
Calculatrice autorisée. Fiche recto-verso autorisée. Tout autre document interdit.

Les exercices sont indépendants. Le barème est fourni à titre indicatif.

AMPLI LINEAIRE INTEGRE (ou AOP) : on pourra considérer que les courants d'entrée sont négligeables.

1. Exercice 1 - Pré-amplifier un signal (4 points)

On souhaite réaliser un pré-amplificateur, basé sur des amplificateurs opérationnels (AOP) de type **OP191** (dont une partie de la documentation technique est donnée en annexe) permettant d'amplifier un signal de 27 dB en garantissant une bande-passante de 400 kHz.

1. Rappeler les paramètres importants à prendre en compte pour mettre en oeuvre un amplificateur opérationnel. Rappeler aussi leur signification. Donner les valeurs de ces paramètres pour l'AOP OP191.
 2. Proposer un montage permettant de remplir le cahier des charges précédent.
 3. Quelle sera l'amplitude maximale que pourra alors avoir le signal d'entrée sans déformation du signal de sortie ?
-

2. Exercice 2 - Mesurer une pression (5 points)

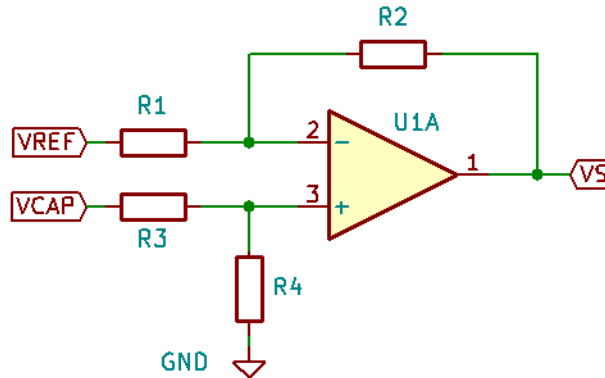
Un industriel a besoin de mesurer la pression d'un fluide à l'intérieur de son système. Pour cela, il souhaite utiliser le capteur analogique de pression de **REV Robotics** dont la documentation technique est passée en annexe.

*On rappelle que le **psi** est une unité de mesure de contrainte et de pression anglo-saxonne (en anglais pound-force per square inch) et que 1 bar correspond à 14.5 psi.*

Il veut pouvoir mesurer des pressions allant de **5 à 10 bars** avec une plage de tensions de sortie qui va de **0 V pour 5 bars à 10 V pour 10 bars**.

1. Quelle est la sensibilité du système que doit développer cet industriel ?
2. Quelle est la loi affine qui lie alors la tension de sortie (en V) à la pression d'entrée (en bar) ?
3. Quelle est la sensibilité du capteur qu'il souhaite utiliser ? (on la ramènera en V/bar) On prendra $V_{CC} = 5\text{ V}$.
4. Quelle est la loi affine qui lie la tension de sortie du capteur (en V) à la pression d'entrée (en psi, puis en bar) ? (toujours pour $V_{CC} = 5\text{ V}$).
5. On souhaite utiliser un système amplificateur pour permettre de répondre au cahier des charges à partir de ce capteur. Quelle amplification doit avoir ce système pour obtenir la bonne sensibilité du système final ?

On propose la structure suivante pour remplir cette tâche.

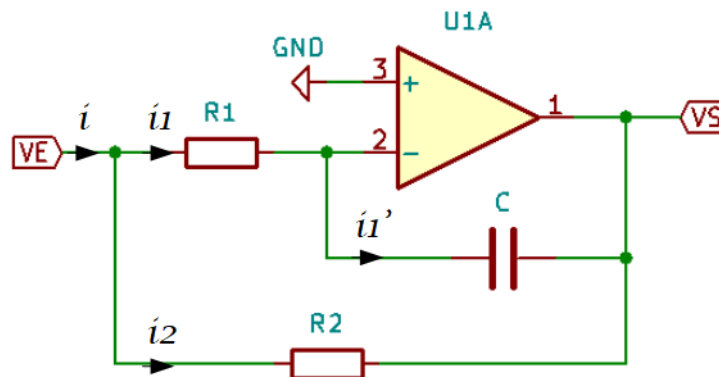


6. Quelle est le lien entre V_S , V_{cap} et V_{ref} ?
7. En prenant $R_1 = R_4$, $R_2 = k \cdot R_1$ et $R_3 = m \cdot R_1$, que devient l'expression précédente ?
8. On prend $V_{REF} = 5$ V. Que doivent valoir les coefficients k et m pour répondre au cahier des charges ?

3. Exercice 3 - Réaliser une inductance sans inductance (4 points)

1. Donner l'impédance complexe équivalente d'une inductance de valeur L en parallèle avec une résistance R .

On s'intéresse à présent au montage suivant :



2. Donner le lien entre les courants i , i_1 et i_2 .
3. Donner le lien entre les courants i_1 et i_1' .
4. Calculer i_2 en fonction des diverses tensions et composants du système.
5. Calculer i_1 en fonction des diverses tensions et composants du système. Calculer ensuite i_1' . Donner alors la relation entre V_S et V_E .
6. Calculer la relation entre i et V_E . Donner alors l'impédance de ce circuit $Z = V_E/i$.
7. Identifier alors les paramètres R et L de la première question en fonction des composants R_1 , R_2 et C .

4. Exercice 4 - Filtrer des composantes fréquentielles (3 points)

Soit 2 filtres actifs alimentés de manière symétrique entre +15 V et -15 V :

- un passe-bas du 5e ordre, de fréquence de coupure de 5 kHz et de gain dans la bande passante de 14 dB ;
- un passe-haut du 3e ordre, de fréquence de coupure de 500 Hz et de gain dans la bande passante de 7 dB.

1. Tracer sur un même graphique la réponse asymptotique en fréquence de ces deux filtres (uniquement en gain).
2. Dans quel ordre est-il préférable de les mettre en cascade pour obtenir un signal en sortie autour de 1kHz ? Tracer alors la réponse asymptotique en fréquence de ce système (sur le même graphique que précédemment - uniquement en gain).

On applique à présent en entrée de cette cascade de filtres le signal suivant :

$$V_e(t) = A * \sin(2 * \pi * f_A t) + B * \sin(\omega_B t) + C * \cos(2 * \pi * f_C t)$$

avec $A = 10$, $B = 10^{-2}$, $C = 2$ et $f_A = 50$ Hz, $\omega_B = 6300$ rd/s, $f_C = 500$ kHz

3. Que vaut alors le signal de sortie ? (calcul des amplitudes des signaux)
-

5. Exercice 5 - Détecter des photons (4 points)

1. Tracer la caractéristique statique d'une photodiode et préciser ce qu'il se passe lorsqu'on approche un signal lumineux de la photodiode.
 2. Proposer un montage permettant de garantir une grande bande-passante électrique.
 3. A l'aide d'une MindMap succincte, rappeler les étapes de conception d'une structure transimpédance, en insistant sur les avantages et les inconvénients de cette structure finale.
-

6. Exercice 6 - Réaliser un système complexe (2 points)

Pour les **étudiants des filières classiques, CFA et IFSBM** :

1. Rappeler en quelques lignes l'objectif de votre projet d'ingénierie en électronique (prévu pour le Semestre 6).
2. Donner le schéma fonctionnel de votre projet. Vous préciserez la nature des différents signaux qui transitent entre chaque bloc fonctionnel.

Pour les **étudiants FIE** :

1. Rappeler en quelques lignes l'objectif de votre projet FIE.
2. Donner le schéma fonctionnel de votre projet. Vous préciserez la nature des différents signaux qui transitent entre chaque bloc fonctionnel.

FEATURES

- Single-supply operation: 2.7 V to 12 V
- Wide input voltage range
- Rail-to-rail output swing
- Low supply current: 300 μ A/amp
- Wide bandwidth: 3 MHz
- Slew rate: 0.5 V/ μ s
- Low offset voltage: 700 μ V
- No phase reversal

APPLICATIONS

- Industrial process control
- Battery-powered instrumentation
- Power supply control and protection
- Telecommunications
- Remote sensors
- Low voltage strain gage amplifiers
- DAC output amplifiers

GENERAL DESCRIPTION

The OP191, OP291, and OP491 are single, dual, and quad micropower, single-supply, 3 MHz bandwidth amplifiers featuring rail-to-rail inputs and outputs. All are guaranteed to operate from a +3 V single supply as well as \pm 5 V dual supplies.

Fabricated on Analog Devices CBCMOS process, the OPx91 family has a unique input stage that allows the input voltage to safely extend 10 V beyond either supply without any phase inversion or latch-up. The output voltage swings to within millivolts of the supplies and continues to sink or source current all the way to the supplies.

Applications for these amplifiers include portable tele-communications equipment, power supply control and protection, and interface for transducers with wide output ranges. Sensors requiring a rail-to-rail input amplifier include Hall effect, piezo electric, and resistive transducers.

Rev. E

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

PIN CONFIGURATIONS

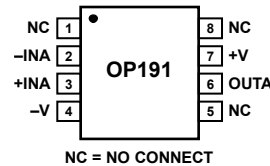


Figure 1. 8-Lead Narrow-Body SOIC

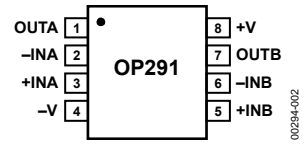


Figure 2. 8-Lead Narrow-Body SOIC

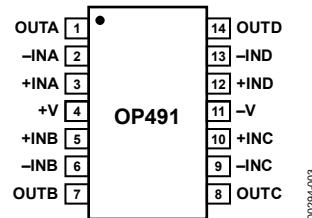


Figure 3. 14-Lead Narrow-Body SOIC

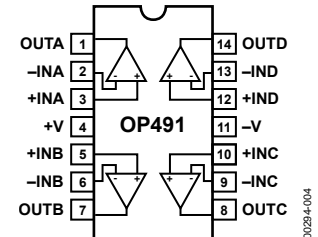


Figure 4. 14-Lead PDIP

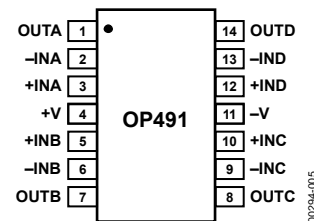


Figure 5. 14-Lead TSSOP

The ability to swing rail-to-rail at both the input and output enables designers to build multistage filters in single-supply systems and to maintain high signal-to-noise ratios.

The OP191/OP291/OP491 are specified over the extended industrial -40°C to $+125^{\circ}\text{C}$ temperature range. The OP191 single and OP291 dual amplifiers are available in 8-lead plastic SOIC surface-mount packages. The OP491 quad is available in a 14-lead PDIP, a narrow 14-lead SOIC package, and a 14-lead TSSOP.

SPECIFICATIONS

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

@ $V_S = 3.0\text{ V}$, $V_{CM} = 0.1\text{ V}$, $V_O = 1.4\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.

Table 1.

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
INPUT CHARACTERISTICS						
Offset Voltage						
OP191G	V_{OS}	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		80	500	μV
OP291G/OP491G	V_{OS}	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		80	700	μV
Input Bias Current	I_B	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		30	65	nA
Input Offset Current	I_{OS}	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		0.1	11	nA
Input Voltage Range			0		3	V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = 0\text{ V to } 2.9\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	70	90		dB
Large Signal Voltage Gain	A_{VO}	$R_L = 10\text{ k}\Omega$, $V_O = 0.3\text{ V to } 2.7\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	65	87		dB
Offset Voltage Drift	$\Delta V_{OS}/\Delta T$			50		V/mV
Bias Current Drift	$\Delta I_B/\Delta T$			1.1		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Offset Current Drift	$\Delta I_{OS}/\Delta T$			100		$\text{pA}/^\circ\text{C}$
				20		$\text{pA}/^\circ\text{C}$
OUTPUT CHARACTERISTICS						
Output Voltage High	V_{OH}	$R_L = 100\text{ k}\Omega$ to GND -40°C to $+125^\circ\text{C}$	2.95	2.99		V
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$ to GND -40°C to $+125^\circ\text{C}$	2.90	2.98		V
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$ to GND -40°C to $+125^\circ\text{C}$	2.8	2.9		V
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$ to GND -40°C to $+125^\circ\text{C}$	2.70	2.80		V
Output Voltage Low	V_{OL}	$R_L = 100\text{ k}\Omega$ to V+ -40°C to $+125^\circ\text{C}$		4.5	10	mV
		$R_L = 100\text{ k}\Omega$ to V+ -40°C to $+125^\circ\text{C}$			35	mV
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$ to V+ -40°C to $+125^\circ\text{C}$		40	75	mV
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$ to V+ -40°C to $+125^\circ\text{C}$			130	mV
Short-Circuit Limit	I_{SC}	Sink/source -40°C to $+125^\circ\text{C}$	± 8.75	± 13.50		mA
			± 6.0	± 10.5		mA
Open-Loop Impedance	Z_{OUT}	$f = 1\text{ MHz}$, $A_V = 1$		200		Ω
POWER SUPPLY						
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = 2.7\text{ V to } 12\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	80	110		dB
			75	110		dB
Supply Current/Amplifier	I_{SY}	$V_O = 0\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		200	350	μA
				330	480	μA
DYNAMIC PERFORMANCE						
Slew Rate	+SR	$R_L = 10\text{ k}\Omega$		0.4		V/ μs
Slew Rate	-SR	$R_L = 10\text{ k}\Omega$		0.4		V/ μs
Full-Power Bandwidth	BW _P	1% distortion		1.2		kHz
Settling Time	t_s	To 0.01%		22		μs
Gain Bandwidth Product	GBP			3		MHz
Phase Margin	θ_o			45		Degrees
Channel Separation	CS	$f = 1\text{ kHz}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$		145		dB
NOISE PERFORMANCE						
Voltage Noise	e_n p-p	0.1 Hz to 10 Hz		2		$\mu\text{V p-p}$
Voltage Noise Density	e_n	$f = 1\text{ kHz}$		30		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Current Noise Density	i_n			0.8		pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Table 4.

Parameter	Rating
Supply Voltage	16 V
Input Voltage	GND to ($V_S + 10$ V)
Differential Input Voltage	7 V
Output Short-Circuit Duration to GND	Indefinite
Storage Temperature Range N, R, RU Packages	-65°C to +150°C
Operating Temperature Range OP191G/OP291G/OP491G	-40°C to +125°C
Junction Temperature Range N, R, RU Packages	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 60 sec)	300°C

Stresses above those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only; functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational section of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Absolute maximum ratings apply to both DICE and packaged parts, unless otherwise noted.

THERMAL RESISTANCE

θ_{JA} is specified for the worst-case conditions; that is, θ_{JA} is specified for device in socket for PDIP packages; θ_{JA} is specified for device soldered in circuit board for TSSOP and SOIC packages.

Table 5. Thermal Resistance

Package Type	θ_{JA}	θ_{JC}	Unit
8-Lead SOIC (R)	158	43	°C/W
14-Lead PDIP (N)	76	33	°C/W
14-Lead SOIC (R)	120	36	°C/W
14-Lead TSSOP (RU)	180	35	°C/W

ESD CAUTION



ESD (electrostatic discharge) sensitive device. Charged devices and circuit boards can discharge without detection. Although this product features patented or proprietary protection circuitry, damage may occur on devices subjected to high energy ESD. Therefore, proper ESD precautions should be taken to avoid performance degradation or loss of functionality.

The REV Robotics Analog Pressure Sensor is a 5V sensor that can measure pressures up to 200 PSI. It outputs an analog voltage that is proportional to the measured pressure.

APPLICATIONS

- Real-time pressure feedback
- Pressure-based decisions
 - Is there enough pressure left for a specific action?
- Determining leak rates
- Prototyping
 - How much pressure does a specific action take?
- Measuring actuation pressure
- Pressure feedback to dashboard

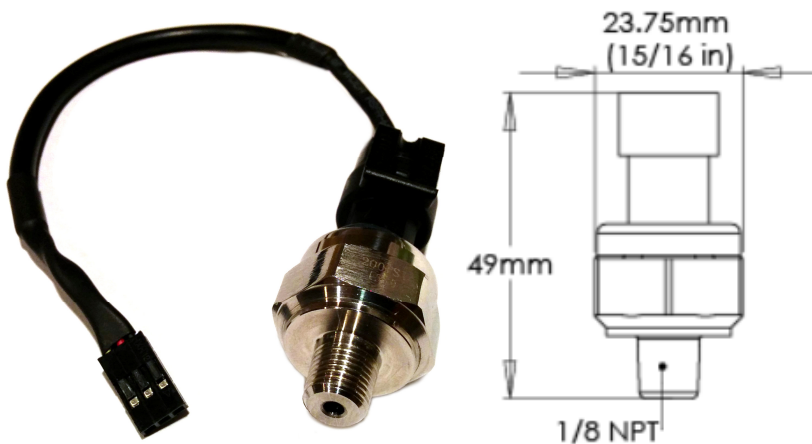
SPECIFICATIONS

Typical Supply Voltage (V_{CC})	5VDC
Output Voltage Range	0.5 - 4.5VDC
Accuracy	1.5%
Response time	$\leq 2.0\text{ms}$
Current Draw	$\leq 10\text{mA}$

V_{OUT} at Pressure (p)	
$V_{OUT} = V_{CC} \times (0.004 \times p + 0.1) \pm 1.5\%$	

Working Pressure Range	0 - 200 PSI
Max Force Pressure	348 PSI
Burst Pressure	725 PSI
Working Temperature	0 - 85°C
Storage Temperature	0 - 100°C
Fitting Thread	NPT 1/8-27
Weight	0.09 lbs

CONNECTION DIAGRAM



CALCULATING PRESSURE

The output voltage of the sensor (V_{OUT}) depends on the supply voltage (V_{CC}) and the pressure (p):

$$V_{OUT} = V_{CC} \times (0.004 \times p + 0.1)$$

Given the output voltage, pressure can be calculated as follows:

$$p = 250 \left(\frac{V_{OUT}}{V_{CC}} \right) - 25$$

It may be helpful to normalize the output voltage against a known pressure since variances in the supply voltage may introduce error. To normalize against a known pressure:

1. Bring the system up to a known pressure (p_0).
2. Measure the sensor's output voltage (V_0).
3. Calculate the normalized supply voltage (V_N):

$$V_N = \frac{V_0}{(0.004 \times p_0 + 0.1)}$$

4. Calculate pressure based on the normalized supply voltage (V_N):

$$p = 250 \left(\frac{V_{OUT}}{V_N} \right) - 25$$