentielle avec la constante de temps CR_2 .Supposons que juste avant l'ouverture de K le potentiel de B ai pour valeur V_0 (C n'a pas eu le temps de se charger complètement) Le condensateur C est alors chargé sous $(E-V_0)$, le + du côté de A .

K s'ouvre, C va se décharger dans les 2 résistances R1 et R2 en série, donc avec la constante de temps $C(R_1+R_2)$. Immédiatement après l'ouverture de K le courant de décharge circulant de A vers B via R2 et R1 vaut :

$$(E-V_0)/(R_1+R_2), \text{ le potentiel instantané du point B est donc } :- R_2 \cdot \frac{(E - V_0)}{R_1 + R_2}, \text{ il est négatif car le courant}$$

remonte de la masse vers B, Ce même courant traversant R1 impose en A la tension $R_1 \cdot \frac{(E - V_0)}{R_1 + R_2}$ L'évolution ultérieure de ces potentiels vers 0 s'effectue ensuite avec la constante de temps $C(R_1+R_2)$



La formule précédente conduit pour tout circuit contenant des condensateurs et résistances à une équation différentielle du premier ordre donc à une évolution des tensions et courants qui est toujours une combinaison d'exponentielles .

On rappelle de plus qu'un condensateur chargé stocke une énergie électrostatique :

$$W = 1/2 CV^2$$

(Application aux flash électroniques)

BOBINES D'AUTO- INDUCTION : SELFS

La loi de l'induction $v = L \frac{dI}{dt}$ est

obtenue à partir de la précédente en permutant V et I :

D'où l'impédance $Z_L = jL\omega$

L'énergie stockée sous forme magnétique

par une self parcourue par un courant I est :

$$W_L = 1/2 LI^2$$

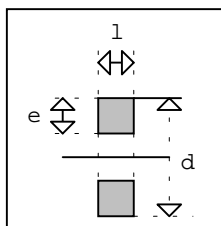
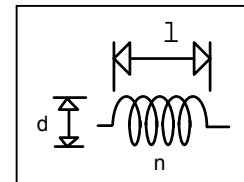
Une inductance est une mémoire de courant d'où l'évolution des potentiels dans le montage ci contre.

Attention ceci est vrai pour une self à air, une self avec noyau magnétique est sujette au phénomène de saturation de ce noyau.

Dans ce cas la self diminue lorsque le courant continu augmente.

Formules pratiques:

Pour une bobine sans noyau à une couche de n spires, longueur l et diamètre d la self est (Formule de Nagaoka) $L = \frac{100d^2n^2}{4d + 11l} 10^{-3} \mu H$



(dimensions en centimètres)
 Pour une bobine plate à air à plusieurs couches $L = \frac{0,08d^2n^2}{3d + 9l + 10e} \mu H$

Pour une géométrie donnée la self est proportionnelle au carré du nombre de spires .

TRANSFORMATEUR

Constitué de deux ou plusieurs enroulements placés sur un noyau magnétique il permet un isolement galvanique entre deux circuits, une modification du niveau d'une tension alternative ou une adaptation d'impédance.

Le flux dans les enroulements primaire et secondaire est proportionnel aux courants , d'où les équations de base :

$$\begin{cases} \Phi_1 = L_1 i_1 + M i_2 \\ \Phi_2 = M i_1 + L_2 i_2 \end{cases}$$

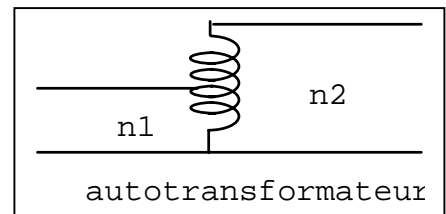
Avec $M = k\sqrt{L_1 L_2}$ k étant le coefficient de couplage magnétique. D'où pour les tensions :

$$\begin{cases} v_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt} \\ v_2 = M \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt} \end{cases}$$

Et en régime harmonique :

$$\begin{cases} v_1 = jL_1 \omega \cdot i_1 + jM \omega \cdot i_2 \\ v_2 = jM \omega \cdot i_1 + jL_2 \omega \cdot i_2 \end{cases}$$

En introduisant les nombre de spires on déduit de ces équations les formules classiques du transformateur: $\frac{v_2}{v_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{i_1}{i_2}$



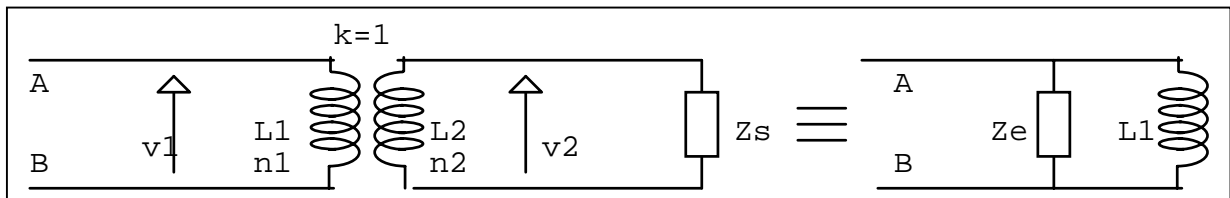
La tension est proportionnelle au nombre de spires , le courant lui est inversement proportionnel.

Pour un transformateur dont le secondaire est chargé par une impédance Z_s il faut ajouter la loi d'Ohm sur la charge

$v_2 = -Z_s i_2$, la résolution du système de 3 équations permet alors de montrer que le montage vu du primaire se comporte comme la self primaire L_1 en parallèle

sur une impédance ramenée au primaire :: $Z_E = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 Z_s$

Ce résultat reste valable pour un autotransformateur dont n_1 et n_2 sont les nombres de spires au primaire et secondaire



CIRCUITS ACCORDES

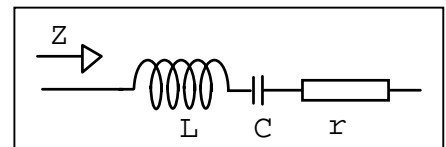
Association de selfs et condensateurs ils permettent de sélectionner des signaux en fonction de leur fréquence. Il existe deux configurations de base qui sont rappelées ici sans que les calculs théoriques ne soient développés

1° Circuit accordé série (circuit trappe)

L'impédance totale:

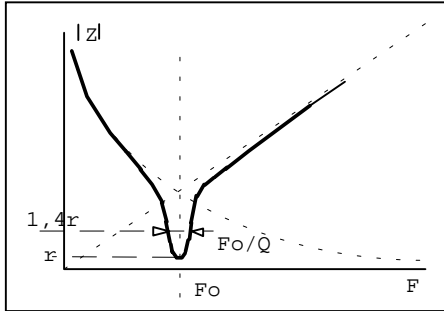
$$Z = r + jL\omega + \frac{1}{jC\omega}$$

est équivalente à celle d'un



condensateur pour les fréquences basses (3eme terme dominant) , et à celle d'une self aux fréquences élevées. Par contre à la fréquence pour laquelle self et condensateur ont en valeur absolue la même impédance (fréquence de résonance) , les deux termes en ω de signe inverse s'annulent et Z se réduit à r qui peut être faible.

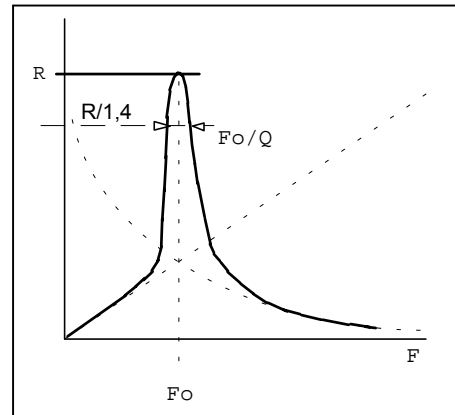
A cette fréquence les tensions aux bornes de L et C sont égales et opposées et Q fois supérieures à la tension aux bornes de r et aussi aux bornes AB du dipôle .



$$Q = \frac{L\omega_0}{r} \text{ est}$$

appelé coefficient de qualité

L'impédance vaut $r\sqrt{2}$ pour deux fréquences F_1 F_2 écartées de F_0/Q dont F_0 est la moyenne



géométrique.

$$F_1 F_2 = F_0^2$$

Pour $f \ll F_0$ le dipôle est capacitif

Pour $f \gg F_0$ il est selfique.

2° Circuit résonnant parallèle, circuit bouchon

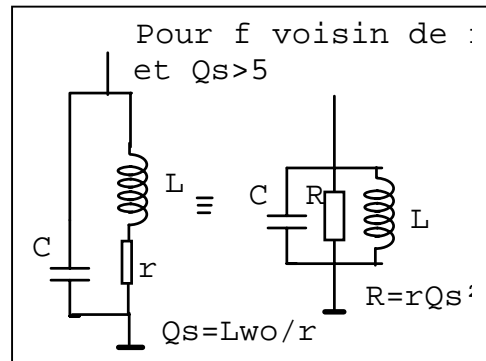
Son impédance est maximale pour la fréquence d'accord.

La largeur de bande est F_0/Q avec pour le coefficient de qualité Q une expression inversée

par rapport au cas précédent $Q = \frac{R}{L\omega_0}$

A la résonance le courant fourni par le générateur extérieur est Q fois inférieur à celui qui circule dans C et L

Il est souvent nécessaire de tenir compte de la résistance des enroulements. Pour un coefficient Q suffisant (supérieur à 5) et au voisinage de l'accord on peut utiliser l'approximation ci contre avec $Q_s = L\omega_0/r$ et $R = r.Q_s^2$



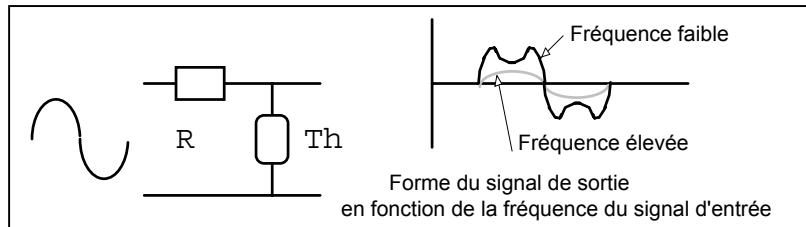
LES RESISTANCES NON LINEAIRES

Les thermistances CTN sont des dipôles résistifs dont la résistance est fonction de la température

$$R = R_0 \exp \left[B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right]$$

avec $T_0 = 293^\circ\text{K}$ et $B \approx 3000^\circ\text{K}$

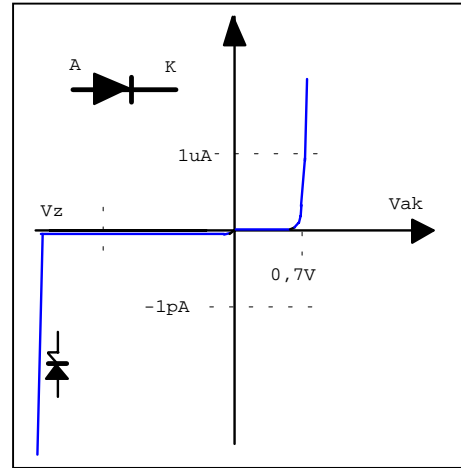
Il est très difficile de calculer le comportement d'un circuit incluant des thermistances car la température dépend du courant qui les traverse et il faut tenir compte de la constante de temps thermique. Pour de faibles fréquences le signal est déformé (Figure ci contre)



Les CTP sont des résistances à coefficient de température positif, mais l'évolution en température est beaucoup plus brutale, la résistance peut être multipliée par 1000 en moins de 1°C . Ce sont ces composants qui sont placés dans les enroulements des moteurs pour les protéger de l'échauffement

Les magnétorésistances varient en fonction du champ magnétique. La variation de résistance est en général faible mais de grands progrès ont été réalisés dans ce domaine et l'on dispose maintenant de magnétorésistances dont la variation de résistance est encore exploitable pour des champs de l'ordre du gauss.

Les photorésistances ont une résistance qui diminue avec l'éclairement. Ce sont des composants très sensibles à la lumière, leur résistance sous 1000 lux peut être de 100Ω et dépasser 10MΩ dans l'obscurité. Malheureusement ils sont lents, si le passage de 10MΩ à 1kΩ se fait en moins d'une milliseconde, le retour à la valeur initiale lorsque l'éclairement disparaît peut demander plus d'une seconde.



LES DIODES A JONCTION

C'est une jonction PN. Leur caractéristique est décrite par l'équation :

$$I = I_0 \left(e^{\frac{V}{\alpha\psi}} - 1 \right) \text{ avec } \psi = \frac{KT}{q} = 26\text{mV à } 300^\circ\text{K et } I_0 \text{ le courant de saturation } \cong 10^{-14} \text{ A}$$

pour un courant supérieur au microampère $I = I_0 \exp\left(\frac{V}{\alpha\psi}\right)$

α vaut 1 pour une diode idéale, c'est le facteur d'idéalité qui est proche de 2 pour une diode ordinaire.

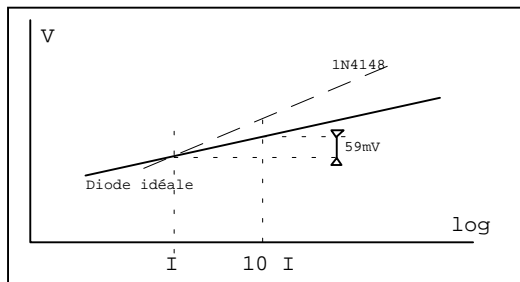
La caractéristique d'une diode est reproduite ci contre (l'échelle des courants n'est pas la même pour les deux sens), pour les forts signaux on admet souvent que la tension aux bornes vaut 0,7V si la diode conduit.

En inverse le courant quasi nul augmente brutalement dès que la tension dépasse une valeur V_z , c'est la tension Zener. Les diodes construites pour fonctionner dans ces conditions sont **des diodes Zener**

Pour des courants positifs faibles la tension est proportionnelle au logarithme du courant :

$$V = \psi\alpha \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

Lorsque I est multiplié par 10 la tension augmente de $\alpha\psi \log 10$ soit pour $\alpha=1$ 59 mV Pour une diode ordinaire (1N4148 par exemple) $\alpha \cong 2$ et la pente est voisine de 110mV par décade, figure ci dessous



Pour un transistor la pente de la caractéristique de diode émetteur-base est exactement de 59mV si collecteur et base sont portés au même potentiel.

Diode Schottky

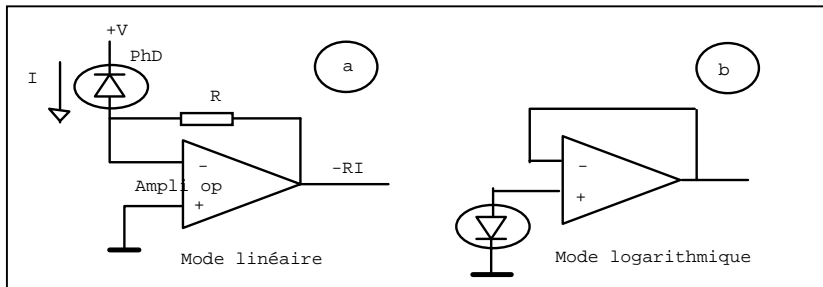
C'est une jonction métal semi-conducteur. Sa caractéristique est semblable à celle d'une diode à jonction PN mais le seuil n'est que de 400mV

COMPOSANTS OPTOELECTRONIQUES PHOTODIODES

Le courant inverse d'une diode à jonction augmente si de l'énergie est injectée au niveau de cette jonction. S'il s'agit d'énergie thermique on parle de thermopile, dans le cas d'un rayonnement il s'agit de photodiodes. La figure ci contre montre comment évolue la courbe caractéristique d'une diode à jonction en fonction de l'éclairement E.

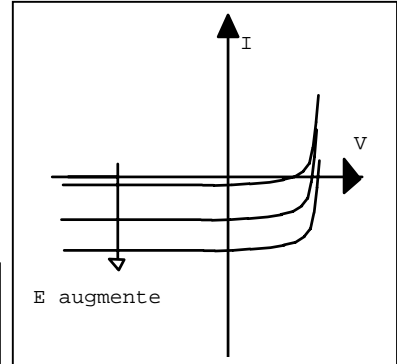
$$I = I_0 \exp\left(\frac{V}{\psi}\right) - AE$$

Pour V=0 le courant est proportionnel à l'éclairement il en est de même pour une tension négative constante. Dans ce mode de fonctionnement on peut utiliser le montage de la figure a ci dessous.



En mode logarithmique on utilisera le schéma b .

Les photodiodes au silicium sont sensibles dans tout le domaine visible et le proche infrarouge



Pour I=0 la tension varie comme le logarithme de l'éclairement.

$$V = \psi \cdot \log \frac{AE}{I_0}$$

LES DIODES ELECTROLUMINESCENTES (LED LIGHT EMITTING DIODE OU DEL)

Rappels de grandeurs optiques . La puissance émise par une source s'exprime normalement en watts , mais dans le domaine visible on utilise les Lumens

$$F_{lumens} = K \cdot P_{watts}$$

K est le **coefficient photométrique** qui est maximum pour la lumière verte (jaune vert 550nm) il vaut alors 620 Lumens par watts . Dans l'infrarouge K n'est pas défini on utilise les watts.

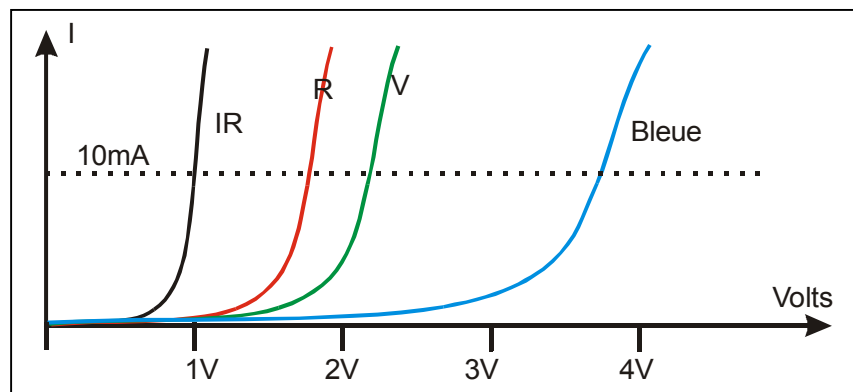
L'intensité dans une direction Puissance dans l'unité d'angle solide s'exprime dans le visible en **Candéla**. Un candéla=1 lumen par stéradian .

L'éclairement d'une surface s'exprime en **Lux** 1Lux = 1Lumen par m² on pour l'infrarouge en Watts/m²

Les diodes électroluminescentes sont des jonctions utilisant des composés variés pour lesquels le passage du courant s'accompagne d'une émission de lumière .Leur caractéristique courant tension est semblable à celle d'une diode silicium mais avec une tension de seuil différente suivant la couleur .

Pour un courant de 10mA la tension aux bornes est 1,8V environ pour une LED rouge, 2V pour une verte, 3,5 pour une bleue. Il existe maintenant des LEDs dans l'UV proche (350nm)

Les LEDs blanches sont réalisées avec une diode bleue de forte intensité associé avec un produit fluorescent qui émet dans tout le spectre. Ces LEDs blanches vont à terme

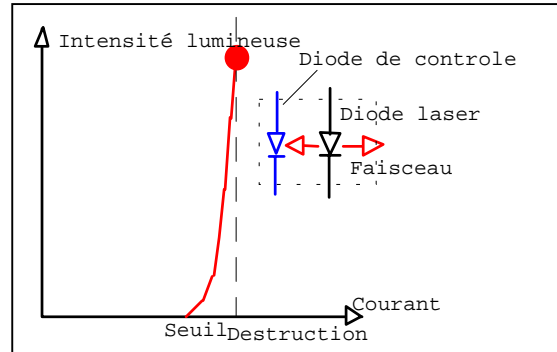


remplacer certaines lampes à incandescence. (* 2000)

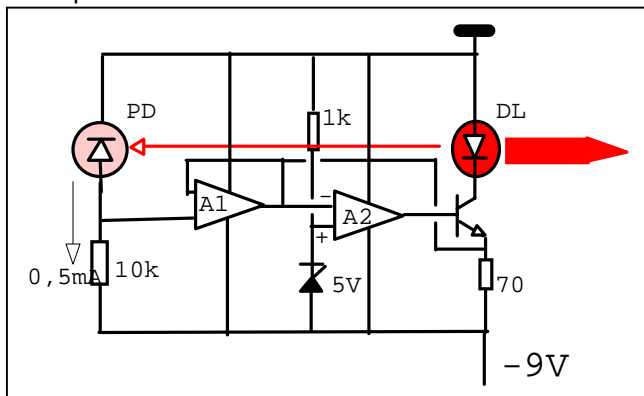
L'intensité émise qui était de quelques millicandéla pour les premières LEDs atteint maintenant plusieurs candélas

LES DIODES LASER

Extérieurement elles sont assez semblables aux Leds mais à la différence de ces dernières elles émettent de la lumière cohérente. En fait cette émission n'a lieu que si le courant qui les traverse est suffisant; à partir d'une valeur de seuil la puissance lumineuse émise augmente très rapidement. Ce qui rend leur mise en œuvre délicate est le fait que le seuil de courant pour lequel débute l'émission laser est proche du courant maximal admissible qui détruit la diode. Pour éviter cette destruction la diode laser est toujours associée dans le même boîtier à une photodiode qui contrôle la puissance émise. Un circuit d'asservissement utilise le signal fourni par cette diode annexe pour contrôler le courant principal qui ne peut plus ainsi atteindre la valeur maximale, ce qui protège la diode laser.



Les premières diodes laser émettaient dans l'infrarouge, on trouve actuellement des diodes laser rouge et des composants émettant dans le bleu existent, bien qu'ils ne soient pas encore commercialisés à l'unité. Ce sont ces diodes laser bleu qui seront utilisées dans les prochains DVD de haute densité, on parle de 28GHz en 2 couches



Le montage proposé est un schéma de principe pour le contrôle d'une diode laser. PD est la diode de contrôle qui reçoit une partie du faisceau émis par la diode laser DL. L'amplificateur A2 compare la tension aux bornes de la résistance de $10k\Omega$ avec les 5V de la diode Zener. Il maintient aux bornes de la résistance de 70Ω une tension de 5V, soit pour la diode laser un courant voisin de 71mA pour lequel la diode de contrôle PD délivre un courant de 0,5mA. Si le courant de DL augmente, il en est de même du courant de PD donc de la tension sur l'entrée - de A2, le potentiel de sortie de A2 diminue ce qui ramène le courant de DL à sa valeur de consigne.

Note:

Le montage proposé est un schéma de principe pour le contrôle d'une diode laser. PD est la diode de contrôle qui reçoit une partie du faisceau émis par la diode laser DL. L'amplificateur A2 compare la tension aux