

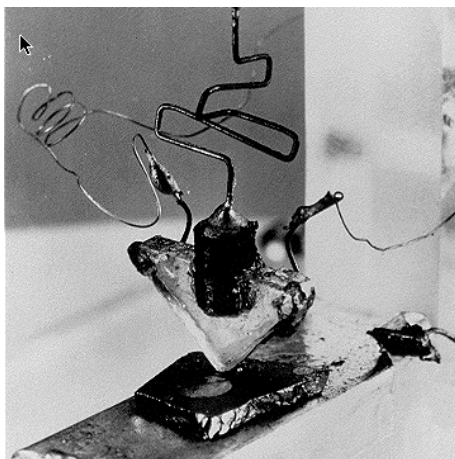


Apprentissage

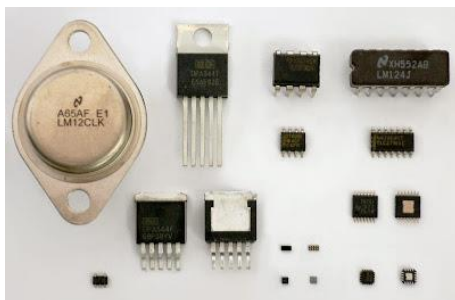
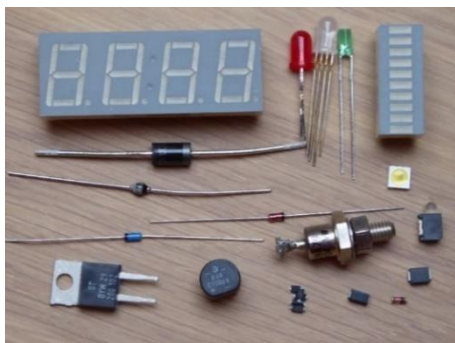
2^e Cycle

**Grenoble-INP
ESISAR**

Travaux Pratiques EP331



Composants Electroniques



Responsable : Guy Dehay
Auteurs : Guy Dehay
Création sept 2023
Imprimé : sept. 24

Table des matières

Table des matières	2	IV/ AOP parfait en linéaire Amplificateur différentiel	8
Informations générales.....	3	TP2 Manipulation.....	9
I/ Conseils	3	V/ Source de courant	9
II/ Attentes	3	VI/ AOP parfait en Commutation.....	9
III/ Examen de TP.....	3	VII/ AOP parfait en linéaire	9
IV/ Séances	3	TP3 Préparation.....	10
TP1 – Préparation	4	I/ AOP réel - Défaut statique	10
I/ Diodes.....	4	II/ AOP réel - défaut dynamique	10
II/ Transistors en commutation	4	TP3 Manipulation.....	11
TP1 Manipulations	6	I/ AOP réel - Défaut statique	11
I/ Diode	6	II/ AOP réel - défaut dynamique	11
II/ Transistor	6	ANNEXES	12
TP2 Préparation	7	Résistances Normalisées	13
I/ Source de courant	7	I/ Organisation des valeurs des résistances.....	13
III/ AOP parfait en Commutation Trigger de Schmitt –		II/ Séries normalisées	13
Comparateur à fenêtre – Comparateur à hystérésis.....	8	III/ Lecture des résistances	13

Informations générales

I/ Conseils

Soyez curieux développez votre autonomie 😊

Lire le sujet du TP préparation et manipulation en entier dès le début.

Préparation longue – n’attendez pas le dernier moment

Courbe avec des échelles – repère tracé à la règle.s

II/ Attentes

La préparation doit obligatoirement être réalisée avant la séance ... bien avant !!

Cela sera vérifié par l’encadrant en début de séance.

Le compte rendu sera relevé en fin de séance mais non noté. Ils vous seront rendu avant l’examen de TP.

III/ Examen de TP

Pas possible

IV/ Séances

Pas encore clair 😊

TP1 – Préparation

I/ Diodes

1/ Diodes à anodes ou cathode communes (Très simple)

- Présenter un afficheur 7 segments à anode commune puis à cathode commune. Vous développerez le mode commande et le calcul des éléments indispensables.

2/ Etude de la commutation (assez simple)

a/ Montage d'étude

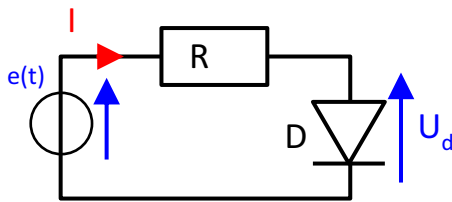


Fig. 1

La tension $e(t)$ est en créneaux de valeur crête 5 V, de valeur moyenne nulle et de fréquence f_o de 20 kHz.

La diode D est de redressement (1N4008).

b/ Diode : modèle linéaire

- A partir de la data sheet, déterminez le modèle linéaire de la diode.
- Calculez la valeur théorique de la résistance R pour avoir un courant de 1 mA. Déterminer alors la valeur normalisée pour avoir un courant juste supérieur.
- Tracez le chronogramme sur une période et demi du courant $i(t)$ et de la tension $U_d(t)$.

c/ Diode réelle

• Blocage (ouverture)

- Décrivez le blocage de la diode en y incluant le phénomène de charge stockée. Vous spécifierez la notion de « retrouver son pouvoir bloquant ».

• Mise en conduction (fermeture)

- Pourquoi le t_{on} le temps de mise en conduction n'est pas instantané ?

• Chronogramme

- Tracez le chronogramme sur une période et demi. Que ce passe-t-il si vous passer la fréquence à 200 kHz.

3/ Caractéristique de diode (pas trop dure)

- En partant du schéma Fig. 2, proposer un schéma de montage permettant de visualiser sur un oscilloscope, la caractéristique de la diode.

II/ Transistors en commutation

1/ Montage NON fonctionnel

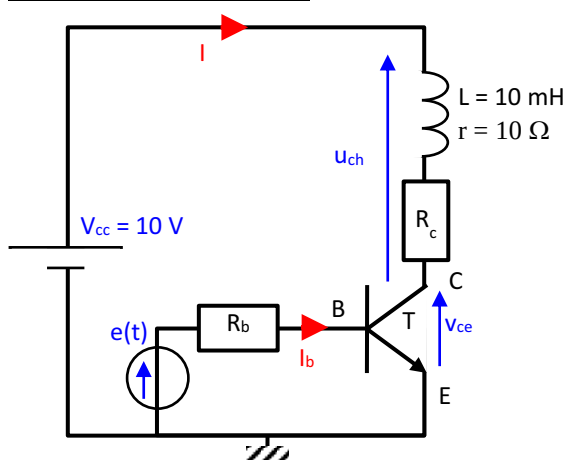


Fig. 2

Le transistor est piloté par la tension $e(t)$ définit comme suit :

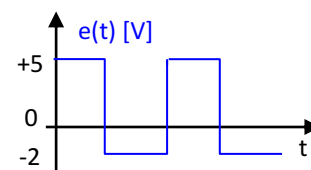


Fig. 3 : signal de commande du transistor, 50 kHz.

a/ Transistor 2N2219A

• Caractéristiques constructeurs

Vous prendrez un 2N2219A boîtier TO39.

Déterminez d'après le document constructeur les valeurs typiques des éléments suivants

- Le gain en courant
- Vce saturation
- La tension d'avalanche de la jonction BE
- La tension de claquage de collecteur - Emetteur.

• Surface d'utilisation SOA

Présenter la SOA en précisant l'origine des différentes limitations.

b/ Calculs des composants

Dans le schéma du montage Fig. 2, on souhaite limiter le courant i_c à 20 mA lorsque le transistor est saturé.

- Déterminer la valeur théorique de R_C puis déterminer la normalisée la mieux adaptée
- Déterminer la valeur de i_b avec la valeur typique de β puis calculez la résistance R_b .
- Pourquoi le calcul précédent ne marche pas ?
- Calculez la valeur de R_b de façon à être sûr que le transistor soit saturé.

c/ Phénomène de commutation

On souhaite étudier les signaux du montage Fig. 2 sur une période. La mise en conduction du transistor est supposée instantanée.

- Présenter le blocage en tenant compte du phénomène de charge stockée.
- Commutation sur charge inductive
 - Rechercher les paramètres de commutation du transistor 2N2219A.

d/ Montage sans diode de roue libre

Afin d'expliciter le phénomène de surtension au blocage du transistor, nous supposons que le courant décroît de façon linéaire avec une pente « a » correspondant à une décroissance sur 10 μ s.

- Exprimez le courant i_c en fonction de « a » et I_{C_max} .
- Quelle est alors durant la phase de blocage la tension aux bornes de L.
- Tracez i_c et v_{ce} en fonction du temps.
- Faites un commentaire.

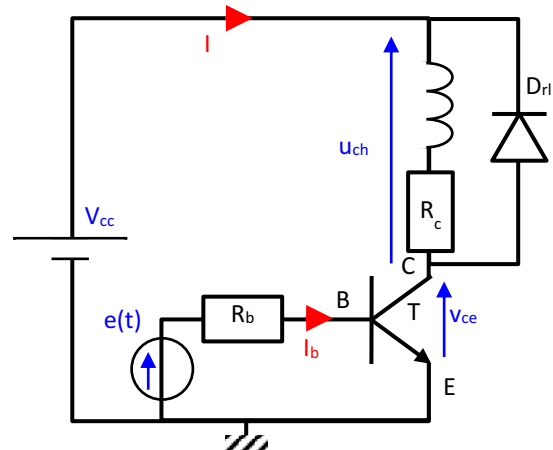
2/ Montage fonctionnel – avec diode de roue libre

Fig. 4

Afin de limiter la surtension aux bornes du transistor, on place une diode D_{rl} en anti parallèle dite de « roue libre ». Le transistor est parfait, ces **commutations sont instantanées**.

- Etudiez le courant $i_c(t)$, les tensions u_c et $v_{ce}(t)$ pendant une période complète d'ouverture/fermeture du transistor. Tracez $i_c(t)$, $u_c(t)$ et $v_{ce}(t)$.

3/ Aide à la commutation (Plus difficile)

Afin de faire commuter le transistor plus rapidement proposer un ou plusieurs montages d'aide à la commutation et expliquez-les. Mots clefs pour faire vos recherches :

- Diode anti saturation.
- Circuit d'aide à la commutation
- Choisir un montage simple et présenter l'explication.

TP1 Manipulations

I/ Diode

1/ Commutation de la diode

Dans les conditions de la préparation sur la commutation de la diode, réalisez les manipulations.

- A partir de vos visualisations sur l'oscilloscope, relevez la tension $e(t)$ et l'image du courant $i(t)$. Ajuster la fréquence de façon à obtenir un oscillogramme de même allure que le graphe.
- Vous y indiquerez les temps t_{on} et t_{off} .
- En proposant un protocole de mesure, vérifiez que t_{on} et t_{off} ne dépendent pas de la fréquence.
- Multipliez par 100 la fréquence de $e(t)$. Que constatez-vous ?

2/ Caractéristique de la diode

- Réaliser le montage que vous avez prévu pour visualiser la caractéristique de la diode.
- Relevez là et déterminer alors la résistance dynamique et la tension de seuil.

II/ Transistor

1/ Transistor en commutation

a/ Commutation sur une charge résistive seule

- Réaliser le montage correspondant à l'étude avec les valeurs calculées.
- Visualiser puis relevez les tensions $e(t)$ et v_{ce} . Relever v_{BB} et v_{ce} en y faisant apparaître t_{on} et t_{off} .

b/ Commutation sur charge inductive ($R_L, L = 47 \text{ mH}$)

• Montage sans diode de roue libre

- Réaliser le montage sans diode de roue libre.
- Relevez à l'aide de l'oscilloscope les tensions e , u_{ch} et v_{ce} . Justifier les surtensions qui apparaissent aux bornes de la bobine.

• Montage avec diode de roue libre (DRL)

- Réalisez le montage avec diode de roue libre.
- Relevez à l'aide de l'oscilloscope les tensions e , u_{ch} et v_{ce} .
- Que constatez-vous par rapport à votre étude. Quel est le rôle de la diode ?

c/ Aides à la commutation

- Justifier les résultats expérimentaux. en faisant apparaître, notamment l'influence de la diode anti-saturation (sur la tension V_{CE} , les courants I_B et I_C , la puissance dissipée).
- Expliquer le rôle du circuit anti-saturation et montrer son influence sur :
 - - la tension V_{CE} ;
 - - le temps de blocage (t_{OFF}) ;
 - - la puissance dissipée pendant la conduction ;
 - - le courant de base I_B par rapport au courant de collecteur I_C lorsque ce circuit est branché ?
- Expliquer pourquoi il y a intérêt à maintenir la tension de base négative lorsque le transistor est bloqué

Fin TP1

TP2 Préparation

I/ Source de courant

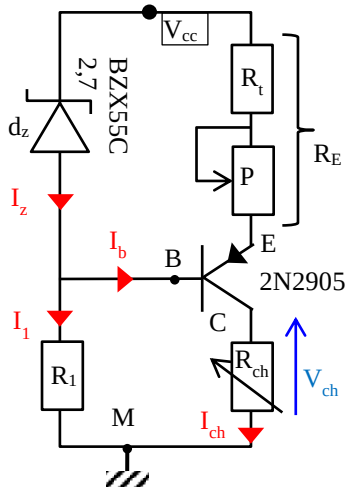


Fig. 5 : Source de courant à transistor PNP

1/ Préambule

Le montage présenté est une source de courant constant que vous allez dimensionner. Les choix initiaux ont été réalisés afin de ne pas avoir de soucis d'approvisionnement en composants. La structure serait semblable voir identique pour un courant I_{ch} plus important. Il faut toutefois être attentif à la puissance dans les composants.

2/ Cahier des charges

On souhaite pouvoir régler le courant dans la charge R_{ch} entre 1 et 100mA.

Une fois les résistances théoriques calculées pensez bien à choisir la résistance normalisée la mieux adaptée.

- Transistor : 2N2905
 - Vous négligerez 1 devant β .
- Zener 2,7 V – BZX55C 2,7
- Plage de résistance de charge : 0 à 100 Ω

3/ Etude quantitative

a/ Alimentation

Calculez la tension d'alimentation minimum pour respecter le cahier des charges.

Pour la suite vous prendrez 12 V.

b/ Transistor

- Trouvez avec la data sheet du transistor les éléments suivants :
 - Le gain en courant
 - V_{ce} saturation
 - La tension d'avalanche de la jonction BE
 - La tension de claquage de collecteur - Emetteur.
- Le transistor résiste-t-il à la puissance dissipée maximum ?

c/ Zener

- Trouvez avec la data sheet de la diode les éléments suivants :

$$\bullet U_{zt} \quad \bullet U_{zk} \quad \bullet I_{st} \quad \bullet I_{sk} \quad \bullet I_{zmax}$$

d/ Résistances d'émetteur

Le courant dépendant directement de la R_E . Calculer les bornes min et max que doit prendre R_E . En déduire la résistance talon et la valeur du potentiomètre de réglage.

e/ Résistance R_1

Le courant de base doit être rester négligeable de I_1 .

- Calculez R_1 de façon à garantir que la diode zener soit toujours polarisée.

III/ AOP parfait en Commutation

Trigger de Schmitt – Comparateur à fenêtre – Comparateur à hystérésis

1/ Schéma

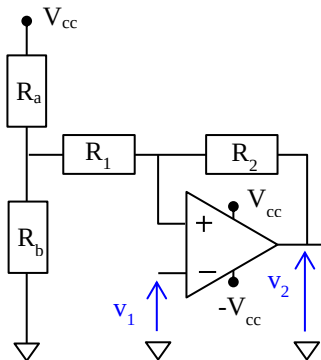
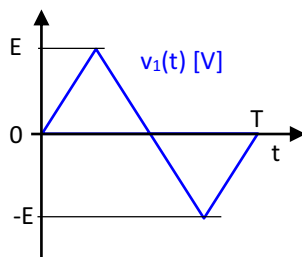


Fig. 6 : Trigger de Schmitt.

g. 7 : Tension d'entrée $v_1(t)$.

2/ Données

- AOP parfait (TL081 – LM741)
- $V_{cc} = 15\text{ V}$
- $R_a = 2,1\text{ K}\Omega$ $R_b = 1\text{ K}\Omega$
- $R_1 = 100\text{ k}\Omega$ $R_2 = 470\text{ k}\Omega$
- $E = 12\text{ V}$ $T = 1\text{ ms}$

3/ Préliminaires

- Rappelez les propriétés de l'AOP parfait.
- Quel type de réaction est présente dans ce montage ?
- Pourquoi avoir choisi R_1 R_2 très grand devant R_a R_b ?

4/ Analyse du montage

- Etudiez le montage afin de tracer le chronogramme de V_1 , V_+ et v_2 en fonction du temps.
- Tracez la caractéristique entrée-sortie v_2 en fonction de v_1 .
- Exprimez la largeur de la fenêtre en fonction des éléments du montage.
- Exprimez le centre de la fenêtre en fonction des éléments du montage.
- A quoi sert ce montage ?
- En quoi il est intéressant de « régler » la largeur de la fenêtre et sa position ?

IV/ AOP parfait en linéaire

Amplificateur différentiel

1/ Montage

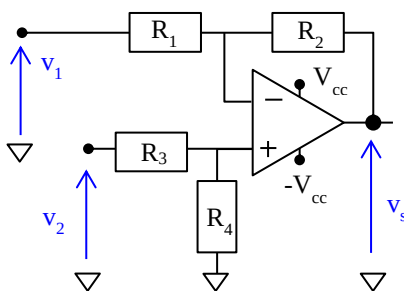


Fig. 8 :

2/ Données

- AOP parfait (TL081 – LM741)
- $V_{cc} = 15\text{ V}$
- $R_3 = 10\text{ K}\Omega$ $R_4 = 100\text{ K}\Omega$
- $R_1 = 10\text{ k}\Omega$ $R_2 = 100\text{ k}\Omega$

3/ Analyse

a/ Etude fonctionnelle

- Exprimez la tension de sortie v_s en fonction de v_1 et v_2 et des résistances. L'usage du théorème de superposition peut être pertinent.

- Quelle est la fonctionnalité de ce montage ?

b/ Chronogramme

On se propose d'étudier le montage avec deux signaux prédéfinis.

1^{er} cas

$v_1(t)$:

- Signal sinusoïdale
- Valeur crête 0,2 V
- $\langle v_1(t) \rangle = 0$
- Fréquence 10 kHz

$v_2(t)$:

- Signal triangulaire
- Valeur crête 0,2 V
- $\langle v_2(t) \rangle = 0$
- Fréquence 1 kHz

- Tracez le chronogramme des 3 signaux v_1 v_2 et v_s .

2^e cas

$v_1(t)$:

- Signal sinusoïdale
- Valeur crête 5 mV
- $\langle v_1(t) \rangle = 10\text{ V}$
- Fréquence 1 kHz

$v_2(t)$:

- Signal sinusoïdale
- Valeur crête 50 mV
- $\langle v_2(t) \rangle = 10\text{ V}$
- Fréquence 1 kHz
- Déphasé de 180° v_1

- Tracez le chronogramme des 3 signaux v_1 v_2 et v_s .

TP2 Manipulation

V/ Source de courant

- Câbler votre montage et réaliser les mesures adaptées afin de valider la bonne tenue du cahier des charges.
- Vous penserez à décrire les protocoles de mesures.

VI/ AOP parfait en Commutation

1/ Validation de l'étude

- Câbler le montage et tester le fonctionnement avec le signal d'entrée défini dans la préparation. Relevez les chronogrammes.
- Visualiser sur l'oscilloscope la caractéristique entrée sortie du montage.

2/ Recherche des limites

Vous attaquez maintenant avec un signal de 100 kHz.

- Décrivez / Mesurez / Relevez et Expliquez ce que vous observez.

3/ Question bonus

Pourquoi ne jamais utiliser un AOP sans contre réaction ?

VII/ AOP parfait en linéaire

1/ Validations fonctionnelles

a/ Conditions de test simple.

- Câblez le montage.
- Proposez un protocole simple pour valider le bon fonctionnement du montage.
- Mettez en œuvre ce protocole et valider le bon fonctionnement de votre dispositif.

b/ Validation complexe

Vous utiliserez les conditions des signaux v_1 et v_2 définies dans la préparation correspondant au 1^{er} cas d'analyse

- Vérifiez que vous obtenez ce que vous avez prévu.
- Réalisez le relevé des signaux.

2/ Difficultés « invisibles »

Vous utiliserez les conditions des signaux v_1 et v_2 définies dans la préparation correspondant au 2^{ème} cas d'analyse.

- Qu'observez-vous ?
- Comment expliquez-vous ce que vous observez
- Réalisez le relevé des signaux.

Fin TP2

TP3 Préparation

I/ AOP réel - Défaut statique

1/ Composants

- Donnez le schéma équivalent de l'AOP avec tous ses défauts statiques.
- A partir des data-sheet remplissez le tableau suivant avec les valeurs typiques et calculez alors I_p^+ et I_p^-

Référence	LM741	TL081
Tension de décalage u_d		
Courant de polarisation		
Courant de décalage		
I_p^+		
I_p^-		

2/ Effets des défauts

a/ Objectif

Avec les mesures des 3 montages qui suivent, on souhaite remonter aux valeurs des défauts statiques.

b/ Montages

• Suiveur

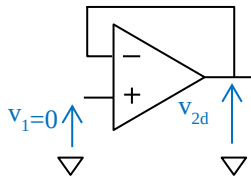


Fig. 9 : Montage suiveur

- Avec tous les défauts statiques $u_d \cdot I_p^+ \cdot I_p^-$, et une entrée v_1 à zéro, exprimez la tension de sortie v_{2d} du montage suiveur.

• Inverseur non compensé

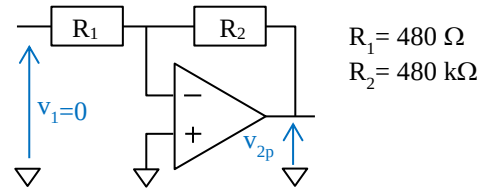


Fig. 10 : amplificateur inverseur sans compensation.

- Avec tous les défauts statiques $u_d \cdot I_p^+ \cdot I_p^-$, et une entrée à zéro, exprimez la tension de sortie d'un montage suiveur.

• Inverseur compensé

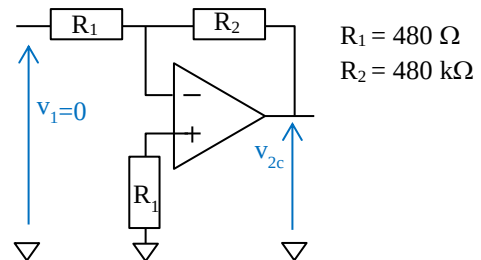


Fig. 11 : amplificateur inverseur avec compensation.

- Avec tous les défauts statiques $u_d \cdot I_p^+ \cdot I_p^-$, et une entrée à zéro, exprimez la tension de sortie d'un montage suiveur.

c/ Finalisation

Avec les trois relations précédentes, exprimez les grandeurs des défauts statiques $u_d \cdot I_p^+ \cdot I_p^-$.

II/ AOP réel - défaut dynamique

1/ Système bouclé du 1^{er} ordre

a/ Produit Gain Bande

Soit le système bouclé ci-contre avec $A(p)$ un système du premier ordre. Le bloque retour est constant.

$$A(p) = \frac{v_s}{\varepsilon} = \frac{A_o}{1 + \frac{p}{\omega_o}}$$

ω_o et A_o sont constants

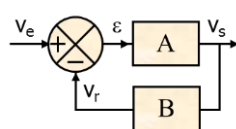


Fig. 12 : Système bouclé.

• Boucle ouverte

- Exprimez la fréquence unité f_u pour laquelle $A(\omega_u) = 1$; 1 petit devant ω_u/ω_o .

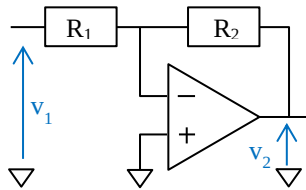
• Boucle fermée

- Exprimez A_{obf} le gain statique du système en boucle fermée ω_{obf} et la pulsation de coupure à -3 dB du gain statique A_{obf} en fonction des constantes du système.

• Lien BO - BF.

- Montrer alors que le produit gain-bande est constant.

$$PGB = A_{obf} \cdot f_{obf} = f_u$$

2/ **Amplificateur inverseur**a/ **AOP Parfait**

$$R_1 = 1,2 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 120 \text{ k}\Omega$$

Fig. 13 : amplificateur inverseur.

L'amplificateur opérationnel est parfait.

- Exprimez et calculez A_1 le gain de l'ampli.

b/ **AOP NON Parfait**

Le gain en boucle ouverte de l'amplificateur opérationnel $A(p)$ est un système du 1^{er} ordre. Les autres défauts sont négligés.

$$A(p) = \frac{v_{out}}{\varepsilon} = \frac{A_o}{1 + \frac{p}{\omega_o}}$$

$$A_o = 10^5$$

$$\omega_o = 2\pi 40 \text{ rd/s}$$

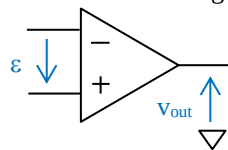


Fig. 14 : AOP réel.

- Donnez le schéma équivalent de l'AOP avec ce défaut.
- Faire le schéma équivalent du montage Fig. 13 en utilisant le schéma équivalent de l'AOP.
- Calculez le produit gain bande.
- Exprimez alors la fonction de transfert de l'ampli.

$$A_2(p) = v_2/v_1$$

- Trouver l'expression de B en fonction de R_1 et R_2 .

• **Conseil méthodologique de calcul**

- 1^{ère} étape : gardez $A(p)$ et exprimez $H_2(p)$.
- 2^{ème} étape : développez $A(p)$ et écrivez sous forme canonique du 1^{er} ordre.
- Tracez le diagramme de Bode en gain uniquement. Placer la fréquence unité f_u .

3/ **Slew rate**

- Définissez le slew-rate
- Proposer un montage simple avec un protocole associé afin de mesurer le slew rate

4/ **Composants réels**a/ **Caractéristiques typiques**

- Retrouvez les valeurs des paramètres A_o , ω_o et du slew rate pour le TL81 et le LM74.
- Calculez le produit gain bande des aop précédents.
- Remplir le tableau.

Référence	LM741	TL081
A_o		
f_o		
PGB - f_u		
Slew rate		

TP3 Manipulation

I/ AOP réel - Défaut statique

- Câbler les trois montages définis dans la partie préparation.
- Réaliser les mesures attendues.

- Remonter aux défauts statiques avec vos mesures et comparez avec les valeurs théoriques de votre composant.

II/ AOP réel - défaut dynamique

1/ **Montage inverseur - AOP réel**a/ **Préliminaires (réponse en quelques phrases)**

- Quel est le gain statique de votre montage.
- A quel niveau d'entrée votre ampli sature-t-il ?
- Pour mesurer l'amplification de l'ampli inverseur de grand gain (100) proposer un montage pour ne pas saturer la sortie avec un GBF qui délivre en tension crête minimum de 100mV.

b/ **Mise en pratique****PGB**

- Câbler le montage Fig. 13 avec votre proposition de montage.
- Tracez le diagramme de Bode en gain uniquement sur 5 décades. Soyez pertinent sur le nombre de points.
- Concluez sur le domaine fréquentiel et le produit gain bande de votre ampli.

Slew rate

- Mettez en œuvre votre montage et mesurez le slew rate.

Fin TP3

ANNEXES

Résistances Normalisées

I/ Organisation des valeurs des résistances

Etant donné la diversité des applications, la précision des valeurs des résistances varie en fonction des dites applications. C'est la raison pour laquelle la fabrication des résistances est organisée en **série** à l'intérieure d'une **décade**.

1/ Série

Une **décade** est un ensemble de valeurs dont les valeurs de résistance sont comprises entre un multiple de 1 et un multiple de 10 de l'unité considérée.

Exemple

1 à 10 Ω ; 10 à 100 Ω ; 10 à 100 k Ω ...

2/ Décade

Une **série** représente le nombre de valeurs différentes que l'on dispose à l'intérieur d'une décade.

Exemples

E3

Pour la série E3 nous avons trois valeurs possibles dans une décade : 1,0 ; 2,2 ; 4,7.

Soit : 1,0 Ω ; 2,2 Ω ; 4,7 Ω - 10 Ω ; 22 Ω ; 47 Ω - 100 Ω - 220 Ω ...

E12

Pour la série E12 nous avons 12 valeurs possibles par décade : 1,0 1,2 1,5 1,8 2,2 2,7 3,3 3,9 4,7 5,6 6,8 8,2. Dans la série E12 et pour les résistances dont la valeur est comprise entre 10k et 100k (décade 10k à 100k), nous aurons : 10k 12k 15k 18k 22k 27k 33k 39k 47k 56k 68k 82k.

Remarque

La série E12 n'étant plus fabriquée, elle est extraite de la série E24.

3/ Progression des valeurs des résistances

La progression des valeurs dans une série est géométrique. La valeur de rang **m** de la série **En** est obtenue en posant :

$$\sqrt[n]{10^m}$$

Par exemple, 4^{ème} valeur de la série E12.

$$\sqrt[12]{10^4} = 2,1544$$

Arrondi à 2,2, c'est aussi le 8^{ème} élément de la série E24.

$$\sqrt[24]{10^8} = 2,1544$$

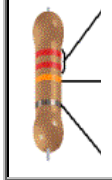
Cas spécifique où $n = m$

La dernière valeur d'une série sera toujours égale à 10. Nous avons $n = m$. Dans la pratique nous classerons cette dernière valeur comme valeur de début de chaque décade.

II/ Séries normalisées

E12	10		12		15		18		22		27		33		39		47		56		68		82	
E24	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91

III/ Lecture des résistances

	Couleur	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	Tolérance
	Noire	0	0	10 ⁰	–
	Marron	1	1	10 ¹	1%
	Rouge	2	2	10 ²	2%
	Orange	3	3	10 ³	–
	Jaune	4	4	10 ⁴	–
	Vert	5	5	10 ⁵	0.5%
	Bleu	6	6	10 ⁶	0.25%
	Violet	7	7	10 ⁷	0.1%
	Gris	8	8	–	0.05%
	Blanc	9	9	–	–
	Or	–	–	0.1	5%
	Argent	–	–	0.01	10%