

CONCOURS EXTERNE
DE TECHNICIEN PRINCIPAL
DE POLICE TECHNIQUE ET SCIENTIFIQUE
DE LA POLICE NATIONALE

SESSION 2018

ÉLECTRONIQUE

**Épreuve écrite de connaissance
se rapportant à la spécialité choisie**

Durée de l'épreuve : 3 heures – Coefficient : 2

Il vous appartient de vous assurer que le sujet en votre possession comporte la totalité des pages (12 pages, annexes comprises).

Il vous est demandé de répondre avec clarté à chaque question sur votre feuille de composition (coin gommé).

Les réponses au point 1 de la question « B- Algèbre de Boole » et au point 2 de la question « D- Logique Séquentielle » (page 6) devront être portées directement sur le sujet.

Vous rendrez le sujet dans son intégralité avec votre feuille de composition

Matériel autorisé : calculatrice scientifique

Le sujet est noté sur 130. La notation sera exprimée sur 20 points

Sous peine d'annulation de leur épreuve, les candidats ne devront faire apparaître aucun signe ou mention pouvant permettre l'identification des copies et intercalaires.

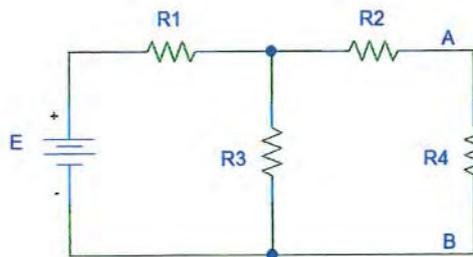
1. Electronique analogique (47 points)

1.1 Calcul de circuit – Aspect statique (14 points)

A- Préliminaires

1. Donner la caractéristique courant/tension d'une source de tension parfaite. (1 point)
2. Que devient cette caractéristique en présence d'une résistance de sortie ? (1 point)
3. Donner la caractéristique courant/tension d'une résistance R. (1 point)
4. Donner les ordres de grandeur limites (haut et bas) d'une résistance électrique rencontrée en électronique. (1 point)
5. Quel type de marquage peut-on trouver sur une résistance ? (1 point)
6. On note R la résistance équivalente à l'association série de deux résistances R_1 et R_2 . Exprimer R en fonction de R_1 et R_2 . (1 point)
7. Même question avec une association en parallèle. (1 point)

B- Soit le circuit suivant :



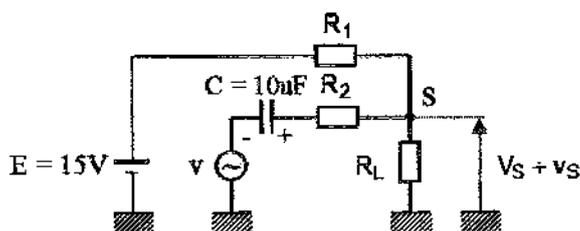
Données numériques : $E = 10V$, $R_1=R_2=R_3=1k\Omega$, $R_4=470\Omega$.

On souhaite déterminer la valeur du courant électrique circulant dans la résistance R_4 . Pour cela, on va déterminer le générateur de Thévenin équivalent au circuit **en l'absence de R_4** :

1. Déterminer l'expression du générateur de Thévenin E_{th} équivalent entre les nœuds A et B en fonction de E, R_1 , R_2 et R_3 . (1 point)
2. Déterminer l'expression de la résistance équivalente R_{eq} vue entre A et B en fonction de R_1 , R_2 et R_3 . (1 point)
3. Donner alors l'expression du courant dans R_4 en fonction de E_{th} , R_{eq} et R_4 . AN. (1 point)
4. Quelle est la puissance électrique dissipée dans R_4 . AN. (1 point)
5. Quelle est la puissance électrique fournie par le générateur de tension E au circuit ? AN. (1 point)
6. Le circuit fonctionne pendant un temps $t=1h$. Donner l'expression de l'énergie consommée. AN. (1 point)
7. Le prix moyen du kWh en France est de 0.05€. Quel est le coût de fonctionnement du circuit pendant 1h ? Qu'est devenue l'énergie électrique consommée ? (1 point)

1.2 Calcul de circuit – Aspect dynamique (régime variable) (13 points)

Soit le circuit suivant :



Données numériques : $E = 15V$, $R_1=R_2=1k\Omega$, $R_L=470\Omega$.

A- Pourquoi peut-on appliquer le principe de superposition à ce montage ? (1 point)

Dans toute la suite, on note V_S la composante statique du signal au point S et v_S sa composante dynamique (ou variable dans le temps).

B- Etude statique :

1. Comment se comporte le condensateur C en régime statique ? (1 point)
2. Tracer le circuit équivalent en statique. (1 point)
3. En déduire l'expression de V_S en fonction de E , R_1 , R_2 et R_L . AN. (1 point)

C- Etude dynamique : la source dynamique v délivre un signal sinusoïdale à la fréquence $f=1kHz$ et d'amplitude $500mV$ sans composante continue.

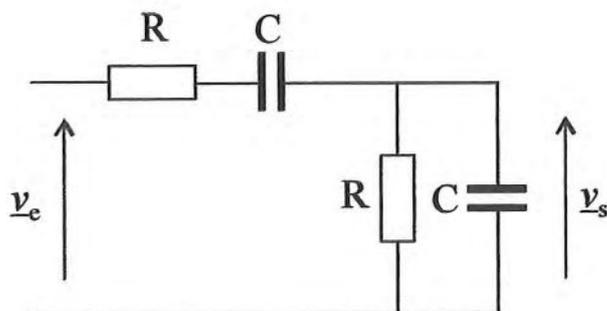
1. Rappeler l'expression de l'impédance Z_C d'un condensateur de capacité C . (1 point)
2. Comment interprétez-vous le caractère imaginaire pur de Z_C ? (1 point)
3. Calculer la valeur du module de l'impédance de C à la fréquence f . (1 point)
4. La comparer à R_2 . Conclure sur le comportement de C en régime dynamique. (1 point)
5. En déduire l'expression de v_S en fonction de v , R_2 , R_1 et R_L . (1 point)
6. Donner la résistance équivalente R_C vue par le condensateur C . (1 point)

D- Etude temporelle : le condensateur C est initialement déchargé.

1. Que vaut $u_C(t=0^-)$? Que vaut $u_C(t=0^+)$? Justifier. (1 point)
2. Donner la valeur de la tension au point S à $t=0^+$. (1 point)
3. Tracer qualitativement l'évolution temporelle de la tension au point S . (1 point)

1.3 Calcul de circuit – Régime sinusoïdal forcé (10 points)

On considère le quadripôle suivant:



A- Calculer sa fonction de transfert $H = v_s/v_e$ que l'on écrira sous forme canonique : (2 points)

$$H(j\omega) = H_0 \frac{j \frac{\omega}{Q\omega_0}}{1 + j \frac{\omega}{Q\omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

B- On donnera les expressions de H_0 , Q et ω_0 en fonction des données. Préciser la nature de ce transfert. (1 point)

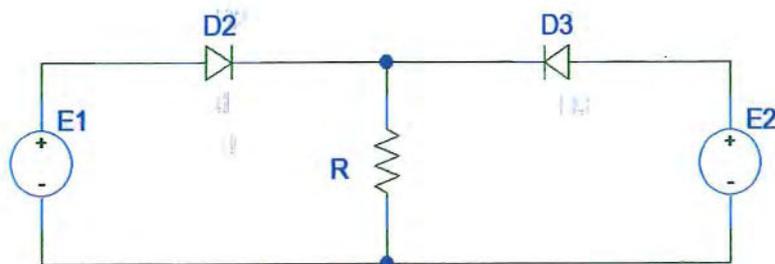
C- Tracer son diagramme de Bode en gain et phase (asymptotique et réel). (2 points)

D- Dans le cas où v_e est un signal de type créneau, discuter de manière qualitative de la forme du signal v_s . (On pourra s'aider du spectre de v_e et distinguer différent cas de figure). (3 points)

E- Le signal d'entrée s'écrit $u_e(t) = U_0 \cos(\omega_1 t) \cos(\omega_2 t)$ avec $\omega_1 = 100\omega_0$ et $\omega_2 = 101\omega_0$. Représenter le spectre de ce signal. Déterminer alors l'expression du signal de sortie. (2 points)

1.4 Calcul de circuit – Diode (10 points)

Soit le circuit suivant :



Les diodes D_2 et D_3 seront modélisées par un modèle à seuil avec $V_s=0.6V$. E_1 est un générateur de tension sinusoïdale d'amplitude 3V et de fréquence f . E_2 est également un générateur de tension sinusoïdale d'amplitude 5V, de fréquence f et qui est en opposition de phase avec E_1 . On donne $R=1k\Omega$.

- A- Donner la raison pour laquelle on doit tenir compte de la tension de seuil des diodes D_2 et D_3 . (1 point)
- B- Rappelez l'ordre de grandeur de la résistance série d'une diode. (1 point)
- C- Pour quelle(s) raison(s) peut-on négliger leur influence ici ? (1 point)
- D- Représenter $v_{E1}(t)$, $v_{E2}(t)$ et $v_R(t)$ sur un même graphique pour deux périodes de signal. (1 point)
- E- Même question si l'on remplace la résistance R par un condensateur C (initialement déchargé). (2 points)
- F- Même question si l'on ajoute un condensateur C en parallèle de la résistance R . On discutera des différentes possibilités selon la valeur du produit RC devant $1/f$. (4 points)

2. Electronique numérique (20 points)

A- Codage (2 points)

1. Effectuez la conversion du nombre binaire suivant 00101111 vers la base décimale. (1 point)
2. Effectuez la conversion du nombre hexadécimal suivant B4F vers la base décimale. (1 point)

B- Algèbre de Boole (4 points)

1. Remplir la table de vérité de la fonction logique suivante (2 points) :

$$\overline{(x+z)(y+z)} + \overline{y}$$

2. Tracer le schéma électrique de cette fonction logique à l'aide de porte logique simple (INV, ET, OU) (2 points).

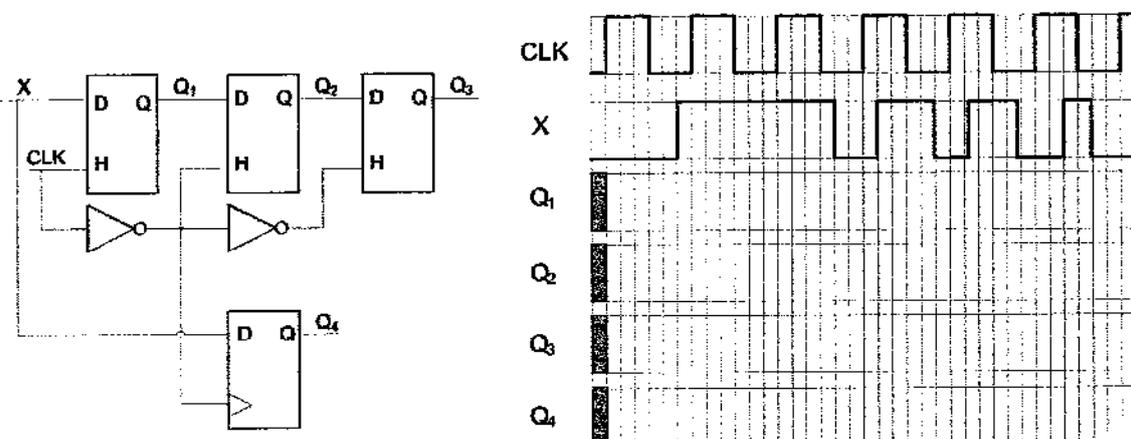
C- Logique Combinatoire (2 points)

1. Utilisez une table de Karnaugh pour déterminer l'équation simplifiée du circuit décrit ainsi :

ab \ cd	00	01	11	10
00	1	0	0	1
01	0	0	0	0
11	0	1	1	0
10	1	0	0	1

D- Logique Séquentielle (12 points)

1. Rappeler le schéma et la table de vérité d'un bistable et d'une bascule D. (4 points)
2. Soit le circuit ci-dessous à gauche, compléter le chronogramme proposé à droite de la figure. (8 points)



3. Informatique industrielle (30 points)

A- Programmation en langage C (11 points)

Soit le code C suivant :

```
int main()
{
    int i = 0;
    for (i = 1 ; i < 4 ; i++) {
        printf("%d ",i);
        if(i==3) printf("%d ",i++);
    }
    if(i==4) printf("%d ",i);
    printf("\n");
    return 0;
}
```

1. Indiquer ce que la fonction écrit à l'écran. (3 points)
2. Dans la ligne « int i = 0; », que signifie le terme int ? (1 point)
3. Quel est le nombre de bit alloué une variable de type int ? (2 points)
4. En déduire la valeur numérique maximale possible pour une variable de type int. (2 points)
5. Dans la ligne « printf("%d ",i) », que signifie la chaîne "%d" ? (1 point)
6. Quelle est l'utilité de la ligne « printf("\n"); » ? (1 point)
7. Quel est le nom de la librairie à inclure dans les en-têtes de ce programme pour utiliser la commande printf() ? (1 point)

B- Programmation en langage C (7 points)

Ecrire une fonction nommée « sqrt_p » qui reçoit en paramètre deux variables notées val et p de type int. Cette fonction renvoie :

- -1 si val est négatif,
- n si val est positif, tel que $n < (val)^{(1/p)} < n+1$

C- Processeurs & Contrôleurs (12 points)

1. Quelle est la principale différence entre un micro-processeur RISC et CISC ? (2 points)
2. Qu'appelle-t-on « mémoire cache » d'un processeur ? (2 points)
3. Expliquer le rôle d'une UART. (2 points).
4. Donner le nom et le rôle des différents signaux du protocole RS232. (2 points)

On souhaite utiliser une ROM pour stocker les valeurs d'un signal particulier de durée $T=1\text{ms}$. Pour cela, on prendra une valeur codée sur 4bits toutes les $T_e=5\mu\text{s}$.

5. Combien de valeur doit-on stocker en mémoire ? (1 point)
6. Quelle doit être la capacité de la ROM en octet ? (1 point)
7. En supposant que l'adresse du premier octet de mémoire utilisé pour stocker les valeurs est \$010 et que l'ensemble des données sont stockées de manières successives dans la mémoire, déterminer l'adresse du dernier octet utilisé. (2 points)

4. Interfaçage (33 points)

Une résistance en platine varie en fonction de la température selon la loi : $R = R_0 * [1+a*T]$ où a et R_0 sont des constantes. Cette résistance est insérée dans un pont de Wheatstone (figure 1) à la position R_1 (les 3 autres résistances valant exactement R_0)

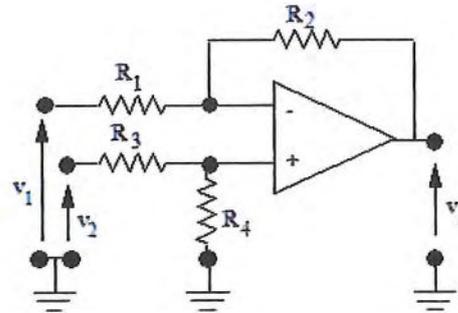
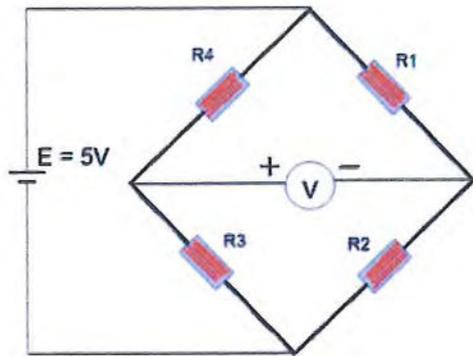


Figure 1

Figure 2

A- Conditionnement (9 points)

1. Quelle est l'unité de a ? (1 point)
2. Donner l'expression de V en fonction de R_0 , R et E . (3 points)
3. Donner l'expression de V en fonction de E , a et T . (2 points)

Pour améliorer la linéarité du système, on remplace la résistance R_1 par R en série avec $3 R_0$. R_2 est quant à elle remplacée par $4 R_0$.

4. Donner la nouvelle expression de V en fonction de E , a et T . (3 points)

B- Amplification (13 points)

La tension V est appliquée à l'entrée d'un amplificateur différentiel (réalisé selon le schéma de la figure 2). On considère désormais que $V = V_2 - V_1 = EaT/16$. On suppose l'AOP (amplificateur opérationnel) idéal et alimenté (non représenté sur la figure 2) de façon symétrique.

1. Montrer que V_s peut s'écrire $V_s = A_2 * V_2 - A_1 * V_1$ avec A_1 et A_2 fonction de R_1 , R_2 , R_3 et R_4 . (4 points)
2. Que devient l'expression suivante pour $R_1 = R_3$ et $R_2 = R_4$. (2 points)
3. L'AOP utilisé est un LM741 (documentation en annexe). Citer trois défauts d'un AOP et donner leur valeur numérique pour le LM741. (3 points)
4. Quelle précaution faut-il prendre pour minimiser l'influence des courants de polarisation de l'AOP ? (1 point)

Au lieu d'alimenter l'AOP par 2 alimentations symétriques (+Vcc, -Vcc), on l'alimente par une seule tension $V_{cc} = 5V$ (-Vcc étant relié à la masse) mais la résistance R_4 est alors reliée à une alimentation $V_{ref} = V_{cc}/2$.

5. En reprenant l'hypothèse $R_1=R_3$ et $R_2=R_4$, montrer que la tension de sortie V_S peut s'écrire $V_S = A_D \cdot (V_2 - V_1) + V_{ref}$. Préciser l'expression de A_D . (3 points)

C- Conversion (11 points)

On désire convertir le signal analogique V_S en le connectant à un convertisseur analogique-numérique (CAN) 8 bits : la sortie du CAN passera de \$00 à \$FF quand la tension d'entrée V_S du CAN passe de 0V à 5V. Les températures extrêmes mesurables à la sortie de l'AOP sont -50°C et $+50^\circ\text{C}$

1. Lorsqu'on souhaite enregistrer un signal analogique sous forme numérique, deux opérations sont nécessaires : l'échantillonnage du signal d'entrée puis la conversion de ces échantillons sous forme numérique à l'aide d'un CAN. L'échantillonnage doit avoir lieu à une cadence respectant le théorème de Shannon : expliquez ce théorème. (3 points)
2. Quelle est la résolution du convertisseur proposé (en V puis en $^\circ\text{C}$). (2 points)
3. Que vaudra l'octet de sortie du convertisseur pour $T = 0^\circ\text{C}$, 40°C et -40°C . (3 points)
4. Comment obtient-on la valeur de la température à partir de la lecture de l'octet de sortie du CAN (expression littérale) ? (3 points)

Annexe : Extrait de la datasheet du LM741 (3 pages)

LM741 Operational Amplifier



August 2000

LM741 Operational Amplifier General Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications. The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and

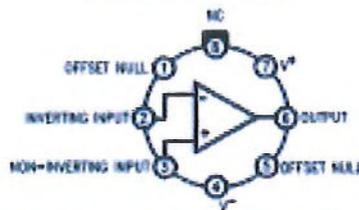
output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C is identical to the LM741/LM741A except that the LM741C has their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

Features

Connection Diagrams

Metal Can Package

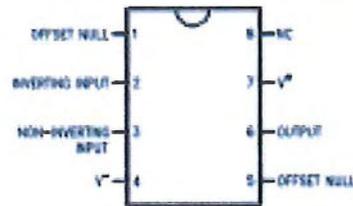


DS009102

Note 1: LM741H is available per JMS510/10101

Order Number LM741H, LM741H/883 (Note 1),
LM741AH/883 or LM741CH
See NS Package Number H09C

Dual-In-Line or S.O. Package



DS009103

Order Number LM741J, LM741J/883, LM741CN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

Ceramic Flatpak

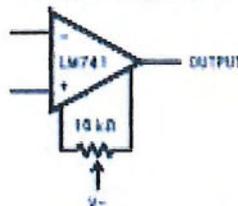


DS009104

Order Number LM741W/883
See NS Package Number W10A

Typical Application

Offset Nulling Circuit



DS009107

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

(Note 7)

	LM741A	LM741	LM741C
Supply Voltage	$\pm 22V$	$\pm 22V$	$\pm 18V$
Power Dissipation (Note 3)	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	$\pm 30V$	$\pm 30V$	$\pm 30V$
Input Voltage (Note 4)	$\pm 15V$	$\pm 15V$	$\pm 15V$
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	$-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$	$-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$	$0^{\circ}C$ to $+70^{\circ}C$
Storage Temperature Range	$-65^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$	$-65^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$	$-65^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$
Junction Temperature	$150^{\circ}C$	$150^{\circ}C$	$100^{\circ}C$
Soldering Information			
N-Package (10 seconds)	$260^{\circ}C$	$260^{\circ}C$	$260^{\circ}C$
J- or H-Package (10 seconds)	$300^{\circ}C$	$300^{\circ}C$	$300^{\circ}C$
M-Package			
Vapor Phase (60 seconds)	$215^{\circ}C$	$215^{\circ}C$	$215^{\circ}C$
Infrared (15 seconds)	$215^{\circ}C$	$215^{\circ}C$	$215^{\circ}C$
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.			
ESD Tolerance (Note 8)	400V	400V	400V

Electrical Characteristics (Note 5)

Parameter	Conditions	LM741A			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^{\circ}C$										mV
	$R_D < 10 k\Omega$					1.0	5.0		2.0	6.0	mV
	$R_D < 500\Omega$		0.8	3.0							mV
Average Input Offset Voltage Drift	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$										$\mu V/^{\circ}C$
	$R_D < 500\Omega$			4.0						7.5	mV
	$R_D < 10 k\Omega$						6.0				mV
Average Input Offset Current Drift				15							$\mu A/^{\circ}C$
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25^{\circ}C, V_D = \pm 20V$	± 10			± 15			± 15			mV
Input Offset Current	$T_A = 25^{\circ}C$		3.0	30		20	200		20	200	nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			70		85	500			300	nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							$nA/^{\circ}C$
Input Bias Current	$T_A = 25^{\circ}C$		30	80		80	500		80	500	nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			0.210			1.5			0.8	μA
Input Resistance	$T_A = 25^{\circ}C, V_D = \pm 20V$	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		M Ω
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}, V_D = \pm 20V$	0.5									M Ω
Input Voltage Range	$T_A = 25^{\circ}C$							± 12	± 13		V
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$				± 12	± 13					V

Electrical Characteristics (Note 5) (Continued)													
Parameter	Conditions	LM741A			LM741			LM741C			Units		
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max			
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ $V_{E1} = \pm 20\text{V}$, $V_{C1} = \pm 15\text{V}$ $V_{E2} = \pm 15\text{V}$, $V_{C2} = \pm 10\text{V}$	50						50	200		20	200	V/mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ $V_{E1} = \pm 20\text{V}$, $V_{C1} = \pm 15\text{V}$ $V_{E2} = \pm 15\text{V}$, $V_{C2} = \pm 10\text{V}$										15		V/mV
	$V_{E1} = \pm 15\text{V}$, $V_{C1} = \pm 10\text{V}$ $V_{E2} = \pm 5\text{V}$, $V_{C2} = \pm 2\text{V}$	32						25					V/mV
Output Voltage Swing	$V_{E1} = \pm 20\text{V}$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$												V
	$V_{E1} = \pm 15\text{V}$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$												V
		± 16											V
		± 15											V
Output Short Circuit Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$	10	25	35		25					25		mA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10		40									mA
Common-Mode Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_{E1} \leq 10\text{ k}\Omega$, $V_{CM} = \pm 12\text{V}$ $R_{E2} \leq 50\text{ k}\Omega$, $V_{CM} = \pm 12\text{V}$				70	90		70	90				dB
		80	95										dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $V_{E1} = \pm 20\text{V}$ to $V_{E1} = \pm 5\text{V}$ $R_{E1} \leq 50\text{ k}\Omega$ $R_{E2} \leq 10\text{ k}\Omega$												dB
		86	98		77	98		77	98				dB
Transient Response	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Unity Gain	Rise Time		0.25	0.8		0.3				0.3		μs
		Overshoot		6.0	20		5				5		%
Bandwidth (Note 6)	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.437	1.5										MHz
Slow Rate	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Unity Gain	0.3	0.7			0.5				0.5			V/ μs
Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$					1.7	2.8			1.7	2.8		mA
Power Consumption	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{E1} = \pm 20\text{V}$ $V_{E2} = \pm 15\text{V}$		80	150									mW
						50	85			50	85		mW
LM741A	$V_{E1} = \pm 20\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$			165									mW
	$T_A = T_{AMAX}$			135									mW
LM741	$V_{E1} = \pm 15\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$					60	100						mW
	$T_A = T_{AMAX}$					45	75						mW

Note 2: "Absolute Maximum Ratings" indicates limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits.