UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: FYS3230
Eksamensdag: 11. desember 2009
Tid for eksamen: 9:00 – 12:00
Oppgavesettet er på 2 side(r)
Vedlegg: Utdrag fra datablad for ADXL325 (3 sider)
Tillatte hjelpemidler: Kalkulator, matematisk formelsamling (Rottmann)

Kontroller at oppgavesettet er komplett
før du begynner å besvare spørsmålene.

1. Sensorkarakteristikk

Se på vedlagte datablad for ADXL325, og oppgi typiske verdier for:

a) Full scale input (FSI)
b) Full scale output (FSO)
c) Utgangsimpedans (med C_x=C_y=C_z=0)

2 Båndbredde og egenstøy

Båndbredden for ADXL325 velges ved å koble en kondensator på utgangen (C_x for x utgangen osv).

a) Anslå båndbredden for C_x=5 nF
b) Anslå RMS verdien av egenstøyen for C_x=5 nF
c) Hvordan endrer RMS verdien av egenstøyen seg hvis kondensatoren firedobles fra 5 nF til 20 nF

3 Piezoelektriske materialer

a) Hva er piezoelektrisk effekt?
b) Nevn 2 piezoelektriske materialer.
c) Gi eksempler på hva slags sensorer materialene fra b) egner seg til.

3 Analog til digital omformere

Nevn 3 typer analog til digital omformere.

4 Kapasitive sensorer

I formelen:

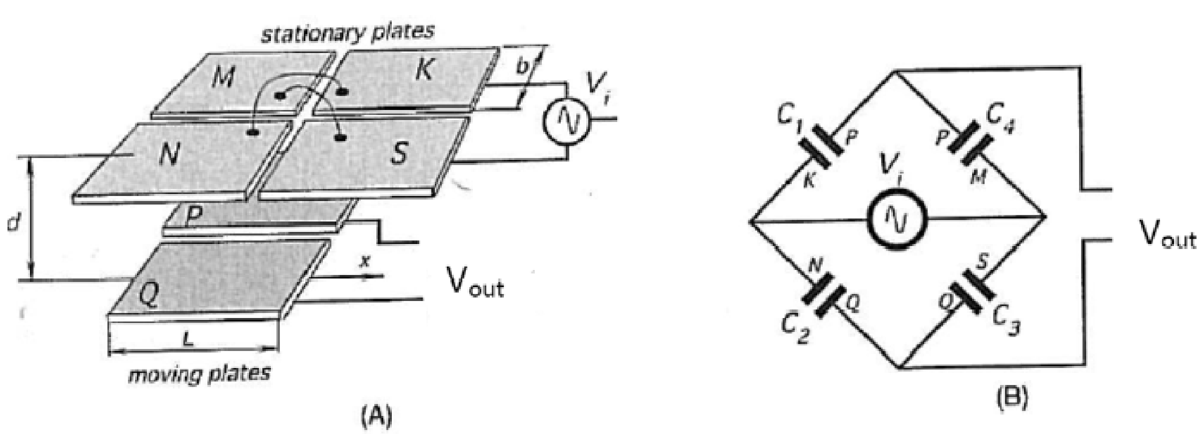
$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d} \qquad (1)$$

angir ε_0=8.85 10^{-12}*farad/m den dielektriske konstanten for vakuum.

a) Hva står de andre symbolene for?
b) Ta utgangspunkt i variablene på høyre side i **(1)** og gi eksempler på fysiske størrelser som kan måles direkte med kapasitivt måleprinsipp.
c) Gi eksempler på to fysiske størrelser som kan måles indirekte med et kapasitivt måleprinsipp.

Figur 1 viser en kapasitiv forskyvningssensor. Anta at platene N og S ligger kant i kant, og at det samme gjelder for M og K. Gå videre ut fra at b=1mm og L=2 mm for alle platene, samt at d=10 µm.

d) Når platene er sentrert (x=0) er $C_1=C_2=C_3=C_4=C_0$. Bestem C_0
e) Hvis man forskyver de nedre platene endrer kapasitansene seg som:
   $C_1(x)=C_3(x)= C_+(x)=C_0+Kx$ og
   $C_2(x)=C_4(x)= C_-(x)=C_0- Kx$
   Bestem K.
f) Sensoren mates med en vekselspenning med 1 V amplitude. Finn sensorens følsomhet.
g) Spiller det noen rolle hvilken frekvens sensoren mates med? (Begrunn svaret).



Figur 1. Illustrasjon av den fysiske oppbyggingen (A) og koblingsskjema (B) for en kapasitiv forskyvningssensor.

ANALOG DEVICES

Small, Low Power, 3-Axis ±5 *g* Accelerometer

ADXL325

FEATURES

3-axis sensing
Small, low profile package
4 mm × 4 mm × 1.45 mm LFCSP
Low power: 350 μA typical
Single-supply operation: 1.8 V to 3.6 V
10,000 *g* shock survival
Excellent temperature stability
Bandwidth adjustment with a single capacitor per axis
RoHS/WEEE lead-free compliant

APPLICATIONS

Cost-sensitive, low power, motion- and tilt-sensing applications
Mobile devices
Gaming systems
Disk drive protection
Image stabilization
Sports and health devices

GENERAL DESCRIPTION

The ADXL325 is a small, low power, complete 3-axis accelerometer with signal conditioned voltage outputs. The product measures acceleration with a minimum full-scale range of ±5 *g*. It can measure the static acceleration of gravity in tilt-sensing applications, as well as dynamic acceleration, resulting from motion, shock, or vibration.

The user selects the bandwidth of the accelerometer using the C_X, C_Y, and C_Z capacitors at the X_{OUT}, Y_{OUT}, and Z_{OUT} pins. Bandwidths can be selected to suit the application with a range of 0.5 Hz to 1600 Hz for X and Y axes and a range of 0.5 Hz to 550 Hz for the Z axis.

The ADXL325 is available in a small, low profile, 4 mm × 4 mm × 1.45 mm, 16-lead, plastic lead frame chip scale package (LFCSP_LQ).

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

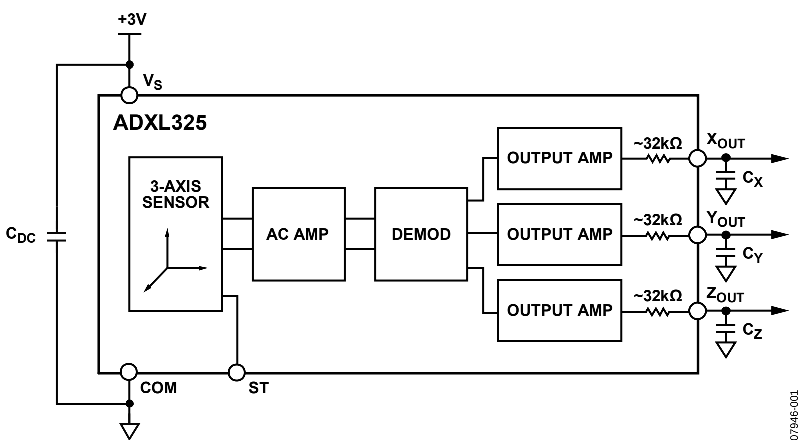


Figure 1.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700 **www.analog.com**
Fax: 781.461.3113

TABLE OF CONTENTS

REVISION HISTORY

8/09—Revision 0: Initial Version

SPECIFICATIONS

T_A = 25°C, V_S = 3 V, C_X = C_Y = C_Z = 0.1 µF, 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	Each axis				
Measurement Range		±5	±6		*g*
Nonlinearity	Percent of full scale		±0.2		%
Package Alignment Error			±1		Degrees
Interaxis Alignment Error			±0.1		Degrees
Cross-Axis Sensitivity[1]			±1		%
SENSITIVITY (RATIOMETRIC)[2]	Each axis				
Sensitivity at X_{OUT}, Y_{OUT}, Z_{OUT}	V_S = 3 V	156	174	192	mV/*g*
Sensitivity Change Due to Temperature[3]	V_S = 3 V		±0.01		%/°C
ZERO *g* BIAS LEVEL (RATIOMETRIC)					
0 *g* Voltage at X_{OUT}, Y_{OUT}, Z_{OUT}	V_S = 3 V	1.3	1.5	1.7	V
0 *g* Offset vs. Temperature			±1		m*g*/°C
NOISE PERFORMANCE					
Noise Density X_{OUT}, Y_{OUT}, Z_{OUT}			250		µ*g*/√Hz rms
FREQUENCY RESPONSE[4]					
Bandwidth X_{OUT}, Y_{OUT}[5]	No external filter		1600		Hz
Bandwidth Z_{OUT}[5]	No external filter		550		Hz
R_{FILT} Tolerance			32 ± 15%		kΩ
Sensor Resonant Frequency			5.5		kHz
SELF TEST[6]					
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 1	−90	−190	−350	mV
Output Change at Y_{OUT}	Self test 0 to 1	+90	+190	+350	mV
Output Change at Z_{OUT}	Self test 0 to 1	+90	+320	+580	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 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).