

NOM :

PRENOM :

1. Le Système International repose sur 7 grandeurs de base, fondamentales et indépendantes entre elles.
Indiquer ces 7 grandeurs de base, ainsi que leur unité respective.
2. Quelle grandeur un thermocouple permet-il de mesurer ? Quelle est la grandeur de sortie d'un thermocouple ? Expliquer en quelques lignes le fonctionnement de ce capteur : structure interne et effet(s) physique(s).
3. Donner 2 avantages des chaînes d'acquisition numériques par rapport aux chaînes analogiques. Donner le principal cas d'utilisation pour lequel le choix de l'analogique s'impose encore. Justifier votre réponse.
4. Indiquer 2 différences entre un capteur passif et un capteur actif.
Citer un exemple de capteur pour chacun des 2 types.
5. Faire un schéma annoté d'un capteur de type « composite ».
Dans quel domaine de mesures, les capteurs composites sont-ils très utilisés ?
6. Une partie de la *datasheet* de l'accéléromètre ADXL335 est donnée à la fin de ce document. En utilisant **les données typiques fournies**, répondez aux questions suivantes.
 - (a) L'ADXL335 est-il un capteur analogique ou numérique ? Justifier votre réponse.
 - (b) Quelle est l'étendue de mesure de ce capteur ?
 - (c) Définir l'erreur de non-linéarité. Exprimer cette dernière en mg ($1g \sim 10m/s^2$), pour le capteur étudié.
 - (d) Lors d'une expérience en apesanteur (Airbus A310 Zero G), le signal de sortie du capteur vaut $V_{Z_{out}} = 1,5V$. Est-ce normal ? Justifier votre réponse.
 - (e) Le capteur étant considéré comme parfait, à quelle accélération a_z correspond un signal de sortie de $1,2V$?
 - (f) Le capteur est-il plus « rapide » lors d'une mesure selon l'axe (Ox) ou selon l'axe (Oz) ? Justifier votre réponse.
 - (g) Est-il possible d'utiliser le capteur à $T=100^\circ C$? Développer votre réponse.
 - (h) A $T=35^\circ C$, on place le capteur dans le champ de pesanteur terrestre ($1g$). Quelles sources d'erreur sont à prendre en compte afin d'établir un intervalle de confiance de la mesure ? Calculer l'incertitude (en mg) liée à chaque erreur.
 - (i) Etait-il pertinent de baser les réponses aux questions précédentes sur les valeurs typiques de la *datasheet* ? Justifier votre réponse.

SPECIFICATIONS

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 3\text{ V}$, $C_X = C_Y = C_Z = 0.1\ \mu\text{F}$, acceleration = 0 g, unless otherwise noted. All minimum and maximum specifications are guaranteed. Typical specifications are not guaranteed.

Table 1.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
SENSOR INPUT					
Measurement Range	Each axis	± 3	± 3.6		g
Nonlinearity	% of full scale		± 0.3		%
Package Alignment Error			± 1		Degrees
Interaxis Alignment Error			± 0.1		Degrees
Cross-Axis Sensitivity ¹			± 1		%
SENSITIVITY (RATIOMETRIC)²					
Sensitivity at X_{OUT} , Y_{OUT} , Z_{OUT}	Each axis $V_S = 3\text{ V}$	270	300	330	mV/g
Sensitivity Change Due to Temperature ³	$V_S = 3\text{ V}$		± 0.01		%/°C
ZERO g BIAS LEVEL (RATIOMETRIC)					
0 g Voltage at X_{OUT} , Y_{OUT}	$V_S = 3\text{ V}$	1.35	1.5	1.65	V
0 g Voltage at Z_{OUT}	$V_S = 3\text{ V}$	1.2	1.5	1.8	V
0 g Offset vs. Temperature			± 1		mg/°C
NOISE PERFORMANCE					
Noise Density X_{OUT} , Y_{OUT}			150		$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms
Noise Density Z_{OUT}			300		$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms
FREQUENCY RESPONSE⁴					
Bandwidth X_{OUT} , Y_{OUT} ⁵	No external filter		1600		Hz
Bandwidth Z_{OUT} ⁵	No external filter		550		Hz
R_{FILT} Tolerance			$32 \pm 15\%$		k Ω
Sensor Resonant Frequency			5.5		kHz
SELF-TEST⁶					
Logic Input Low			+0.6		V
Logic Input High			+2.4		V
ST Actuation Current			+60		μA
Output Change at X_{OUT}	Self-Test 0 to Self-Test 1	-150	-325	-600	mV
Output Change at Y_{OUT}	Self-Test 0 to Self-Test 1	+150	+325	+600	mV
Output Change at Z_{OUT}	Self-Test 0 to Self-Test 1	+150	+550	+1000	mV
OUTPUT AMPLIFIER					
Output Swing Low	No load		0.1		V
Output Swing High	No load		2.8		V
POWER SUPPLY					
Operating Voltage Range		1.8		3.6	V
Supply Current	$V_S = 3\text{ V}$		350		μA
Turn-On Time ⁷	No external filter		1		ms
TEMPERATURE					
Operating Temperature Range		-40		+85	°C

¹ Defined as coupling between any two axes.

² Sensitivity is essentially ratiometric to V_S .

³ Defined as the output change from ambient-to-maximum temperature or ambient-to-minimum temperature.

⁴ Actual frequency response controlled by user-supplied external filter capacitors (C_X , C_Y , C_Z).

⁵ Bandwidth with external capacitors = $1/(2 \times \pi \times 32\text{ k}\Omega \times C)$. For C_X , $C_Y = 0.003\ \mu\text{F}$, bandwidth = 1.6 kHz. For $C_Z = 0.01\ \mu\text{F}$, bandwidth = 500 Hz. For C_X , C_Y , $C_Z = 10\ \mu\text{F}$, bandwidth = 0.5 Hz.

⁶ Self-test response changes cubically with V_S .

⁷ Turn-on time is dependent on C_X , C_Y , C_Z and is approximately $160 \times C_X$ or C_Y or $C_Z + 1\text{ ms}$, where C_X , C_Y , C_Z are in microfarads (μF).