

Séance 3 : Design d'un amplificateur

Objectifs : à la fin de cette séance, l'étudiant sera capable de :

- Déterminer l'influence des imperfections d'un amplificateur opérationnel sur la sortie du montage
- Polariser un montage amplificateur
- Extraire les informations pertinentes d'une datasheet
- Dimensionner un montage à base d'amplificateur opérationnel

Exercice 1.

Qu'entend-on par « taux de réjection du mode commun ¹ » ? Quelle serait sa valeur pour un ampli-op ordinaire ?

Exercice 2.

Expliquez le terme « courant de polarisation » dans le cas d'un amplificateur opérationnel.

Exercice 3.

Définissez le terme « tension de décalage » ² d'un amplificateur opérationnel et donnez-en une valeur typique. Comment ses effets peuvent-ils être atténués ?

Exercice 4.

1. À partir de l'extrait de datasheet du LM741 suivant, donnez la valeur typique du produit gain-bande passante ³. Si on conçoit un étage amplificateur de gain 15 à partir du LM741, quelle sera sa bande passante ?

Note : Dans la datasheet suivante, la bande passante est donnée pour un gain unitaire.

-
1. *Common-mode rejection ratio* en anglais, abrégé CMRR
 2. *Input offset voltage* en anglais
 3. *Gain-bandwidth product* en anglais.



LM741

SNOSC25D – MAY 1998 – REVISED OCTOBER 2015

www.ti.com

Electrical Characteristics, LM741A⁽¹⁾ (continued)

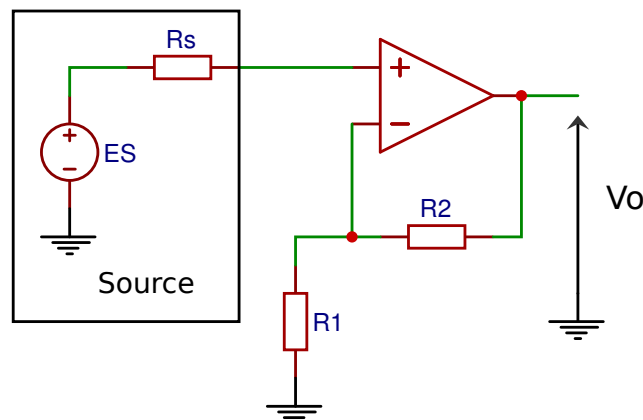
PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
Output voltage swing		V _S = ±20 V	R _L ≥ 10 kΩ	±16			V
			R _L ≥ 2 kΩ	±15			
Output short circuit current		T _A = 25°C		10	25	35	mA
		T _{AMIN} ≤ T _A ≤ T _{AMAX}		10		40	
Common-mode rejection ratio		R _S ≤ 50 Ω, V _{CM} = ±12 V, T _{AMIN} ≤ T _A ≤ T _{AMAX}		80	95		dB
Supply voltage rejection ratio		V _S = ±20 V to V _S = ±5 V, R _S ≤ 50 Ω, T _{AMIN} ≤ T _A ≤ T _{AMAX}		86	96		dB
Transient response	Rise time	T _A = 25°C, unity gain		0.25		0.8	μs
	Overshoot			6%		20%	
Bandwidth ⁽²⁾		T _A = 25°C		0.437	1.5		MHz
Slew rate		T _A = 25°C, unity gain		0.3	0.7		V/μs
Power consumption		V _S = ±20 V	T _A = 25°C		80	150	mW
			T _A = T _{AMIN}			165	
			T _A = T _{AMAX}			135	

(2) Calculated value from: BW (MHz) = 0.35/Rise Time (μs).

- Si on veut construire un montage dont le gain total est de 150 avec une bande-passante de 100 kHz, combien faut-il d'étages composés de LM741 ?

Exercice 5.

En considérant $R_S = 10\text{ k}\Omega$, $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ et $R_2 = 9\text{ k}\Omega$:



- Calculez la tension de décalage à la sortie de l'amplificateur, soit $V_o(E_S = 0)$, dans le cas d'un LM741, puis d'un CA3140A. Note : commencez par ajouter la ou les causes de cette tension de décalage sur le montage.
- Comparez les deux résultats obtenus. À quoi est due la différence ?

LM741



LM741

www.ti.com

SNOSC25D – MAY 1998 – REVISED OCTOBER 2015

6.5 Electrical Characteristics, LM741⁽¹⁾

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
Input offset voltage		$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	1		5	mV
			$T_{\text{AMIN}} \leq T_A \leq T_{\text{AMAX}}$			6	mV
Input offset voltage adjustment range		$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 20\text{ V}$		± 15			mV
Input offset current		$T_A = 25^\circ\text{C}$		20	200		nA
		$T_{\text{AMIN}} \leq T_A \leq T_{\text{AMAX}}$		85	500		
Input bias current		$T_A = 25^\circ\text{C}$		80	500		nA
		$T_{\text{AMIN}} \leq T_A \leq T_{\text{AMAX}}$			1.5		
Input resistance		$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 20\text{ V}$		0.3	2		M Ω
Input voltage range		$T_{\text{AMIN}} \leq T_A \leq T_{\text{AMAX}}$		± 12	± 13		V
Large signal voltage gain		$V_S = \pm 15\text{ V}$, $V_O = \pm 10\text{ V}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	50	200		V/mV
			$T_{\text{AMIN}} \leq T_A \leq T_{\text{AMAX}}$	25			
Output voltage swing		$V_S = \pm 15\text{ V}$	$R_L \geq 10\text{ k}\Omega$	± 12	± 14		V
			$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	± 10	± 13		
Output short circuit current		$T_A = 25^\circ\text{C}$		25			mA
Common-mode rejection ratio		$R_S \leq 10\text{ }\Omega$, $V_{\text{CM}} = \pm 12\text{ V}$, $T_{\text{AMIN}} \leq T_A \leq T_{\text{AMAX}}$		80	95		dB
Supply voltage rejection ratio		$V_S = \pm 20\text{ V}$ to $V_S = \pm 5\text{ V}$, $R_S \leq 10\text{ }\Omega$, $T_{\text{AMIN}} \leq T_A \leq T_{\text{AMAX}}$		86	96		dB
Transient response	Rise time	$T_A = 25^\circ\text{C}$, unity gain		0.3			μs
	Overshoot			5%			
Slew rate		$T_A = 25^\circ\text{C}$, unity gain		0.5			V/ μs
Supply current		$T_A = 25^\circ\text{C}$		1.7	2.8		mA
Power consumption		$V_S = \pm 15\text{ V}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	50	85		mW
			$T_A = T_{\text{AMIN}}$	60	100		
			$T_A = T_{\text{AMAX}}$	45	75		

(1) Unless otherwise specified, these specifications apply for $V_S = \pm 15 \text{ V}$, $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ (LM741/LM741A). For the LM741C/LM741E, these specifications are limited to $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$.

CA3140A

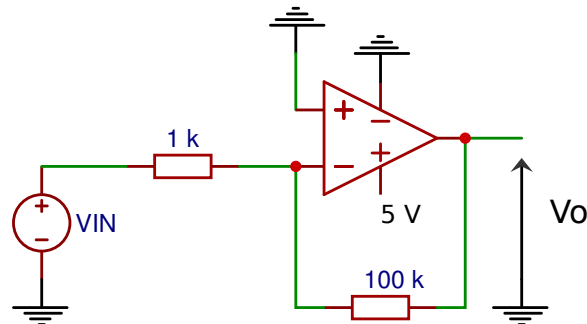
Electrical Specifications For Equipment Design, at $V_{\text{SUPPLY}} = \pm 15 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	CA3140			CA3140A			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Input Offset Voltage	$ V_{\text{IO}} $	-	5	15	-	2	5	mV
Input Offset Current	$ I_{\text{IO}} $	-	0.5	30	-	0.5	20	pA
Input Current	I_{I}	-	10	50	-	10	40	pA

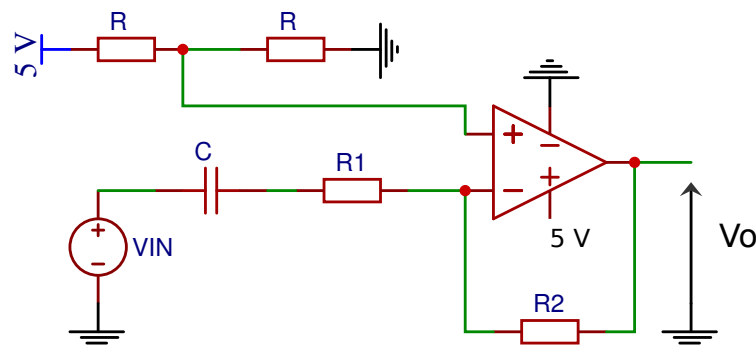
Exercice 6.

Il arrive fréquemment que nous n'ayons pas accès à des alimentations symétriques. Par exemple, les lecteurs multimédias portables sont généralement alimentés par des batteries fournissant une tension entre 3 V et 5 V, l'autre borne étant connectée à la masse du système.

- Tracez la sortie du montage suivant, où V_{in} est une sinusoïde d'amplitude 10 mV et de fréquence 5 kHz. Quel problème peut-on observer ?



Pour supprimer ce problème, nous allons polariser le montage, ce qui signifie que nous allons changer la moyenne du signal de sortie au moyen d'un condensateur et d'une tension continue.



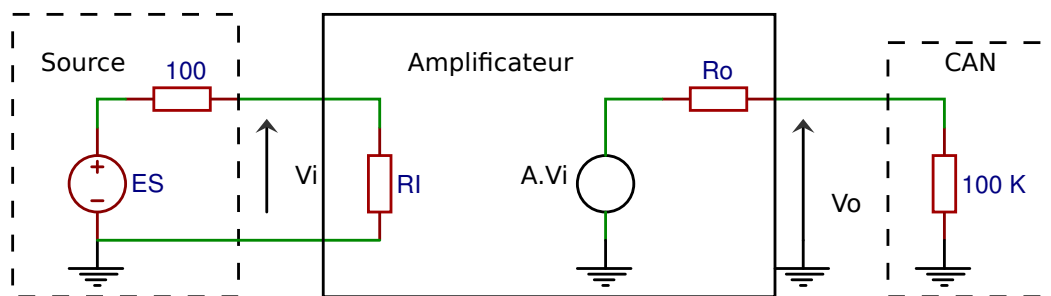
- À l'aide de la superposition, et pour une tension V_{in} à très haute fréquence, expliquez en quoi ce circuit résout le problème. Calculez la composante continue de la tension en tous les points du circuit.
- Calculez la sortie $V_o = H_1(j\omega_{in}) \cdot V_{in} + H_2(j\omega_{5V}) \cdot 5V$
- Sachant que V_{in} est un signal audio dont la bande passante s'étend de 20 Hz à 20 kHz, dimensionnez R_1 , R_2 et C pour que le gain du montage soit le même que pour le montage non-polarisé dans toute cette bande de fréquence.
- Réalisez un filtre RC permettant de supprimer cette composante continue sans déformer la composante alternative. Dimensionnez ses composants.

Exercice 7.

1. Dimensionnez un étage amplificateur inverseur à ampli-op ayant un gain à vide $A_v = 14\text{dB}$ pour une source de tension dont la résistance interne vaut $R_S = 100\Omega$. Faites attention à l'adaptation d'impédance en tension de votre montage (un facteur 100 est considéré comme suffisant pour assurer une adaptation idéale).
2. En supposant que l'ampli-op utilisé pour réaliser ce montage est un LM741, déterminez :
 - la bande passante du montage
 - la tension de décalage à la sortie

Exercice 8.

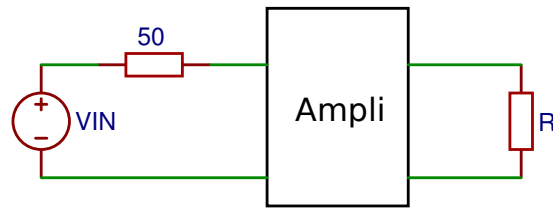
On vous demande de réaliser un amplificateur d'entrée pour l'entrée ligne d'une carte son d'ordinateur. On vous donne les informations suivantes :



- La source de signal connectée à l'entrée de la carte fournit un signal sans composante continue et dont l'amplitude crête ne dépasse pas 100 mV, et son impédance de sortie est égale à 100 Ω .
- La sortie de l'étage à réaliser est connectée à un convertisseur analogique/numérique (CAN) dont l'impédance d'entrée est égale à 100 k Ω . La plage de conversion du CAN va de -1V à +1V.
- Votre montage doit amplifier correctement les signaux entre 20 Hz et 20 kHz.
- Vous avez à votre disposition des amplis-op LM741 ou CA3140A (dont les bandes-passantes respectives sont 1.5 MHz et 4.5 MHz). Le LM741 coûte 0.54 €/pièce et le CA3140A coûte 1.96 €/pièce.

Exercice 9.

On désire amplifier un signal dont la bande passante s'étend de 2 kHz à 2 MHz. Ce signal est représenté par une source composée d'une f.e.m. sinusoïdale V_{in} de 10 mV et d'une impédance de sortie de 50 Ω .



On désire obtenir à la sortie du bloc amplificateur, aux bornes de la charge R , un signal :

- d'amplitude réglable, comprise entre 5 mV et 4 V au choix de l'utilisateur ;
- non déphasé par rapport au signal d'entrée.

1. En supposant que l'impédance de charge R vaut 10 k Ω , proposez et dimensionnez un montage pour le bloc amplificateur. Justifiez chaque étape de votre raisonnement et donnez un schéma final complet de votre montage amplificateur.
2. En supposant maintenant que la résistance de charge R_c vaut 4 Ω , comment faut-il modifier le montage et pourquoi ?

Remarques :

- Vous disposez de trois types d'amplis-op dont les caractéristiques sont données dans le tableau ci-dessous. Si plusieurs solutions sont possibles, utilisez toujours la solution la moins coûteuse.
- Pour chacune des questions ci-dessus, justifiez brièvement chaque étape de votre raisonnement.

Type	V_{DD}	$I_{out,max}$ [mA]	A.B _w [MHz]	Slew-rate [V/ μ s]	Prix [€]
AD8129	3 V à 12 V	40	200	1070	3.65
OPA549	8 V à 60 V	8000	0.9	100	21.31
OPA132	4.5 V à 36 V	40	8	20	3.97