

CI6 : Capter et mettre en forme un signal électrique

TD2 - ALI en régime linéaire, exercices

Je suis capable de :

- Mettre en équation un montage avec ALI en régime linéaire
- Exprimer l'amplification d'un montage à ALI
- Tracer l'évolution d'un signal issu d'un capteur, après mis en forme

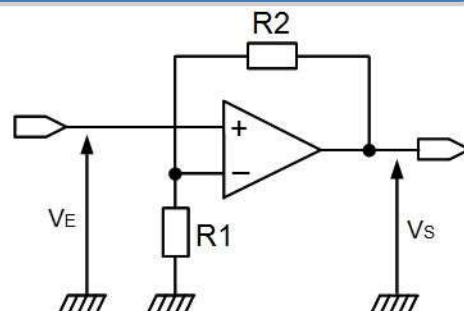
O / N

O / N

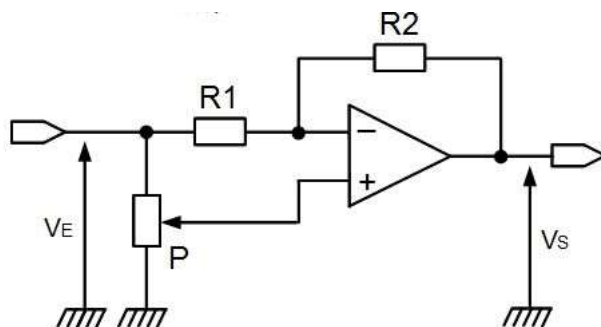
O / N

Exercice 1 : Conditionnement d'une photodiode par un montage ALI

Q 1 - Définir le régime de fonctionnement de l'ALI et donner l'expression de l'amplification A_v en fonction de R_1 et R_2 .

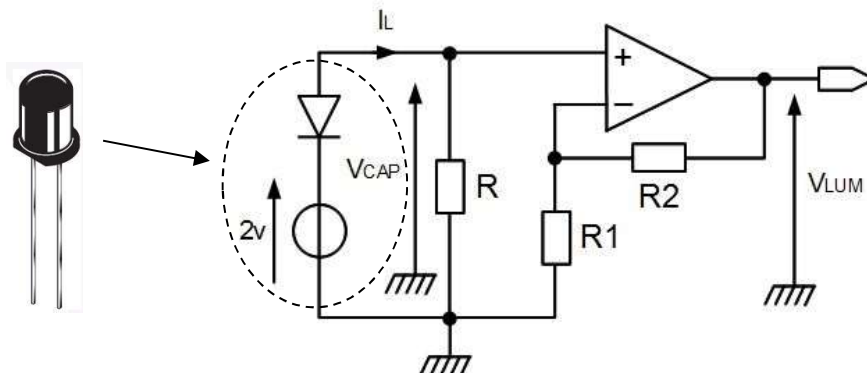


Q 2 - Définir le régime de fonctionnement de l'ALI. α correspond à la position du potentiomètre. Donner l'expression de l'amplification A_v en fonction de R_1 , R_2 et α .



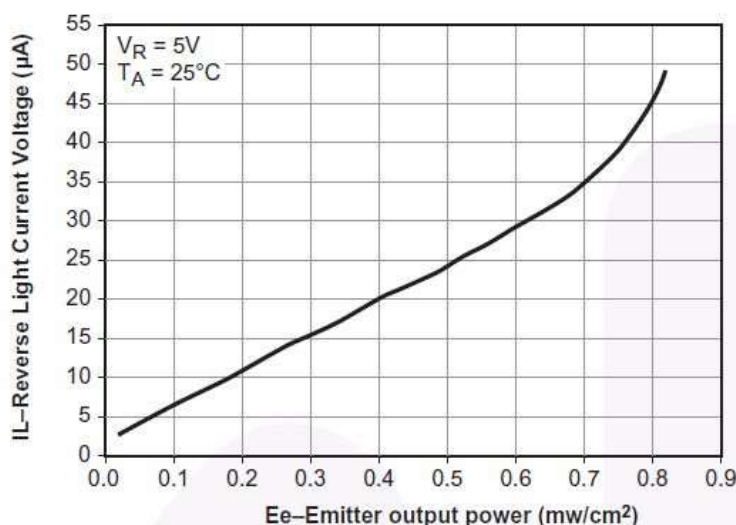
Une photo-diode polarisée en inverse, fournit un courant I_L très faible (de l'ordre des μA), quasi proportionnel à l'éclairement E_e (quantité de lumière par unité de surface en mW/cm^2).

Il est nécessaire de convertir ce courant en tension, puis d'amplifier le signal capté afin de l'exploiter sa valeur au sein d'un système de mesure.



Q 3 - Donner l'expression de la tension V_{CAP} , en fonction de I_L .

Q 4 - On donne la caractéristique $IL(Ee)$. Tracer l'évolution de V_{CAP} pour un éclairement compris entre $0,1$ et $0,8 \text{ mW/cm}^2$. On donne $R = 9,1 \text{ K}\Omega$.



Pour la suite de l'exercice, on considère l'évolution comme linéaire entre $0,1$ et $0,7 \text{ mW/cm}^2$.

Q 5 - Exprimer l'amplification $\frac{VLUM}{V_{CAP}}$ en fonction de R_1 et R_2

Q 6 - Choisir R_1 et R_2 afin d'obtenir $VLUM = 3v$ pour $Ee = 0,7 \text{ mW/cm}^2$.

Q 7 - Donner les sensibilités S_1 du capteur seul, et S_2 du capteur amplifié.

Exercice 2 – Plateforme de mesure sismique

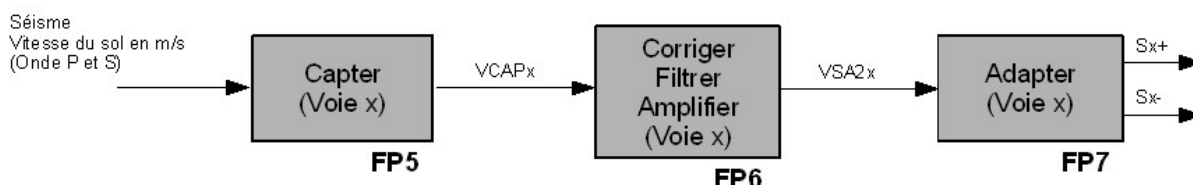
Un réseau de surveillance sismique est composé de stations de mesures, interconnectées grâce au réseau Internet. Chaque station intègre un sismomètre capable d'enregistrer l'évolution d'un séisme, sous forme numérique (format SAC et TITAN2).



Les signaux issus du capteur NOEMAX représentent la vitesse du sol sur 3 axes de déplacement (X, Y et Z). La station devra numériser ces signaux, et à l'aide des informations issues du GPS, coupler à chaque échantillon la date et la position de la station. Enfin, la station mettra en œuvre différentes interfaces de communication dans le but de rendre accessibles ces résultats de mesure.

Le schéma fonctionnel suivant présente de manière simplifiée la chaîne analogique de mesure de la vitesse de déplacement du sol (pour un axe) intégré au capteur NOEMAX.

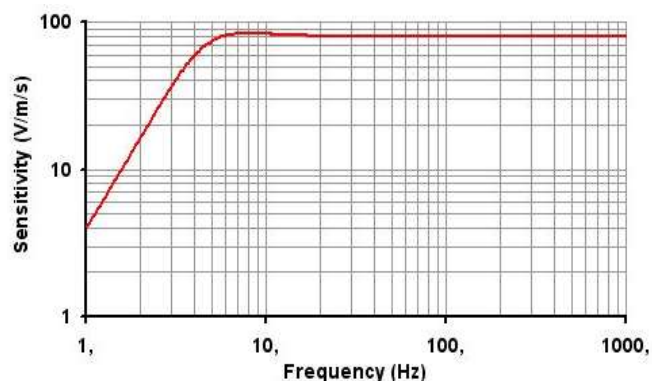
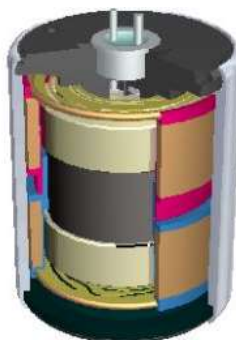
Une bobine ou géophone (FP5) fournit une tension V_{CAP} fonction de la vitesse du sol.



On remarque sur la courbe ci-dessous, que la réponse de la bobine n'est pas linéaire.

Elle doit être corrigée !

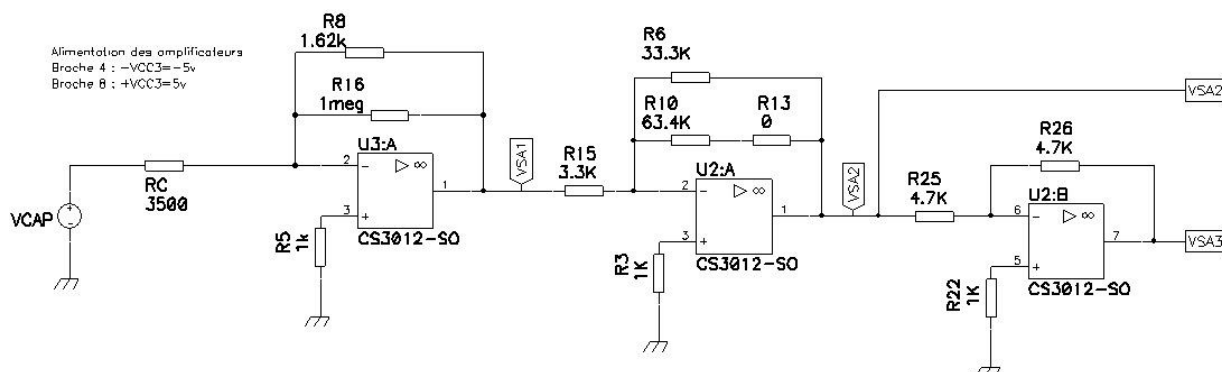
Pour cette étude, on va considérer que la bobine présente une sensibilité constante de **78,9 V/m/s**. Le signal est de plus amplifié et filtré, puis délivré à la sortie de la chaîne de mesure sous la forme d'une tension analogique différentielle.



Étude de la chaîne d'amplification du signal issu du capteur

Les fonctions « Correction » et « Filtrage » ne sont pas abordées ici. Le schéma est donc une simplification du schéma d'origine d'après les hypothèses suivantes :

- Le capteur est considéré linéaire (sensibilité constante : **78,9 V/m/s**)
- Les amplificateurs sont considérés comme idéaux.
- Les condensateurs C10 et C6 sont considérés comme des circuits ouverts.
- Les condensateurs C59, C61, C58 et C62 sont considérés comme des circuits fermés.



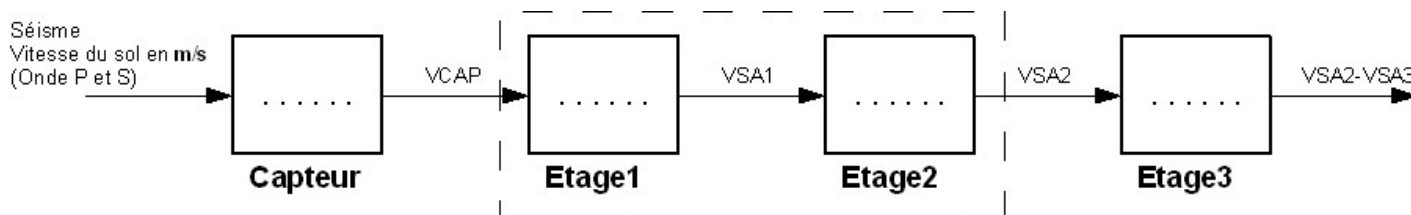
Objectif : on cherche à valider les données constructeur en calculant l'amplification total de la chaîne d'amplification du capteur.

Q1. Donner l'expression de l'amplification $\frac{V_{SA1}}{V_{CAP}}$ de l'étage 1, puis calculer sa valeur numérique.

Q2. Donner l'expression de l'amplification $\frac{V_{SA2}}{V_{SA1}}$ de l'étage 2, puis calculer sa valeur.

Q3. Donner l'expression de l'amplification $\frac{V_{SA2}-V_{SA3}}{V_{SA2}}$ de l'étage 3, puis calculer sa valeur. (on remarque que la tension de sortie de cette étage est une tension différentielle).

Q4. Compléter le synoptique suivant, avec pour chaque étage, les amplifications déterminées précédemment. Calculer la sensibilité totale du capteur muni de ses étages d'amplification.



Q5. D'après la documentation du capteur NOEMAX fournie en annexe, donner la sensibilité garantie annoncée par le constructeur.

Q6. Modifier la valeur de R15 (série E96 pour plus de précision) afin de calibrer l'amplification de l'étage 2, donc de calibrer la chaîne complète, pour respecter la sensibilité annoncée.

Annexe : Documentation du capteur Noemax



NoeMax 11/08/07

NoeMax 20s seismometer

The NoeMax sensor is a triaxial 20s based on 4.5Hz geophones. The low frequency response of the geophones is amplified to widen the overall response down to 20s. Each sensor is calibrated by Agecodagis and pole/zero files are made available online.

Principle of operations: the geophone is shortened by the first input stage, the sensor is thus characterized by two real poles. The second and third stages correct the response for the real poles down to 20s. The equivalent sensor is characterized by a 20s cut-off frequency and a damping value of 1.

Applications:

The NoeMax sensor is very easy to install, light weight and compact. The coils are automatically shortened when the seismometer is not powered so it is not necessary to lock the masses for transportation.

The SAGE station (educational seismic observatory) is equipped with the NoeMax sensor.

Package:

The NoeMax sensor is delivered with the calibration sheet for each component.

Technical specifications of the NoeMax sensor

Mechanical:

Components	3
Case dimension	Diameter: 170mm, height: 105mm (without feet/handle)
Weight	3kg
Power	9-16V
Power consuming	150mW
Operating temperature	-25 .. 85°C
Watertightness	IP68

Interface:

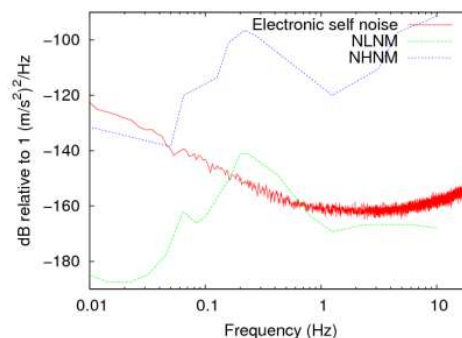
Connector	MIL-C series
Input	Calibration line, power
Output	+/-3V differential
Internal resistance	3500Ω+/-X%

Response:

Measurement	Ground velocity
Low cut-off frequency	50mHz
High cut-off frequency	50Hz
Sensitivity	1500V/m/s+/-5%
Damping	1 +/-5%



We provide a cable of any length up to 100 meters, the sensor end is equipped with the MIL connector, the data logger end is left open, or can be equipped with one of the Agecodagis usual connectors (Clipper series or MIL-C 26-482



series).

Some references:

Université de Bretagne Occidentale, Brest, France
Laboratoire de Planétologie et Géodynamique, Nantes, France
BRGM
Educational programs (Sismo à l'école, EduSeis)

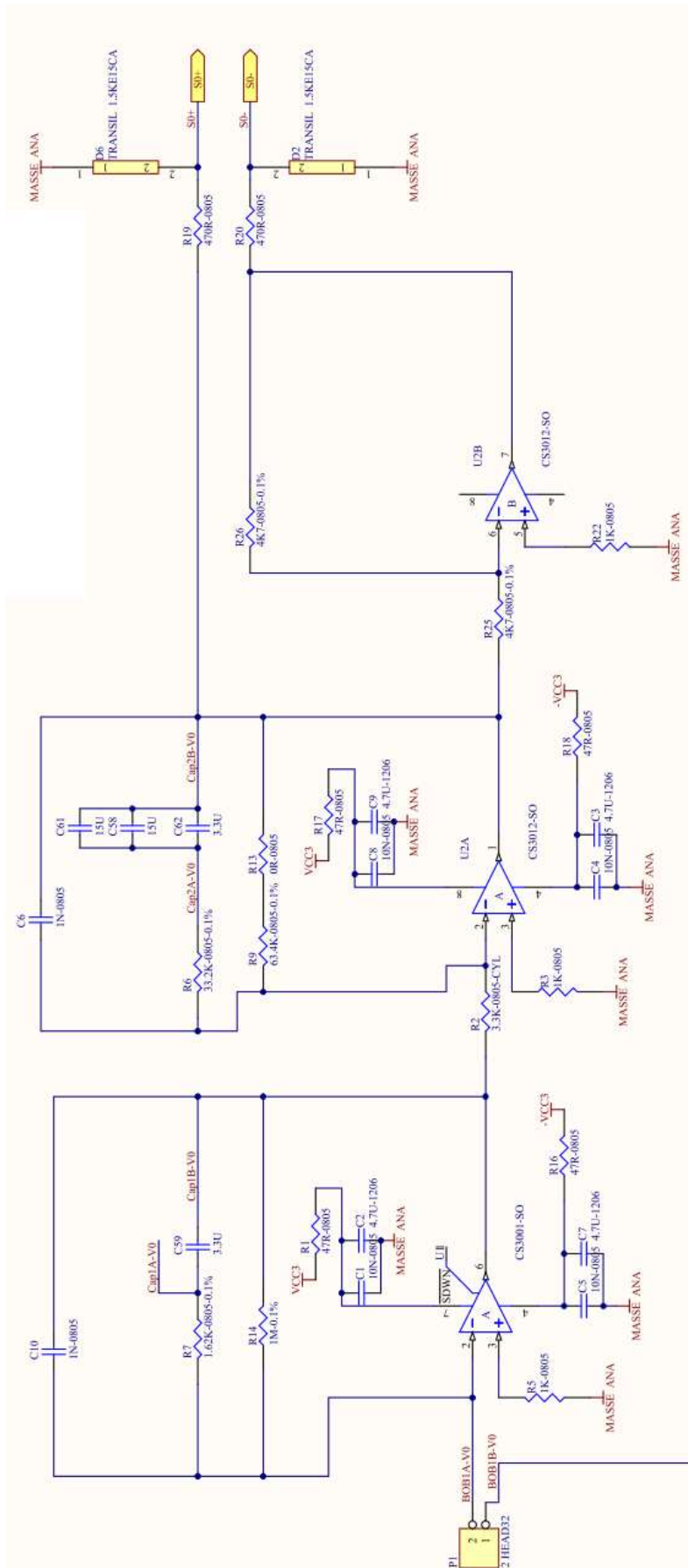
Natural frequency	4.5Hz+/-10%
Sensitivity	78.9V/m/s+/-5%
Internal resistance	3500Ω+/-5%
Damping	0.58+/-5%
Moving mass	10g
Maximum excursion	4mm

Sensor pinout (MIL-C 26-482 x51-14-12):

Signal	Pin	Color
VCC	J	Red
GND	K	Black (of red pair)
Calibration	E	Blue
S0+	C	Yellow
S0-	D	Black (of yellow pair)
S1+	L	Brown
S1-	M	Black (of brown pair)
S2+	A	White
S2-	B	Black (of white pair)
Shield	U	Grey

Other signals are used for factory calibration, they must be left not connected.

Annexe : Schéma réel de la carte du capteur Noemax

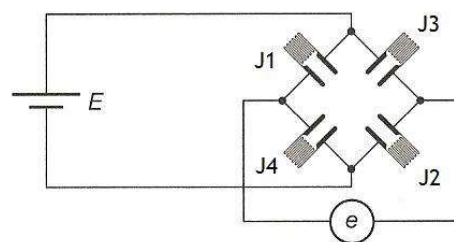
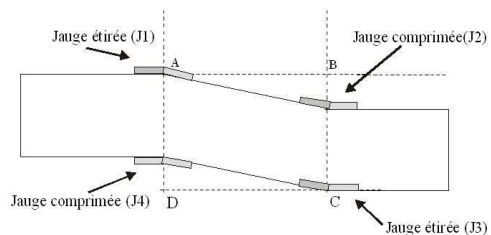
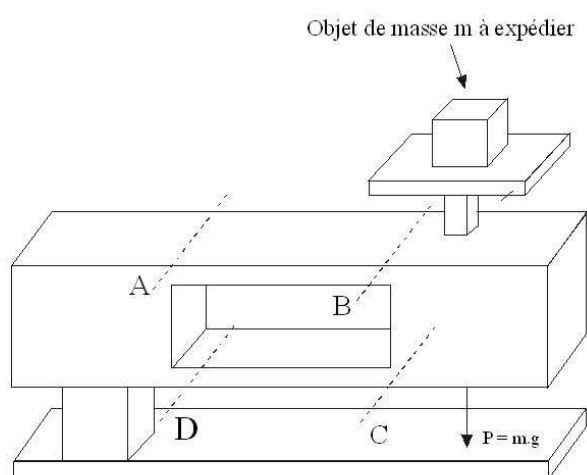


Exercice 3 – Amplificateur d'instrumentation pour balance

La transformation du poids en grandeur électrique est effectuée par un capteur situé dans la balance. La charge, reposant sur un plateau, transmet une force fonction du poids à un corps d'épreuve. Celui-ci sollicité en traction subit un allongement.

Le corps d'épreuve utilisé est du type bipoutre. La déformation engendre un allongement du corps d'épreuve aux points A et C et une rétractation de même amplitude aux points B et D. Le corps d'épreuve a été conçu pour que l'allongement soit proportionnel à la force P responsable de la déformation.

Des jauges de contraintes (J1, J2, J3 et J4) placées sur le corps d'épreuve sont connectées sous la forme d'un pont de Wheatstone.



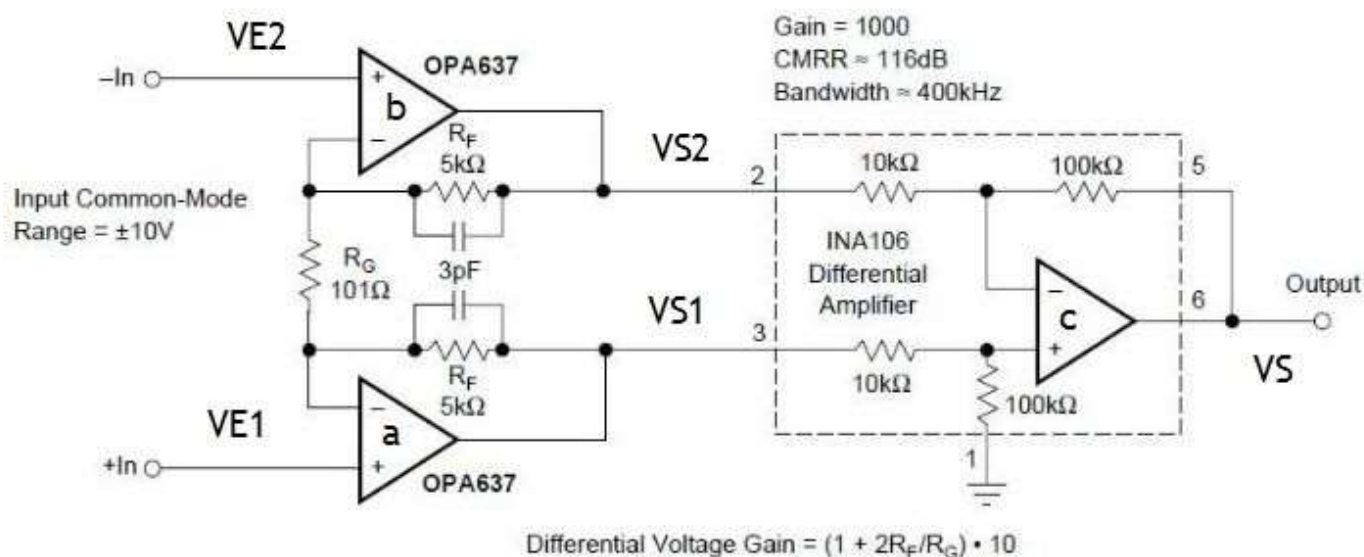
Le capteur d'effort

Alimenté sous une tension E , il fournit une tension différentielle V_e proportionnelle au poids du colis. Cette tension est très faible : de 0 à 15mv pour une masse de 0 à 30Kg. Elle est donc sensible à un environnement parasite.

Amplification du signal utile V_e

On propose d'amplifier le tension différentielle V_e , grâce à une structure classique à 3 AOP appelée « amplificateur d'instrumentation ». Cette structure utilise des ALI spécialisés pour l'amplification des faibles tensions, qui présentent de bonnes caractéristiques statiques

On donne la structure de l'étage « amplificateur d'instrumentation » :



Les condensateurs de 3pF sont équivalents à des circuits ouverts dans notre étude (tensions continues). On peut donc les enlever du schéma. Le tension différentielle V_e sera appliquée entre les entrées $-IN$ et $+IN$.

Q1. Exprimer la tension $VS1$ en fonction de $VE1$, $VE2$ et des éléments du montage.

Q2. Exprimer la tension $VS2$ en fonction de $VE1$, $VE2$ et des éléments du montage.

Q3. Exprimer enfin VS en fonction de $VS1$ et $VS2$.

Q4. Exprimer VS en fonction de $VE1$ et $VE2$

Q5. Retrouver l'expression du gain (ou amplification) différentiel $\frac{VS}{VE1-VE2}$ donnée ci-dessus.

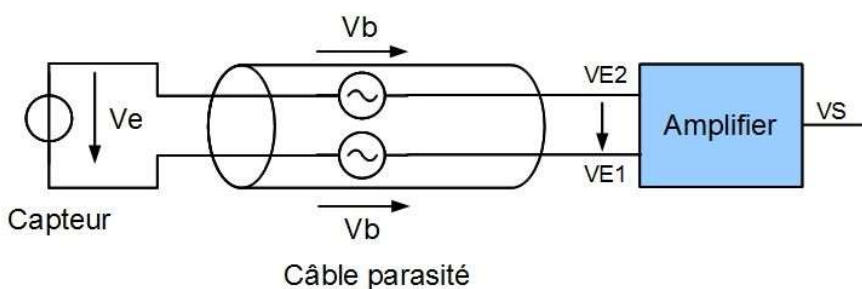
Q6. Calculer la valeur de R_G afin d'obtenir un gain de 1000.

Q7. En déduire la valeur de VS pour la gamme de mesure de la balance, vous donnerez m , P , Ve et VS . (P est une force, $P = m \cdot g$ avec $g = 9.81 \text{ m/s}^2$).

Q8. Que risque t-il d'arriver si Ve est maximum ?


Le signal Ve est bruité

Le câble reliant le capteur et l'étage d'amplification sont sensibles aux bruits électromagnétique (ex : pollution électromagnétique de la lumière néon à 50Hz). Il apparaît au niveau de chaque fil une faible tension appelée Vb .



Q9. Écrire la loi des mailles au niveau de l'entrée de l'amplificateur et donner l'expression de la tension différentielle d'entrée ($VE1 - VE2$).

Q10. Les tensions de bruit seront-elles amplifiées par l'étage ?



BURR-BROWN®
BB

OPA627
OPA637

Precision High-Speed

Difet® OPERATIONAL AMPLIFIERS

FEATURES

- VERY LOW NOISE: 4.5nV/√Hz at 10kHz
- FAST SETTLING TIME:
OPA627—550ns to 0.01%
OPA637—450ns to 0.01%
- LOW V_{os} : 100μV max
- LOW DRIFT: 0.8μV/°C max
- LOW I_b : 5pA max
- OPA627: Unity-Gain Stable
- OPA637: Stable in Gain ≥ 5

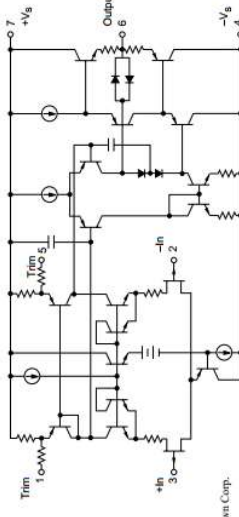
APPLICATIONS

- PRECISION INSTRUMENTATION
- FAST DATA ACQUISITION
- DAC OUTPUT AMPLIFIER
- OPTOELECTRONICS
- SONAR, ULTRASOUND
- HIGH-IMPEDANCE SENSOR AMPS
- HIGH-PERFORMANCE AUDIO CIRCUITRY
- ACTIVE FILTERS

DESCRIPTION

The OPA627 and OPA637 *Difet* operational amplifiers provide a new level of performance in a precision FET op amp. When compared to the popular OPA111 op amp, the OPA627/637 has lower noise, lower offset voltage, and much higher speed. It is useful in a broad range of precision and high speed analog circuitry.

The OPA627/637 is fabricated on a high-speed, dielectrically-isolated complementary NPN/PNP process. It operates over a wide range of power supply voltage— $\pm 4.5V$ to $\pm 18V$. Laser-trimmed *Difet* input circuitry provides high accuracy and low-noise performance comparable with the best bipolar-input op amps.



Difet® • Burr-Brown Corp.

International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11408, Tucson, AZ 85711 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd., Tucson, AZ 85710 • Tel: (520) 746-5111 • Telex: 910-625-1111
Internet: <http://www.burr-brown.com/> • FAX Line: (800) 548-6133 (US/Canada Only) • Cable: BBRCORP • Telex: 986-481 • FAX: (520) 988-1519 • Immediate Product Info: (800) 548-4132

SPECIFICATIONS

ELECTRICAL

At $T_A = +25^\circ\text{C}$, and $V_S = \pm 15V$, unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS	OPA627BM, BP, SM OPA637BM, BP, SM		OPA627AM, AP, AU OPA637AM, AP, AU		UNITS
		MIN	TYP	MAX	TYP	MAX
OFFSET VOLTAGE ⁽¹⁾ Input Offset Voltage AP, BP, AU Grades Average Drift AP, BP, AU Grades Power Supply Rejection	$V_S = \pm 4.5$ to $\pm 18V$	40	100	130	130	μV
		100	250	280	280	μV
		0.4	0.8	1.2	1.2	μV/°C
		2.5	2	2.5	2.5	μV/°C
INPUT BIAS CURRENT ⁽²⁾ Input Bias Current Over Specified Temperature SM Grade Over Common-Mode Voltage Input Offset Current Over Specified Temperature SM Grade	$V_{CM} = 0V$ $V_{CM} = 0V$ $V_{CM} = 0V$ $V_{CM} = 0V$ $V_{CM} = 0V$ $V_{CM} = 0V$	1	5	2	2	pA
		1	50	2	2	pA
		0.5	5	1	1	pA
		1	50	2	2	pA
NOISE Input Voltage Noise Noise Density: $f = 10\text{Hz}$ $f = 100\text{Hz}$ $f = 1\text{kHz}$ $f = 10\text{kHz}$ Voltage Noise, BW = 0.1Hz to 10Hz Input Bias Current Noise Noise Density: $f = 100\text{Hz}$ Current Noise, BW = 0.1Hz to 10Hz		15	40	20	20	nV/√Hz
		8	20	10	10	nV/√Hz
		5.2	8	5.6	5.6	nV/√Hz
		4.5	6	4.8	4.8	nV/√Hz
INPUT IMPEDANCE Differential Common-Mode		10 ¹³ 8	10 ¹³ 7			Ω pF
		±11	±11.5	*	*	V
		±10.5	±11	*	*	V
		106	116	100	110	dB
INPUT VOLTAGE RANGE Common-Mode Input Range Over Specified Temperature Common-Mode Rejection	$V_{CM} = \pm 0.5V$	112	120	106	116	dB
		106	117	100	110	dB
		100	114			dB
						dB
OPEN-LOOP GAIN Open-Loop Voltage Gain Over Specified Temperature SM Grade	$V_O = \pm 10V$, $R_L = 1k\Omega$ $V_O = \pm 10V$, $R_L = 1k\Omega$ $V_O = \pm 10V$, $R_L = 1k\Omega$	112	120	106	116	dB
		106	117	100	110	dB
		100	114			dB
						dB
FREQUENCY RESPONSE Slew Rate: OPA627 OPA637 Settling Time: OPA627 0.01% 0.1% OPA637 0.01% 0.1% Gain-Bandwidth Product: OPA627 OPA637 Total Harmonic Distortion + Noise	$G = -1$, 10V Step $G = -1$, 10V Step $G = -1$, 10V Step $G = -1$, 10V Step $G = -1$, 10V Step $G = 1$ $G = 1$	40	55	*	*	V/μs
		100	135	*	*	V/μs
		100	550	*	*	ns
		450	450	*	*	ns
POWER SUPPLY Specified Operating Voltage Operating Voltage Range Current	$R_L = 1k\Omega$ $V_O = \pm 10V$ 1MHz	±11.5	±12.3	*	*	V
		±11	±11.5	*	*	V
		±35	±45	*	*	V
		55	55	*	*	mA
OUTPUT Voltage Output Over Specified Temperature Current Output Short-Circuit Current Output Impedance, Open-Loop		-25	+85	*	*	°C
		-35	+125	*	*	°C
		-60	+150	*	*	°C
		-40	+125	*	*	°C/W
TEMPERATURE RANGE Specification: AP, BP, AM, BM, AU Storage: AM, BM, SM AP, BP, AU θ _{JA} : AM, BM, SM AP, BP, AU		200	100	*	*	°C/W
		160	160	*	*	°C/W
				*	*	°C/W
				*	*	°C/W



Burr-Brown Products
from Texas Instruments

INA106



SBOS152A – AUGUST 1987 – REVISED OCTOBER 2003

Precision Gain = 10 DIFFERENTIAL AMPLIFIER

FEATURES

- ACCURATE GAIN: $\pm 0.025\%$ max
- HIGH COMMON-MODE REJECTION: 86dB min
- NONLINEARITY: 0.001% max
- EASY TO USE
- PLASTIC 8-PIN DIP, SO-8 SOIC PACKAGES

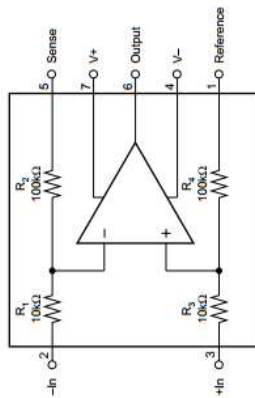
APPLICATIONS

- G = 10 DIFFERENTIAL AMPLIFIER
- G = +10 AMPLIFIER
- G = -10 AMPLIFIER
- G = +11 AMPLIFIER
- INSTRUMENTATION AMPLIFIER

DESCRIPTION

The INA106 is a monolithic Gain = 10 differential amplifier consisting of a precision op amp and on-chip metal film resistors. The resistors are laser trimmed for accurate gain and high common-mode rejection. Excellent TCR tracking of the resistors maintains gain accuracy and common-mode rejection over temperature.

The differential amplifier is the foundation of many commonly used circuits. The INA106 provides this precision circuit function without using an expensive resistor network. The INA106 is available in 8-pin plastic DIP and SO-8 surface-mount packages.



SPECIFICATIONS

ELECTRICAL

At $+25^{\circ}\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$, unless otherwise specified.

PARAMETER	CONDITIONS	INA106KP, U			UNITS
		MIN	TYP	MAX	
GAIN	Initial ⁽¹⁾		10		V/V
	Error		0.01	0.025	%
	vs Temperature Nonlinearity ⁽²⁾		-4	0.001	ppm/ $^{\circ}\text{C}$
OUTPUT	Related Voltage		12		V
	Rated Current	$I_O = +20\text{mA}, -5\text{mA}$			mA
	Impedance	$V_O = 10\text{V}$	0.01		Ω
	Current Limit	To Common	+400-10		mA
INPUT	Capacitive Load	Stable Operation	1000		pF
	Impedance	Differential	10		k Ω
Voltage Range	Common-Mode		110		V
	Differential				V
	Common-Mode				V
Common-Mode Rejection ⁽³⁾	$T_A = T_{\text{min}}$ to T_{max}	± 1			k Ω
		± 11			V
		86	100		dB
OFFSET VOLTAGE	Initial		50	200	μV
	vs Temperature		0.2		$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
	vs Supply		1	10	$\mu\text{V}/\text{V}$
	vs Time		1		$\mu\text{V}/\text{mo}$
NOISE VOLTAGE	$f_B = 0.01\text{Hz}$ to 10Hz		1		$\mu\text{V}/\text{p-p}$
	$f_p = 10\text{kHz}$		30		nV/Hz
DYNAMIC RESPONSE	Small Signal		5		MHz
	Full Power BW		50		kHz
	Slew Rate	$V_O = 20\text{V}/\text{p-p}$	3		V/ μs
	Settling Time: 0.1%	$V_O = 10\text{V}$ Step	5		μs
	0.01%	$V_O = 10\text{V}$ Step	10		μs
	0.01%	$V_{\text{CM}} = 10\text{V}$ Step, $V_{\text{DIP}} = 0\text{V}$	5		μs
POWER SUPPLY	Rated		± 15		V
	Quiescent Current	Degraded Performance	± 5	± 18	mA
TEMPERATURE RANGE	Voltage Range	$V_O = 0\text{V}$		± 2	
	Specification				$^{\circ}\text{C}$
	Operation				$^{\circ}\text{C}$
Storage					$^{\circ}\text{C}$
					$^{\circ}\text{C}$

NOTES: (1) Connected as difference amplifier (see Figure 1). (2) Nonlinearity is the maximum peak deviation from the best-fit straight line as a percent of full-scale peak-to-peak output. (3) With zero source impedance (see "Maintaining CMR" section). (4) Includes effects of amplifier's input bias and offset currents. (5) Includes effect of amplifier's input current noise and thermal noise contribution of resistor network.