

Objectifs :

- Etudier et comparer les performances et caractéristiques de quelques structures d'amplification différentielle,
- Acquérir un signal ECG,
- Proposer et mettre en œuvre une (des) structure(s) complémentaire(s) de mise en forme du signal.
- Faire les relevés et vérifier la concordance avec la théorie.
- **Faire un compte rendu** faisant états des méthodes de mesures, des analyses et des conclusions.

I. Etude de structures d'amplification différentielle :

A. Méthodologie :

Pour un amplificateur différentiel, on définit: la tension d'entrée différentielle $u_d = u_{e2} - u_{e1}$ et la tension de mode commun $u_c = (u_{e2} + u_{e1})/2$. On donne la relation : $u_s = A_d \cdot u_d + A_{MC} \cdot u_c$.

- On pose $u_s = A_{V2} u_{e2} - A_{V1} u_{e1}$. Identifier A_{V1} et A_{V2} en fonction de A_d et A_{MC} .
- Identifier A_d et A_{MC} en fonction de A_{V1} et A_{V2}
- A quelle condition ce montage amplifie-t-il uniquement la différence : $u_s = A_d(u_{e2} - u_{e1})$?
- Expliquer comment procéder pour mesurer A_{V1} et A_{V2} .
- Même question pour A_d et A_{MC} .

B. Montage 1 :

1. Etude théorique :

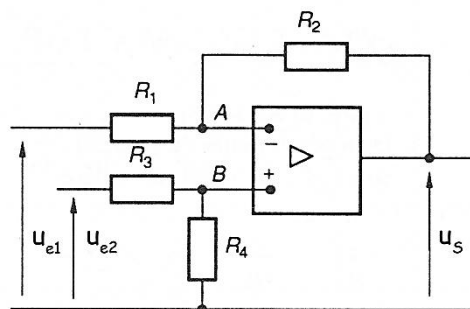


Figure 1

- Quel est le régime de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel du montage 1?
- Pour R_1, R_2, R_3, R_4 quelconques, exprimer u_s en fonction de u_{e1} et u_{e2} .
- On pose $u_s = A_{V2} u_{e2} - A_{V1} u_{e1}$. Exprimer A_{V1} et A_{V2} en fonction des résistances.
- A quelle condition ce montage amplifie-t-il uniquement la différence : $u_s = A_d(u_{e2} - u_{e1})$?

2. Mesures à effectuer.

Les signaux u_{e1} et u_{e2} sont sinusoïdaux, de fréquence 1 kHz, fournis par un générateur de fonctions. On conseille de travailler avec des signaux ayant la plus grande amplitude possible pour un fonctionnement linéaire.

- Pour $R_1 = R_3 = 1k\Omega$ et $R_2 = R_4 = 120k\Omega$ mesurer A_{V1} , A_{V2} , et A_{MC} en déduire A_d et le T.R.M.C. = $20 \log \left| \frac{A_d}{A_c} \right|$ (TRMC = taux de réjection de mode commun, exprimé en dB). Remarques.
- Justifier les résultats expérimentaux par rapport (ou non) par rapport à la théorie.
- Peut-on obtenir avec ce montage un étage amplificateur parfait?

C. Montage 2:

1. Etude théorique

- Donner les expressions théoriques littérales de A_d , A_{mc} , et TRMC pour ce montage à amplificateurs linéaires intégrés TL081 ou TL082.
- Déterminer R_6 afin d'avoir un montage ayant les mêmes performances que le montage 1. On donne $R_5=10k\Omega$.

2. Mesures à effectuer.

Dans les mêmes conditions opératoires que précédemment, effectuer les mesures suivantes :

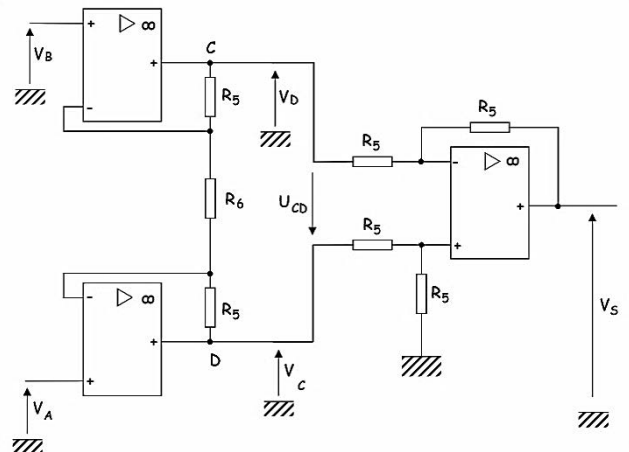


Figure 2

- A_{V1} , A_{V2} , et A_{MC} en déduire A_d et le T.R.M.C = $20 \log \left| \frac{A_d}{A_c} \right|$ (TRMC = taux de réjection de mode commun, exprimé en dB). Remarques.
- Justifier les résultats expérimentaux par rapport (ou non) par rapport à la théorie.

D. Montage 3 :

1. Etude théorique :

Donner les caractéristiques principales du composant LNA114 (gain, bande passante, applications...) puis choisir, à l'aide de la documentation constructeur, une valeur de R_G permettant d'obtenir la même valeur d'amplification différentielle que pour le montage 2.

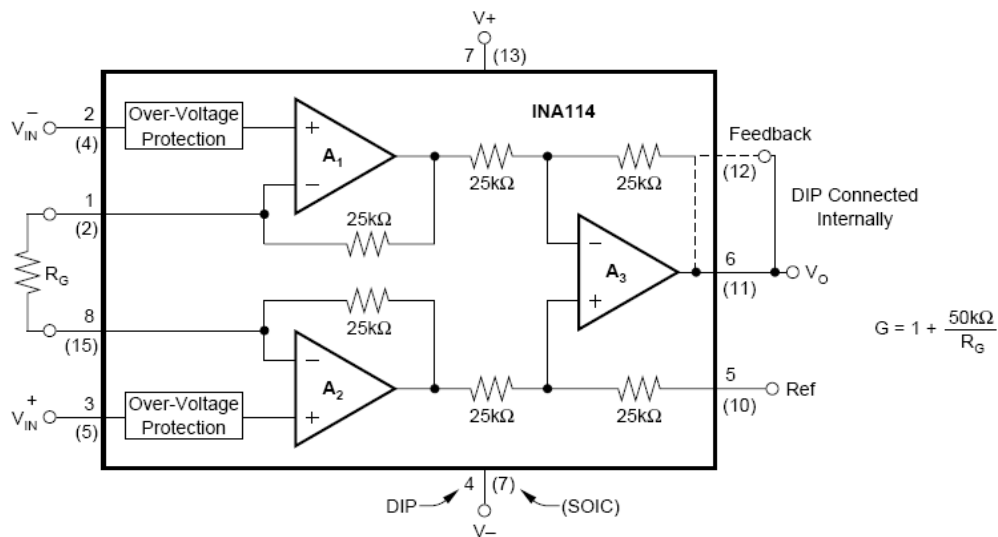


Figure 3

2. Mesures à effectuer.

Dans les mêmes conditions opératoires que précédemment, effectuer les mesures suivantes :

- A_{V1} , A_{V2} , et A_{MC} en déduire A_d et le T.R.M.C = $20 \log \left| \frac{A_d}{A_c} \right|$ (TRMC = taux de réjection de mode commun, exprimé en dB). Remarques.
- Justifier les résultats expérimentaux par rapport (ou non) par rapport à la théorie.

E. Etude expérimentale des structures :

Comparer les résultats obtenus expérimentalement aux valeurs théoriques de A_d , A_{mc} , et TRMC, Conclure en comparant les performances de ces 3 structures.

II. Acquisition d'un signal ECG:

A. Utilisation d'un simulateur patient :

On applique un signal ECG issu d'un simulateur patient (fig. 4) au montage de la figure 3.

- Relever les caractéristiques temporelles et spectrales du signal ECG préamplifié. Commenter les difficultés rencontrées.

B. Principe de l'électrode de référence :

En fonctionnement normal, afin de réduire le mode commun, on utilise la structure ci-dessous figure 4.

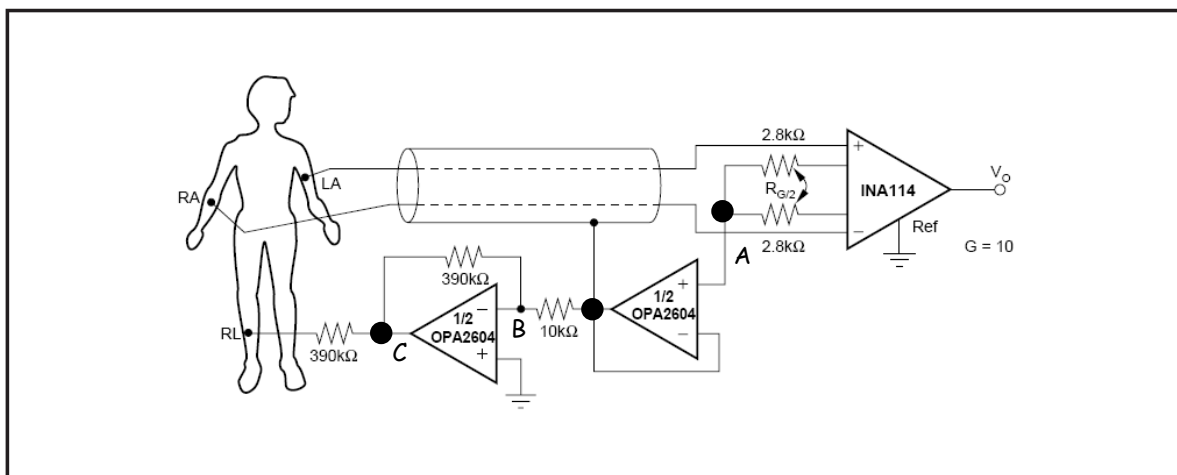


Figure 4 : Electrode de référence

- Exprimer la tension au point A (voir fig. 3) en fonction de $u_{mc}(t)$. En déduire la tension en B. Quel est le rôle de l'amplificateur opérationnel OPA2604 situé entre A et B.
- Déterminer la relation entre les tensions aux points C et B notées respectivement $V_B(t)$ et $V_C(t)$. En déduire $V_C(t)$ en fonction de $u_{mc}(t)$ (utiliser les valeurs numériques des résistances).
- On estime la résistance du corps à $10k\Omega$ au niveau de l'électrode de référence RL. Exprimer la tension $V_{RL}(t)$ en fonction de $V_C(t)$ puis de $u_{mc}(t)$. On suppose que l'on peut modéliser le montage par un pont diviseur de tension ($10k\Omega$ et $390k\Omega$).
- Expliquer l'intérêt de ce montage
- Réaliser le montage en complétant le montage de la figure 3. Comparer la qualité du signal avec l'électrode de référence active et avec l'électrode RL relié à la masse (On pourra utiliser un TL084 en lieu et place de l'OPA2604).

C. Compensation de la composante continue :

En réalité le signal est composé du signal utile $u_{ECG}(t)$ plus une petite composante continue qui évolue lentement.

Pour réaliser cette opération, on utilise le montage de la figure 5 dont on essaie de comprendre le fonctionnement.

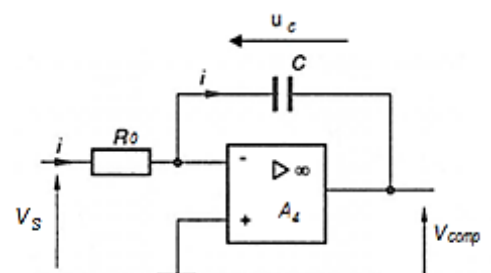
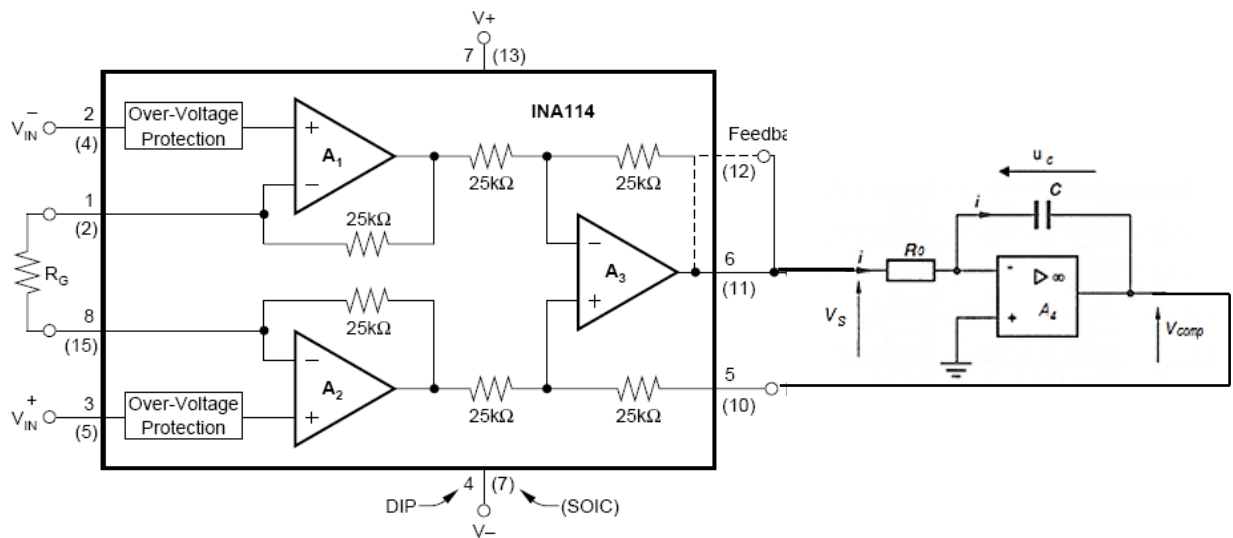


Figure 5 : Compensation

On donne la relation : $i = C \frac{du_c}{dt}$.

- 1) Donner la relation liant i , R_0 et v_s .
- 2) Donner la relation liant V_{comp} et u_c .
- 3) En déduire la relation liant V_{comp} , R_0 , C et v_s .
- 4) Quelle est la fonction réalisée par le montage?
- 5) Que devient cette équation dans le cas où $v_s = U_0$ (on néglige $u_{ECG}(t)$ dont les variations sont beaucoup trop rapides par rapport à U_0).
- 6) Expliquer comment ce montage permet d'assurer l'élimination de la composante continue.
- 7) Réaliser le montage en complétant le montage de la figure 4. Comparer la qualité du signal avec et sans la compensation de la composante continue.



D. Relevé sur cobaye :

On choisit un cobaye, lui placer les électrodes puis relever le signal ECG mesuré. On pourra modifier la valeur de R_G réglant l'amplification de l'amplificateur d'instrumentation, l'offset et ajuster l'amplitude du signal en sortie. On donne V_{OUT} la tension de sortie de l'INA114, V_{REF} la tension de compensation de la composante continue, V_{FIN} et V_{FOUT} les tensions d'entrée et de sortie du filtre, et V_s la tension de sortie finale (Offset - tension de décalage).

- En expliquant clairement votre choix, proposer une ou plusieurs solutions permettant de mettre en forme ce signal pour que son amplitude soit comprise entre 0 et 5 V,
- Mettre en évidence l'action de l'intégrateur placé entre la sortie et l'entrée V_{REF} de l'INA114.
- Montrer l'action de l'électrode de référence sur la qualité du signal.
- Faire une analyse spectrale.

III. Annexes :

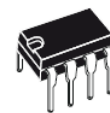
A. TL081 :



TL081 TL081A - TL081B

GENERAL PURPOSE J-FET SINGLE OPERATIONAL AMPLIFIERS

- WIDE COMMON-MODE (UP TO V_{CC}^+) AND DIFFERENTIAL VOLTAGE RANGE
- LOW INPUT BIAS AND OFFSET CURRENT
- OUTPUT SHORT-CIRCUIT PROTECTION
- HIGH INPUT IMPEDANCE J-FET INPUT STAGE
- INTERNAL FREQUENCY COMPENSATION
- LATCH UP FREE OPERATION
- HIGH SLEW RATE : $16V/\mu s$ (typ)



N
DIP8
(Plastic Package)



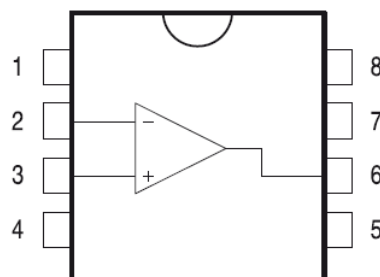
D
SO8
(Plastic Micropackage)

DESCRIPTION

The TL081, TL081A and TL081B are high speed J-FET input single operational amplifiers incorporating well matched, high voltage J-FET and bipolar transistors in a monolithic integrated circuit.

The devices feature high slew rates, low input bias and offset currents, and low offset voltage temperature coefficient.

PIN CONNECTIONS (top view)



- 1 - Offset null 1
- 2 - Inverting input
- 3 - Non-inverting input
- 4 - V_{CC}^-
- 5 - Offset null 2
- 6 - Output
- 7 - V_{CC}^+
- 8 - N.C.

ORDER CODE

Part Number	Temperature Range	Package	
		N	D
TL081M/AM/BM	-55°C, +125°C	•	•
TL081I/AI/BI	-40°C, +105°C	•	•
TL081C/AC/BC	0°C, +70°C	•	•

Example : TL081CD, TL081IN

N = Dual in Line Package (DIP)

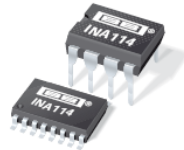
D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (DT)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$V_{CC} = \pm 15V$, $T_{amb} = +25^{\circ}C$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	TL0811,M,AC,AI,AM, BC,BI,BM			TL081C			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V_{io}	Input Offset Voltage ($R_S = 50\Omega$) $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ TL081 TL081A TL081B TL081 TL081A TL081B		3 3 1	10 6 3 13 7 5		3	10 13	mV
DV_{io}	Input Offset Voltage Drift		10			10		$\mu V/^{\circ}C$
I_{io}	Input Offset Current - note 1) $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		5	100 4		5	100 10	pA nA
I_{ib}	Input Bias Current -note 1 $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		20	200 20		20	400 20	nA
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain ($R_L = 2k\Omega$, $V_o = \pm 10V$) $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	50 25	200		25 15	200		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio ($R_S = 50\Omega$) $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	80 80	86		70 70	86		dB
I_{CC}	Supply Current, no load $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		1.4	2.5 2.5		1.4	2.5 2.5	mA
V_{icm}	Input Common Mode Voltage Range	± 11	+15 -12		± 11	+15 -12		V
CMR	Common Mode Rejection Ratio ($R_S = 50\Omega$) $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	80 80	86		70 70	86		dB
I_{os}	Output Short-circuit Current $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	10 10	40	60 60	10 10	40	60 60	mA
$\pm V_{opp}$	Output Voltage Swing $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $R_L = 2k\Omega$ $R_L = 10k\Omega$ $R_L = 2k\Omega$ $R_L = 10k\Omega$	10 12 10 12	12 13.5		10 12 10 12	12 13.5		V
SR	Slew Rate ($T_{amb} = +25^{\circ}C$) $V_{in} = 10V$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity gain	8	16		8	16		V/ μs
t_r	Rise Time ($T_{amb} = +25^{\circ}C$) $V_{in} = 20mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity gain		0.1			0.1		μs
K_{ov}	Overshoot ($T_{amb} = +25^{\circ}C$) $V_{in} = 20mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity gain		10			10		%
GBP	Gain Bandwidth Product ($T_{amb} = +25^{\circ}C$) $V_{in} = 10mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, $f = 100kHz$	2.5	4		2.5	4		MHz
R_i	Input Resistance		10^{12}			10^{12}		Ω

B. INA114 :



INA114

Precision INSTRUMENTATION AMPLIFIER

FEATURES

- **LOW OFFSET VOLTAGE:** 50 μ V max
- **LOW DRIFT:** 0.25 μ V/ $^{\circ}$ C max
- **LOW INPUT BIAS CURRENT:** 2nA max
- **HIGH COMMON-MODE REJECTION:** 115dB min
- **INPUT OVER-VOLTAGE PROTECTION:** $\pm$ 40V
- **WIDE SUPPLY RANGE:** $\pm$ 2.25 to $\pm$ 18V
- **LOW QUIESCENT CURRENT:** 3mA max
- **8-PIN PLASTIC AND SOL-16**

APPLICATIONS

- **BRIDGE AMPLIFIER**
- **THERMOCOUPLE AMPLIFIER**
- **RTD SENSOR AMPLIFIER**
- **MEDICAL INSTRUMENTATION**
- **DATA ACQUISITION**

DESCRIPTION

The INA114 is a low cost, general purpose instrumentation amplifier offering excellent accuracy. Its versatile 3-op amp design and small size make it ideal for a wide range of applications.

A single external resistor sets any gain from 1 to 10,000. Internal input protection can withstand up to $\pm$ 40V without damage.

The INA114 is laser trimmed for very low offset voltage (50 μ V), drift (0.25 μ V/ $^{\circ}$ C) and high common-mode rejection (115dB at G = 1000). It operates with power supplies as low as $\pm$ 2.25V, allowing use in battery operated and single 5V supply systems. Quiescent current is 3mA maximum.

The INA114 is available in 8-pin plastic and SOL-16 surface-mount packages. Both are specified for the -40° C to $+85^{\circ}$ C temperature range.

