

Cours d'électronique spécialisée : Le transistor bipolaire et les amplificateurs de base

A. Arciniegas
V. Gauthier

IUT Cergy-Pontoise, Dep GEII, site de Neuville



- 1 Généralités
- 2 Polarisation
- 3 Amplificateurs de base

Généralités

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT3, nous allons nous intéresser à l'utilisation des **BJT** dans les circuits intégrés analogiques :

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT3, nous allons nous intéresser à l'utilisation des **BJT** dans les circuits intégrés analogiques :

- amplificateurs de courant ou de tension

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT3, nous allons nous intéresser à l'utilisation des **BJT** dans les circuits intégrés analogiques :

- amplificateurs de courant ou de tension
- amplificateurs différentiels

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT3, nous allons nous intéresser à l'utilisation des **BJT** dans les circuits intégrés analogiques :

- amplificateurs de courant ou de tension
- amplificateurs différentiels
- générateur et miroir de courant

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT3, nous allons nous intéresser à l'utilisation des **BJT** dans les circuits intégrés analogiques :

- **amplificateurs de courant ou de tension**
- amplificateurs différentiels
- générateur et miroir de courant

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT3, nous allons nous intéresser à l'utilisation des **BJT** dans les circuits intégrés analogiques :

- **amplificateurs de courant ou de tension**
- amplificateurs différentiels
- générateur et miroir de courant

Dans le cas des amplificateurs, nous allons étudier :

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT3, nous allons nous intéresser à l'utilisation des **BJT** dans les circuits intégrés analogiques :

- **amplificateurs de courant ou de tension**
- amplificateurs différentiels
- générateur et miroir de courant

Dans le cas des amplificateurs, nous allons étudier :

- les techniques de polarisation

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT3, nous allons nous intéresser à l'utilisation des **BJT** dans les circuits intégrés analogiques :

- **amplificateurs de courant ou de tension**
- amplificateurs différentiels
- générateur et miroir de courant

Dans le cas des amplificateurs, nous allons étudier :

- les techniques de polarisation
- les topologies

Polarisation

Idée → déterminer un **point de fonctionnement** ou **point de repos** du système.

Idée → déterminer un **point de fonctionnement** ou **point de repos** du système.

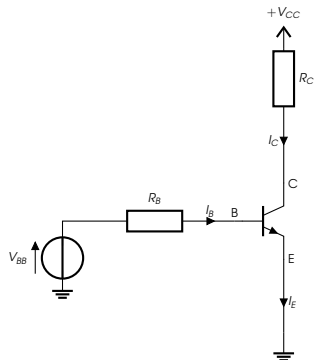
- En numérique, polarisation par la base et les montages dérivés.

Idée → déterminer un **point de fonctionnement** ou **point de repos** du système.

- En numérique, polarisation par la base et les montages dérivés.
- En analogique, polarisation par l'émetteur et l'utilisation de techniques de contre-réaction.

Polarisations

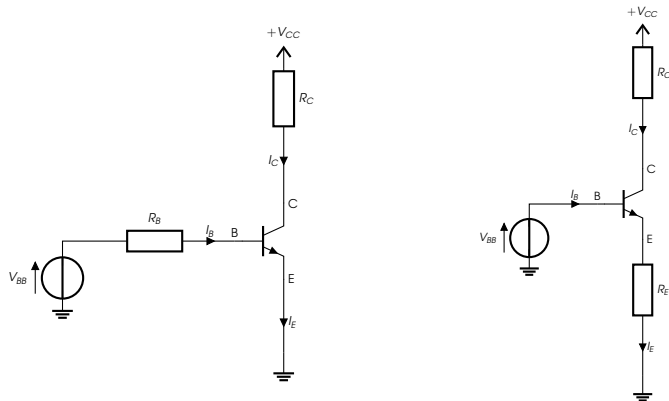
On étudie les montages suivants :



Polarisation par la base

Polarisations

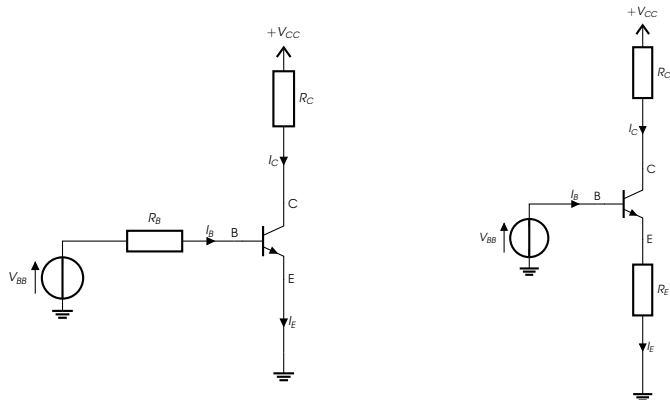
On étudie les montages suivants :



Polarisation par la base vs. polarisation par l'émetteur.

Polarisations

On étudie les montages suivants :

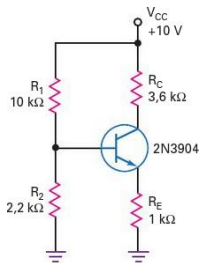


Polarisation par la base vs. polarisation par l'émetteur.

Remplir le tableau suivant :

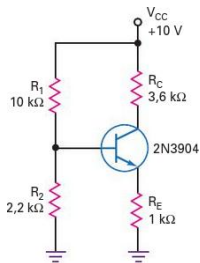
Caractéristiques	Courants fixés par la base	Courants fixés par l'émetteur
$\beta = 100$		
$\beta = 300$		
Mode		
Applications		

Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée



Polarisation par PDT
(d'après A. Malvino).

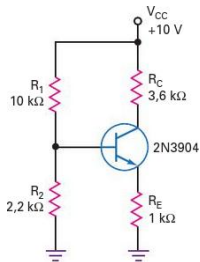
Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée



Règle de conception simplifiée

Polarisation par PDT
(d'après A. Malvino).

Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée

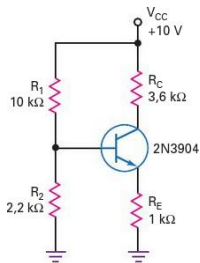


Règle de conception simplifiée

- Fixer $V_E = 0.1 V_{CC}$

Polarisation par PDT
(d'après A. Malvino).

Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée

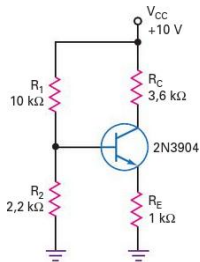


Règle de conception simplifiée

- Fixer $V_E = 0.1 V_{CC}$
- Alors $R_E = \frac{V_E}{I_E}$

Polarisation par PDT
(d'après A. Malvino).

Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée

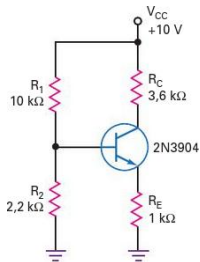


Polarisation par PDT
(d'après A. Malvino).

Règle de conception simplifiée

- Fixer $V_E = 0.1 V_{CC}$
- Alors $R_E = \frac{V_E}{I_E}$
- Si $V_{CE} = 0.5 V_{CC}$, alors $R_C = 4R_E$

Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée

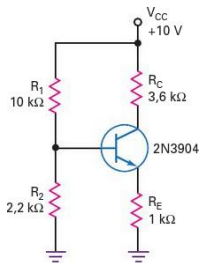


Polarisation par PDT
(d'après A. Malvino).

Règle de conception simplifiée

- Fixer $V_E = 0.1 V_{CC}$
- Alors $R_E = \frac{V_E}{I_E}$
- Si $V_{CE} = 0.5 V_{CC}$, alors $R_C = 4R_E$
- Fixer $R_2 \leq 0.1 \beta_{min} R_E$

Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée

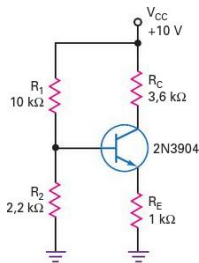


Polarisation par PDT
(d'après A. Malvino).

Règle de conception simplifiée

- Fixer $V_E = 0.1 V_{CC}$
- Alors $R_E = \frac{V_E}{I_E}$
- Si $V_{CE} = 0.5 V_{CC}$, alors $R_C = 4R_E$
- Fixer $R_2 \leq 0.1 \beta_{min} R_E$
- Calculer $V_2 = V_{BE} + V_E$

Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée

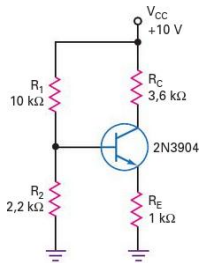


Polarisation par PDT
(d'après A. Malvino).

Règle de conception simplifiée

- Fixer $V_E = 0.1 V_{CC}$
- Alors $R_E = \frac{V_E}{I_E}$
- Si $V_{CE} = 0.5 V_{CC}$, alors $R_C = 4R_E$
- Fixer $R_2 \leq 0.1 \beta_{min} R_E$
- Calculer $V_2 = V_{BE} + V_E$
- Calculer $V_1 = V_{CC} - V_{R_{BB}}$

Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée

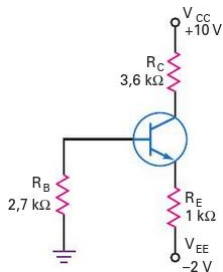


Polarisation par PDT
(d'après A. Malvino).


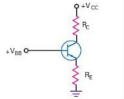
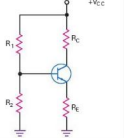
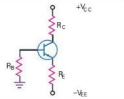
Règle de conception simplifiée

- Fixer $V_E = 0.1 V_{CC}$
- Alors $R_E = \frac{V_E}{I_E}$
- Si $V_{CE} = 0.5 V_{CC}$, alors $R_C = 4R_E$
- Fixer $R_2 \leq 0.1 \beta_{min} R_E$
- Calculer $V_2 = V_{BE} + V_E$
- Calculer $V_1 = V_{CC} - V_{R_{BB}}$
- Calculer $R_1 = \frac{V_1}{V_2} R_2$

Polarisation émetteur deux sources (PEDS)



PEDS
(d'après A. Malvino).

À RETENIR 7.3 – Polarisation des circuits				
Type	Circuit	Calculs	Caractéristiques	Utilisation type
Polarisation par la base		$I_B = \frac{V_{BB} - 0,7 \text{ V}}{R_B}$ $I_C = \beta I_B$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$	Peu nombreuses β -dépendante Courant de base défini	Commutateurs Circuits numériques
Polarisation par l'émetteur		$V_E = V_{BB} - 0,7 \text{ V}$ $I_E = \frac{V_E}{R_E}$ $V_C = V_C - I_E R_C$ $V_{CE} = V_{CC} - V_E$	Courant émetteur défini β -indépendante	Commande de circuits intégrés Amplificateurs
Polarisation par diviseur de tension		$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$ $V_E = V_B - 0,7 \text{ V}$ $I_E = \frac{V_E}{R_E}$ $V_C = V_{CC} - I_C R_C$ $V_{CE} = V_{CC} - V_E$	Nécessite plus de résistances β -indépendante N'utilise qu'une source d'alimentation	Amplificateurs
Type	Circuit	Calculs	Caractéristiques	Utilisation type
Polarisation émetteur à deux sources		$V_B = 0 \text{ V}$ $V_E = V_{BB} - 0,7 \text{ V}$ $V_{CE} = V_{CC} - V_E$ $I_E = \frac{V_E}{R_E}$ $V_C = V_{CC} - I_C R_C$ $V_{CE} = V_{CC} - V_E$	Nécessite des alimentations positive et négative β -indépendante	Amplificateurs

Résumé circuits de polarisation
(d'après A. Malvino).

Amplificateurs de base

Idée générale du fonctionnement recherché

Transmettre et amplifier un signal AC (variation par rapport au repos) sans perturber la polarisation du transistor (signal DC ou point de repos).

Idée générale du fonctionnement recherché

Transmettre et amplifier un signal AC (variation par rapport au repos) sans perturber la polarisation du transistor (signal DC ou point de repos).

Rappel

valeur instantanée = valeur de repos + variation par rapport au repos

Idée générale du fonctionnement recherché

Transmettre et amplifier un signal AC (variation par rapport au repos) sans perturber la polarisation du transistor (signal DC ou point de repos).

Rappel

valeur instantanée = valeur de repos + variation par rapport au repos

Solution

Utiliser des condensateurs de **découplage** et de **liaison**.

Idée générale du fonctionnement recherché

Transmettre et amplifier un signal AC (variation par rapport au repos) sans perturber la polarisation du transistor (signal DC ou point de repos).

Rappel

valeur instantanée = valeur de repos + variation par rapport au repos

Solution

Utiliser des condensateurs de **découplage** et de **liaison**.

Condensateur de découplage

- \equiv circuit-ouvert DC
- Rôle : isoler le générateur AC et la charge (récepteur) en DC

Idée générale du fonctionnement recherché

Transmettre et amplifier un signal AC (variation par rapport au repos) sans perturber la polarisation du transistor (signal DC ou point de repos).

Rappel

valeur instantanée = valeur de repos + variation par rapport au repos

Solution

Utiliser des condensateurs de **découplage** et de **liaison**.

Condensateur de liaison

- \equiv court-circuit AC
- Rôle : transmettre le signal vers la charge en AC

Idée générale du fonctionnement recherché

Transmettre et amplifier un signal AC (variation par rapport au repos) sans perturber la polarisation du transistor (signal DC ou point de repos).

Rappel

valeur instantanée = valeur de repos + variation par rapport au repos

Solution

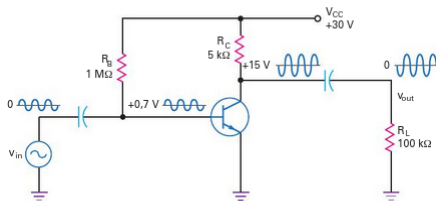
Utiliser des condensateurs de **découplage** et de **liaison**.

Condensateur de liaison

- \equiv court-circuit AC
- Rôle : transmettre le signal vers la charge en AC

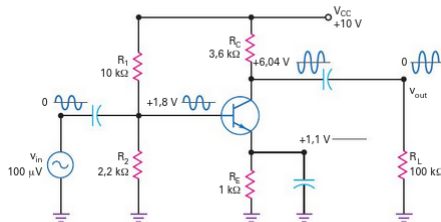
$$X_C \leq 0.1R \text{ à } f_{min} \text{ du signal AC}$$

Exemple : Amplificateur Émetteur Commun



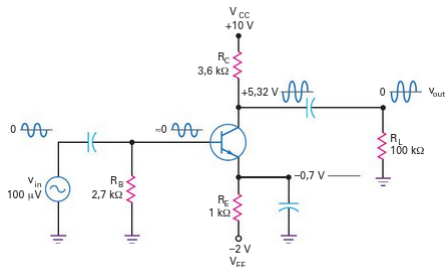
Amplificateur polarisé par la base
(d'après A. Malvino).

Exemple : Amplificateur Émetteur Commun

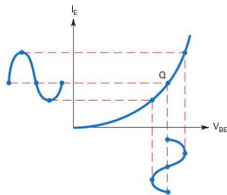


Amplificateur PDT
(d'après A. Malvino).

Exemple : Amplificateur Émetteur Commun

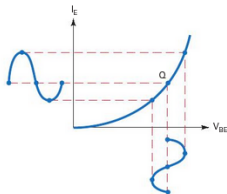


Amplificateur PEDS
(d'après A. Malvino).

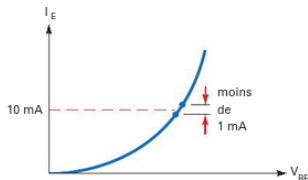


Amplification avec distorsion
(d'après A. Malvino).

Fonctionnement petit signal AC

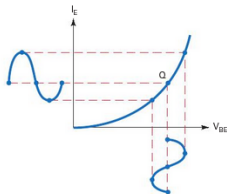


Amplification avec distorsion
(d'après A. Malvino).

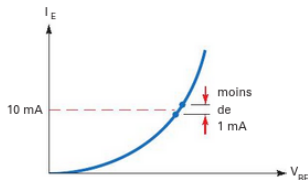


Définition d'un fonctionnement petit signal
(d'après A. Malvino).

Fonctionnement petit signal AC



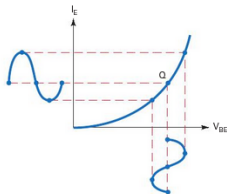
Amplification avec distorsion
(d'après A. Malvino).



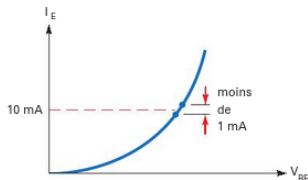
Définition d'un fonctionnement petit signal
(d'après A. Malvino).

Lorsque on s'intéresse aux petites variations, les paramètres du transistor BJT sont :

Fonctionnement petit signal AC

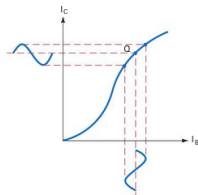


Amplification avec distorsion
(d'après A. Malvino).



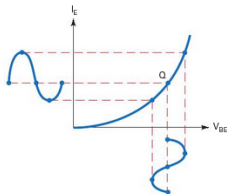
Définition d'un fonctionnement petit signal
(d'après A. Malvino).

Lorsque on s'intéresse aux petites variations, les paramètres du transistor BJT sont :

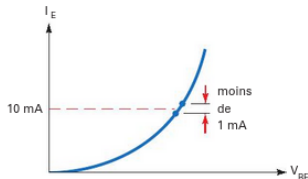


Beta : $\beta_{AC} = \beta_{DC}$
(d'après A. Malvino).

Fonctionnement petit signal AC

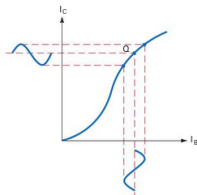


Amplification avec distorsion
(d'après A. Malvino).

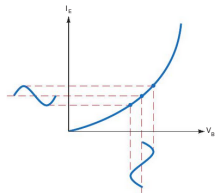


Définition d'un fonctionnement petit signal
(d'après A. Malvino).

Lorsque on s'intéresse aux petites variations, les paramètres du transistor BJT sont :



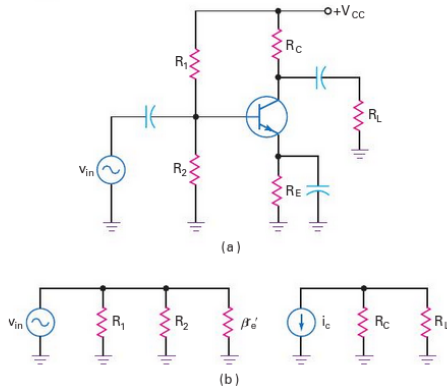
Beta : $\beta_{AC} = \beta_{DC}$
(d'après A. Malvino).



Résistance dynamique d'émetteur :
 $r'_e = V_T / I_E$ (résultat de la φ_{solide}).

Lorsque le transistor travaille en **régime de petits signaux**, nous pouvons utiliser le modèle en π (déjà vu en S1) :

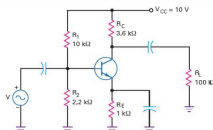
Lorsque le transistor travaille en **régime de petits signaux**, nous pouvons utiliser le modèle en π (déjà vu en S1) :



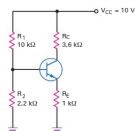
Amplificateur PDT et circuit équivalent en petit signal AC
(d'après A. Malvino).

À RETENIR 8.1 – Équivalents PDT, DC et AC

Circuit d'origine

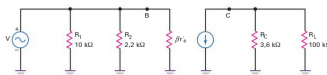


Circuit DC



- Ouvrir tous les condensateurs de liaison et de découplage
- Redessiner le circuit
- Trouver le point Q du circuit DC : équations
 $V_B = 1,8 \text{ V}$
 $V_E = 1,1 \text{ V}$
 $I_E = 1,1 \text{ mA}$
 $V_{CE} = 4,94 \text{ V}$

Modèle en AC



Synthèse PDT en DC et AC
(d'après A. Malvino).

Gain en tension

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = - \frac{R_C || R_L}{r'_e}$$