

Initiation à la pratique de l'électronique

LES MONTAGES FONDAMENTAUX

LES trois montages fondamentaux d'un transistor sont les montages émetteur commun, base commune et collecteur commun.

Dans ces trois montages, les polarisations se font sensiblement de la même façon, afin que les jonctions base-émetteur et base-collecteur soient respectivement passante et bloquée. En pratique, c'est le mode d'attaque du transistor qui en fait la différence. Le découplage de certains points a une grande importance.

Si c'est le montage émetteur commun qui est largement le plus utilisé, il ne faut pas pour autant négliger le « collecteur commun », bien précieux pour résoudre les problèmes d'adaptation d'impédances.

Du point de vue utilisation, ces montages assemblés entre eux peuvent être amplificateurs ou oscillateurs. Ces derniers sont en réalité des amplificateurs auxquels on ajoute un circuit de couplage entre la sortie et l'entrée. Le couplage a donc aussi une grande importance, et avant de coupler deux étages, il sera bon de contrôler le fonctionnement de chacun d'eux séparément.

Découplage

Jusqu'ici nous n'avons parlé que de l'étage émetteur commun : le signal à amplifier est appliqué entre base et émetteur, il est recueilli, amplifié, entre collecteur et émetteur. Le point commun de l'entrée et de la sortie est bien l'émetteur. Nous avons montré comment calculer un tel étage, et nous avons dit que pour des questions de stabilité, il était avantageux de disposer d'une part un pont de résistances dans le circuit de base, et d'autre part une résistance R_E entre l'émetteur et la masse du montage. On

peut compléter le schéma en y ajoutant les condensateurs de liaison (C_1 et C_2) ainsi qu'un condensateur de découplage C_E (voir fig. 1).

On entend par découplage le fait de mettre un condensateur en parallèle sur une résistance dans le but de faire dévier un signal alternatif (HF ou BF) à travers ce condensateur et d'empêcher que ce signal « chute » dans la résistance. Si nous avons à amplifier une tension BF ou HF, on ne retrouvera aux bornes de R_E qu'une tension continue, nécessaire pour la régulation du montage. Les signaux alterna-

tifs traverseront C_E et profiteront d'une amplification supérieure. On sait que si R_E apporte l'avantage de la stabilité, en revanche sa présence diminue le gain de l'amplificateur.

Prenons comme exemple le circuit de la figure 2. On sait que le gain de tension d'un tel étage (avec C_E débranché) est égal au rapport R_C/R_E , soit ici égal à 10. Le signal V_e à l'entrée est 10 mV crête à crête, sa fréquence est de 1 kHz. A la sortie, l'amplitude de V_s est de 100 mV_{cc}.

Maintenant shuntons R_E par le condensateur C_E . La réactance capacitive X_C d'un condensateur est égale à :

$$X_C = \frac{1}{C\omega}$$

$$\text{ou } X_C = \frac{1}{C \times 6,28 \times F}$$

X_C étant exprimé en ohms, C en Farad et F en hertz. Si $F = 1\,000$ Hz et $C = 10\ \mu\text{F}$, X_C est égal à :

$$\frac{1}{10 \times 10^{-6} \text{ F} \times 6,28 \times 10^3 \text{ Hz}} \approx 16\ \Omega$$

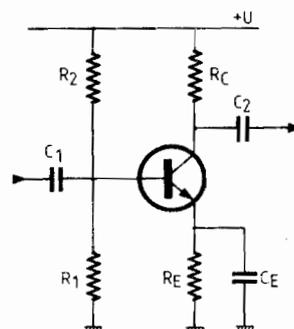


Fig. 1. — Le découplage de l'émetteur permet de mettre ce point à la masse en alternatif, tout en conservant le même potentiel continu.

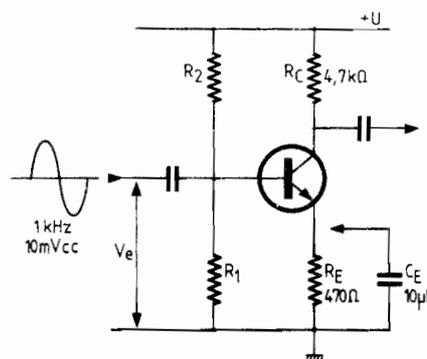


Fig. 2. — Sans la présence de C_E , le gain de tension de l'étage est de 10. Il passe à 300 lorsque C_E est connecté.

Ainsi dans notre montage, dans lequel nous avons ajouté un condensateur C_E de $10 \mu F$, le gain de tension va augmenter considérablement. A $1\ 000\ Hz$, l'impédance entre émetteur et masse passe de 470Ω à moins de 16Ω , et le signal V_s sera amplifié dans un rapport de 300 environ ($4\ 700/16$). Le signal V_s sera donc proche de $300 \times 10\ mV$, soit $3\ V$ crête à crête.

Supposons que nous n'ayons besoin que d'un gain de 100 , il suffit de choisir un condensateur dont la réactance à $1\ 000\ Hz$, en parallèle avec la résistance de 470Ω , donne à l'ensemble $R_E C_E$ la valeur de 47Ω . Autrement dit, il faut que X_c soit égal à :

$$\frac{470 \times 47}{470 - 47}$$

c'est-à-dire à 52 environ (voir notre article du N° 1684). La valeur de C_E est donnée par la formule :

$$C = \frac{1}{X_c \times 6,28 \times F}$$

(C exprimé en Farad)

ou $C = \frac{1\ 000\ 000}{X_c \times 6,28 \times F}$ avec C exprimé directement

en microfarad. Pour cet exemple, C_E doit être égal à $3 \mu F$ environ

$$C_E = \frac{1\ 000\ 000}{52 \times 6,28 \times 1\ 000}$$

Quelle est l'utilité des autres condensateurs (C_1 et C_2) ? Puisque ces composants ne laissent pas passer le continu tout en étant traversés par de l'alternatif, ils ont pour rôle de faire la liaison avec les autres étages, sans perturber les tensions continues, même si celles-ci sont très différentes (fig. 3).

Les trois montages fondamentaux

Ce sont le montage émetteur commun (EC), le montage base commune (BC) et le montage collecteur commun (CC).

Le premier a de nombreux avantages. Son amplification, qu'elle soit de tension, de courant ou de puissance, est élevée. Sa résistance d'entrée est plutôt petite et sa résistance de sortie plutôt élevée. Son déphasage entrée/sortie est de 180° . Ce montage

EC est largement employé aussi bien en basse qu'en haute fréquence.

Le montage base commune se rencontre surtout en HF (fig. 4). On remarque que la disposition et les valeurs des résistances restent les mêmes pour les montages émetteur commun et base commune. La base étant au potentiel zéro en alternatif, elle est découplée par un condensateur. Les caractéristiques de l'étage BC sont : une amplification de tension élevée, tandis que l'amplification de courant est faible (légèrement inférieure à l'unité). Malgré cela, l'amplification de puissance reste élevée. La résistance d'entrée est faible, et celle de sortie est forte. Quant au déphasage entrée/sortie, il est nul.

Montage collecteur commun

Le dernier montage fondamental est celui à collecteur commun. Il est principalement utilisé pour les adaptations d'impédance.

La charge ne se trouve plus dans le circuit collecteur, mais du côté émetteur. De ce fait, les résistances R_1 et R_2 du pont doivent être recalculées (fig. 5). Dans le circuit collecteur on trouve parfois une résistance de petite valeur, découplée par un fort condensateur, améliorant le découplage de l'alimentation. Au point de vue de l'alternatif, le collecteur est au potentiel de la masse. Les points « chauds » du montage sont la base (l'entrée) et l'émetteur (la sortie).

L'amplification de tension, comme celle de puissance, est légèrement inférieure à 1 . L'amplification de courant est élevée. La caractéristique principale du montage CC est sa résistance d'entrée très élevée, et sa résistance de sortie très basse. Le déphasage entrée/sortie est nul.

Le calcul d'un montage CC n'est pas compliqué. La tension de repos (entre émetteur et masse) est généralement égale à la moitié de la tension d'alimentation. Si celle-ci est de $9\ V$, la tension aux bornes de R_E est égale à $4,5\ V$ et celle entre base et masse doit être de $4,5\ V + 0,7\ V$ soit $5,2\ V$, pour tenir compte du V_{BE} du transistor. Quant au choix de I_c , il n'y a rien de particulier à signaler, par rapport au montage EC. Il en est de même pour les courants I_B et I_E . En choisissant un courant I_c égal à $5\ mA$ et un transistor dont le gain de courant est de 130 , le courant I_B est de $38\ \mu A$. Et si on laisse passer dans le pont un courant dix fois supérieur à cette valeur, la résistance R_1 est de $14\ k\Omega$ environ

$$\left(\frac{5,4\ V}{0,38\ mA} \right)$$

et R_2 a pour valeur

$$8,6\ k\Omega \left(\frac{9\ V - 5,4\ V}{0,38 + 0,038} \right)$$

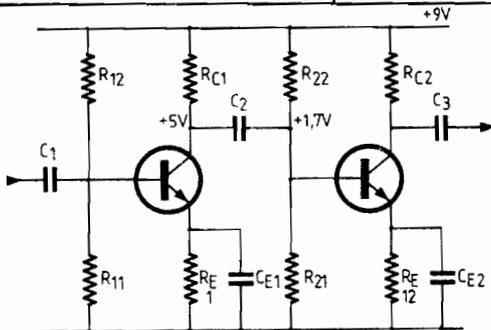


Fig. 3. - Le condensateur C_2 laisse passer le signal alternatif. Il ne modifie pas le potentiel continu de polarisation des étages.

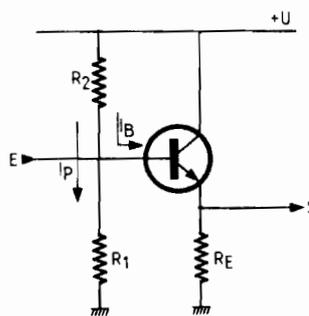


Fig. 5. - Montage collecteur commun.

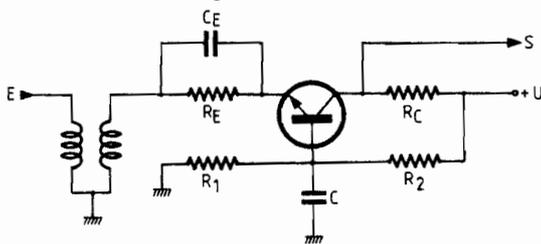


Fig. 4. - Montage base commune. On retrouve la même disposition des résistances que dans le montage émetteur commun.

Puisque la tension de sortie est de l'ordre de la moitié de la tension d'alimentation, on pourrait prendre sans risque deux résistances égales pour R_1 et R_2 ($R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$).

La résistance d'entrée du circuit est égale au produit de R_E par le gain de courant du transistor. Dans le cas où $R_E = 1 \text{ k}\Omega$, l'entrée du montage CC présente une résistance interne de $130 \text{ k}\Omega$ ($1 \text{ k}\Omega \times 130$). Cette impédance de $130 \text{ k}\Omega$ est shuntée par les résistances du pont. Pour cette raison, on voit souvent des montages EC comportant une seule résistance (R_B) dans le circuit de base.

Le schéma de la figure 6 représente l'adaptation de deux circuits d'impédances très différentes. L'étage précédant le montage CC est équivalent à un générateur G ayant une résistance interne R_G élevée. L'entrée de l'étage suivant est représenté par une résistance R_U de faible valeur qui court-circuiterait le générateur G sans la présence du montage CC. La résistance interne d'entrée de celui-ci est sensiblement égale à $130 \text{ k}\Omega$ ($R_E \times h_{FE}$), ce qui ne représente pas une charge pour le générateur G . Quant à la résistance interne de sortie du collecteur commun, elle est pratiquement égale au rapport

$$\frac{R_G}{h_{FE}}$$

Dans notre application elle est de 770Ω environ, donc du même ordre de grandeur que la résistance R_U .

Montage Darlington

Parfois la résistance d'entrée d'un collecteur commun est encore trop faible. Pour cette raison on insère un montage Darling-

ton à deux transistors. Il s'agit de deux montages CC en cascade, dont le gain total est égal au produit des deux gains : $G_i = h_{FE1} \times h_{FE2}$ (fig. 7).

Amplificateur à deux étages

(Figure 8)

Il ne sera pas forcément nécessaire d'insérer un montage CC entre deux étages amplificateurs EC. Même si la résistance interne d'entrée du deuxième étage shunte plus ou moins la résistance R_C du premier, le gain global sera quand même très élevé. Cet amplificateur devant amplifier des fréquences basses (audibles), la valeur des condensateurs de liaison sera élevée (plusieurs μF). En effet, la réactance capacitive X_C devrait être négligeable, pour la fréquence la plus basse à amplifier, par rapport à la résistance d'entrée du transistor attaqué. De façon concrète,

puisque la résistance d'entrée de T_1 est de $3\,500 \Omega$ ($27 \Omega \times 130$), la réactance de C_1 à 50 Hz doit être faible par rapport à $3\,500 \Omega$. En prenant le dixième de cette valeur pour X_C , le condensateur C_1 devra être égal ou supérieur à $10 \mu\text{F}$.

Avant de câbler les condensateurs de liaison, il est plus prudent de contrôler les étages séparément. Même si les résistances ont été consciencieusement calculées, il sera bon de mesurer au contrôleur la tension entre collecteur et masse. Est-elle bien égale à la moitié de la tension d'alimentation ?

Si elle est trop basse, cela signifie que le courant I_C est trop élevé, et on changera (en l'augmentant) la résistance R_B pour diminuer I_B . L'opération inverse sera faite si la tension collecteur est trop proche de 9 V . Les polarisations étant correctes, on fera un essai dynamique en injectant sur la base, à travers un condensateur, le signal pro-

venant d'un générateur BF. Le signal de sortie sera contrôlé à l'aide d'un oscilloscope. En ce qui concerne la tension crête à crête de sortie de T_2 , elle devrait être de l'ordre de 8 V sans écrêtage. Le gain de tension de cet étage, mesuré à l'oscilloscope, devrait être grosso modo égal au gain calculé. On branchera ensuite les condensateurs de liaison pour mesurer le gain total des deux étages.

Montage oscillateur

Il faut remarquer que les signaux d'entrée et de sortie sont en phase. Une alternance positive au point X se retrouve inversée, donc négative à la sortie du premier transistor (point Y); puis une nouvelle inversion due au transistor T_2 rend cette alternance à nouveau positive.

Pour que l'amplification soit stable, on veillera particulièrement à ce que le signal de sortie ne revienne

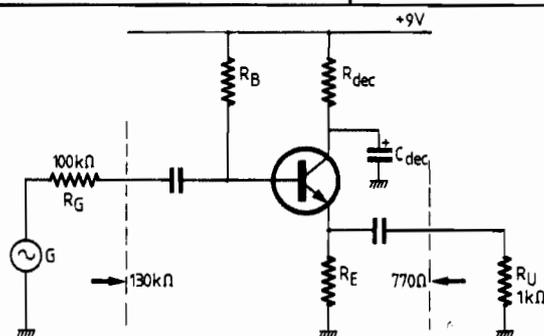


Fig. 6. — Adaptation d'impédance par montage collecteur commun. La cellule de découplage $R_{dec} C_{dec}$ ne laisse chuter que 1 ou 2 V.

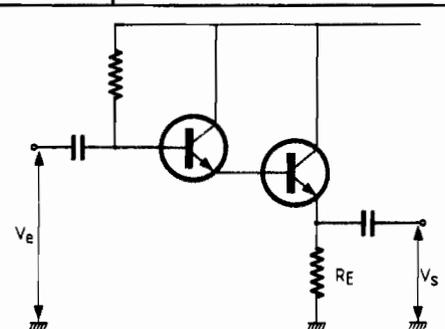


Fig. 7. — Montage Darlington. Le gain de courant total est égal au produit du gain des deux transistors.

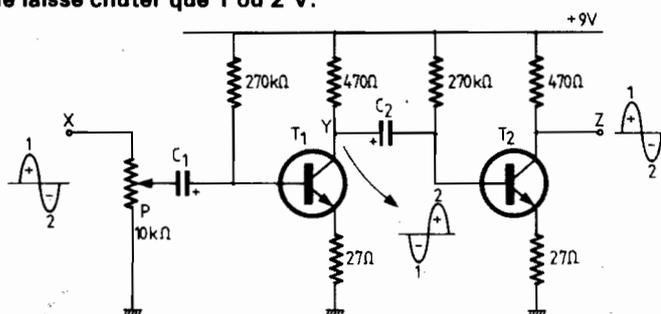


Fig. 8. — Amplificateur à deux étages ($T_1 = T_2 = \text{BC } 108 \text{ A}$).

pas vers l'entrée, comme par exemple à cause d'un mauvais découplage de l'alimentation, sinon le montage se mettra à osciller.

Mais si au contraire nous souhaitons réaliser un oscillateur, nous couplerons les points Z et X. En effet un oscillateur se compose d'un amplificateur et d'un dispositif de couplage. Ce dernier a pour rôle de ramener une tension en phase de la sortie à l'entrée. Il suffit d'une très petite fraction de la tension de sortie ramenée à l'entrée pour que le montage se mette à osciller. Avec le montage décrit, même si le curseur du potentiomètre est réglé au minimum, non seulement il y a oscillation, mais le signal généré est loin d'être sinusoïdal. Sa fréquence est déterminée par les éléments R et C du circuit. Si nous voulons une oscillation

BF sans distorsion, mieux vaut employer un oscillateur à trois cellules RC.

Multivibrateur

Pour le moment, gardons nos deux étages, que nous pouvons utiliser comme générateur de signaux carrés. Pour avoir avec ce montage un signal avec des flancs bien nets, on réglera les deux transistors pour qu'ils fonctionnent, non plus en classe A, mais en commutation. Pour

cela les résistances R_B seront réduites afin que chacun des transistors se trouve alternativement soit bloqué, soit passant. Les émetteurs seront reliés directement à la masse, comme le montre la figure 9. En ce qui concerne la fréquence de ces signaux, elle dépend des résistances de base et des condensateurs de liaison. La fréquence (en hertz) est donnée par la relation :

$$F = \frac{1,4}{R_1 C_1 + R_2 C_2}$$

Ce montage est appelé « multivibrateur » ou encore « astable ». Il peut être le circuit de base pour la réalisation d'un petit orgue électronique. Les différentes notes seront obtenues en branchant des résistances de différentes valeurs par exemple aux bornes de R_{B2} . L'étage amplificateur BF, chargé par le haut-parleur, sera branché sur le collecteur d'un des transistors.

En choisissant des valeurs élevées pour R_1 , R_2 , C_1 et C_2 , on obtiendra une période de l'ordre de la seconde. Le multivibrateur pourra commander un voyant, réalisant de cette façon un clignotant. Ces différents circuits, ainsi que d'autres, tels que des oscillateurs BF à trois cellules RC, seront décrits dans le prochain numéro.

J.-B. P.

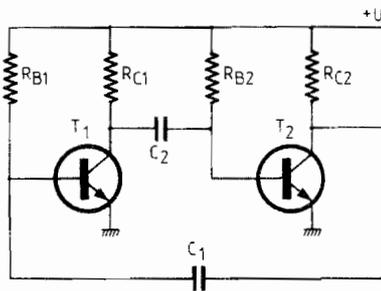


Fig. 9. — Montage multivibrateur. Le couplage de la sortie de T_2 à l'entrée de T_1 fait générer au montage des signaux rectangulaires ($T_1 = T_2 = BC 108 A$, $R_{C1} = R_{C2} = 470 \Omega$).

Bloc-notes

Les vidéo-clubs Grundig

La société Grundig, considérant que la présence d'une marque est directement liée aux services qu'elle propose, vient d'implanter des vidéo-clubs qui ont été choisis, en priorité, dans son réseau de revendeurs.

Les Vidéos-clubs Grundig proposent, d'ores et déjà, une sélection faite en collaboration avec les éditeurs qui ont accepté de participer à cette démarche, sélection de plus de 100 titres parmi les grands succès « Cinéma ».

Mais la présentation d'un film en vidéo-cassette n'est pas la seule possibilité de loisir vidéo. L'attente d'un grand nombre de possesseurs de ma-

gnétoscope est souvent bien différente.

Emissions pour enfants certes, mais aussi grands moments sportifs, pages d'histoire, conseils pratiques divers, découverte d'une culture, d'une civilisation, une grande aventure... Que de thèmes inépuisables peuvent être appréciés par un public attentif et curieux !

Grundig, consciente de cette attente, veut profiter de la technologie même du système européen Video 2000, dont les cassettes sont réversibles, pour proposer de véritables programmes vidéo, chaque face d'une cassette Video 2000 pouvant recevoir tel ou tel type de programme.

Un zoom sur un téléviseur



Un zoom sur un téléviseur, c'est ce que proposait Mitsubishi au dernier Festival du son et de l'image vidéo.

Ce zoom permet de faire avancer l'image en la grossissant, comme pourrait le faire un zoom de caméra.

De plus, cet appareil est équipé pour recevoir les 5 standards couleur : PAL, NTSC 3.58, NTSC 4.43, SECAM BG, SECAM modifié.

Ce téléviseur sera distribué en France fin 1983.