

Tentamen i Krets- och mätteknik, fk - ETEF15

Institutionen för elektro- och informationsteknik
LTH, Lund University

2017-10-27
8.00 - 13.00

Uppgifterna i tentamen ger totalt 60. Uppgifterna är inte ordnade på något speciellt sätt. Läs därför igenom alla uppgifter innan du börjar lösa dem. Några uppgifter är uppdelade i deluppgifter. Av totalt 60 möjliga poäng fordras minst 30 för godkänt.

Tillåtna hjälpmedel:

- Formelsamling i krets- och mätteknik
- Räknare (enkel, utan kommunikation)

Observera!

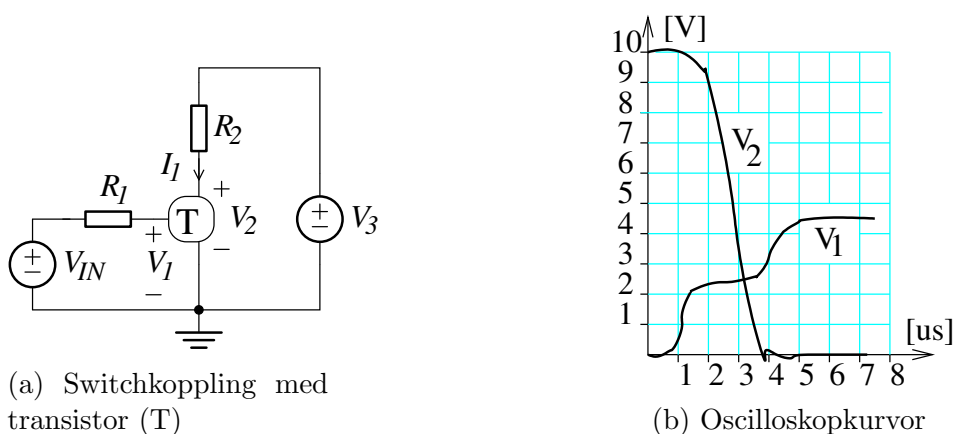
- För att rättning av lösning skall komma i fråga fordras att den är läslig samt klart och tydligt uppställd.
- Glöm inte att skriva logo och ID-kod på alla blad.

Lycka till!
Bertil Larsson

1. En givare med differentiell utsignal ansluts till kanal 1 (AI+/AI-) på en ingångsmodul, WAGO 750-452, med data enligt databladet sist i häftet. Med hjälp av databladet ska följande frågor besvaras.

- Vilket insignalområde kan mätas, värde och enhet. (1 p)
- Ge ett värde på den minsta ändring i insignalen som kan mätas (upplösningen) (3 p)
- Med vilken noggrannhet kan insignalen mätas och hur många bitar motsvarar det? (3 p)
- Vilken är de största tillåtna inspänning som ingångarna är specificerad för? (1 p)
- Vad är den teoretiskt högsta frekvens som kan hanteras med modulen? (2 p)
- 1) Modulen mäter med differentiell ingång relativt jord (GND).
2) Skärmad kabel där skärmen ansluts till 'Shield' ska användas.
Beskriv vad som uppnås, och varför, med dessa två sätt. (2 p)

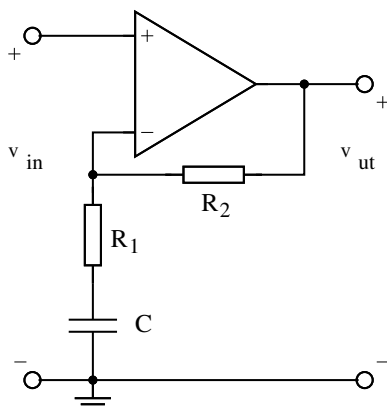
2. Figur 1 visar en switchkoppling med en transistor (T). I figur 1b finns uppmätta kurvor för kopplingen. V_3 är en källa med konstant spänning och V_{IN} är en spänningskälla som ger insignal till kopplingen.



Figur 1: En transistorswitch med tidsgraf

- Två transistortyper har tagits upp i kursen, BJT och MOS. Vilken typ är det som visas i exemplet? (1 p)
- Ge ett uttryck för maximala värdet på I_1 i figur 1a (1 p)
- Vad är V_{IN} och V_3 vid tiden $6\mu s$? (2 p)
- Vilken stigtid, t_r , har strömmen I_1 ? (2 p)
- Skriv upp ekvationen för I_1 som funktion av V_1 för transistoren. (2 p)
- För vilka tider är transistoren bottnad respektive strypt? (2 p)
- Nämn något sätt att förkorta omslaget för transistoren i figur 1a (1 p)

3. En differentzialförstärkare med OP har $CMRR = 60dB$, förstärkningen $A_{DM} = 10$ och inspänningarna $v_1 = 3.045V$ respektive $v_2 = 3.055V$.
- Ange v_{DM} och v_{CM} (2 p)
 - Vilket A_{CM} har förstärkaren? (3 p)
 - Vad blir utsignalen, v_{ut} , från förstärkaren? (3 p)
 - Nämn två fördelar med instrumentförstärkaren jämfört med differentzialförstärkaren med en OP (2 p)
4. En belastning bestående av ett R och ett L kopplade i serie ansluts mellan en fas och nollan i ett trefasnät med huvudspänningen $400V_{ac}$ och frekvensen $50Hz$.
 $R = 100\Omega$ och $L = 1H$.
- Beräkna effektivvärdet av strömmen, $|I_e|$, i komponenterna. (2 p)
 - Beräkna den aktiva och den reaktiva effekten, P och Q , samt effektfaktorn $\cos \varphi$ i kopplingen. (3 p)
 - I lab kopplas kretsen upp och ger vid mätning följande: $P = 67.8W$, $|I_e| = 0.75A$. Beräkna de verkliga värdena på R och L om spänningen anses densamma som i 4a och 4b. (5 p)
5. En OPkoppling visas i figur 2. $R_2 = 99R_1$. Ideal OP.



Figur 2: Filterkoppling med OP

- Bestäm överföringsfunktionen, $H(j\omega)$, för kopplingen (3 p)
 - Rita bodediagrammen för kopplingen. Ange skalor på axlarna. Diagramblad finns sist i häftet. (6 p)
 - Vad är kopplingens förstärkning och fasvridning vid likspänning respektive vid mycket höga frekvenser? (2 p)
6. Vid all konstruktion eller modifiering av maskiner ska hänsyn tas till gällande bestämmelser.
- Redan i början av konstruktionsarbetet ska risker vid användandet av en produkt bedömas för att sedan elimineras eller begränsas. Lista i prioritetsordning minst tre sätt att minimera risker. (3 p)
 - Beskriv med egna ord något om vart och ett av följande uttryck: Direktiv, Harmoniserad standard och CE-märkning. (3 p)

2-Channel Analog Input Module 0/4-20 mA

Differential inputs

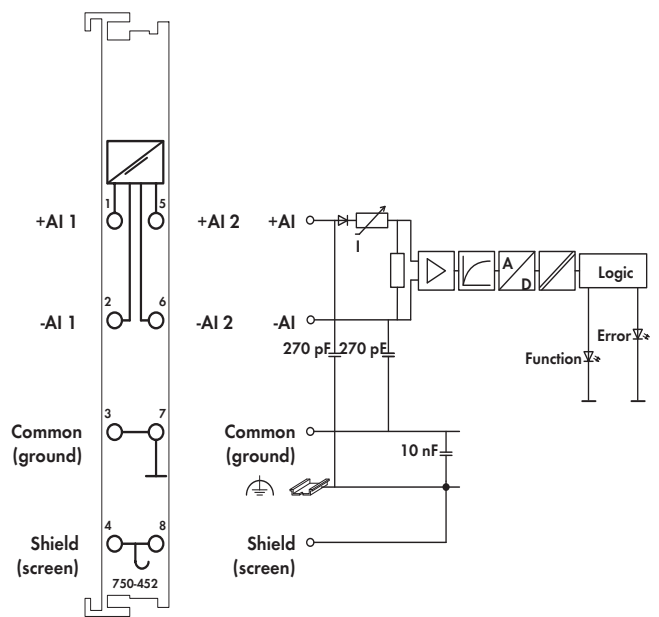
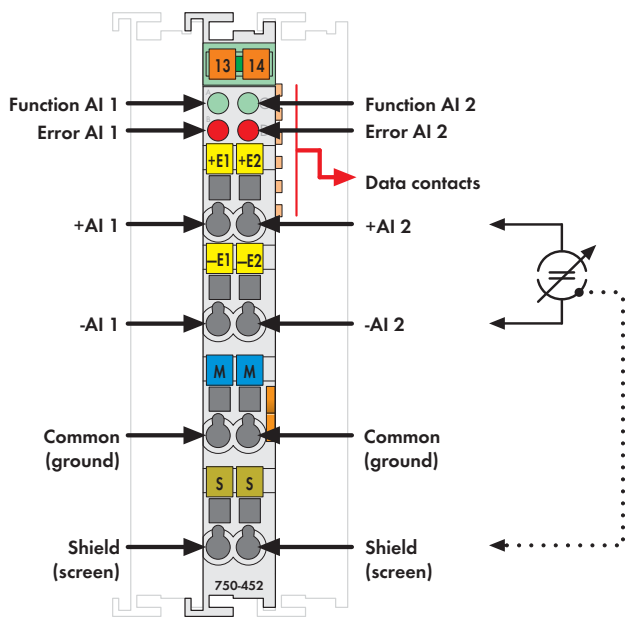


Fig. 750 Series
Delivered without miniature WSB markers

The analog input module receives signals with standardized values of 0-20mA and 4-20mA.

The input channels are differential inputs.

The input signal is electrically isolated and will be transmitted with a resolution of 12 bits.

The shield (screen) is directly connected to the DIN rail.

The internal system supply (via the data bus contacts) is used for the power supply of the module.

Description	Item No.	Pack. Unit
2AI 0-20mA Diff.	750-452	1
2AI 4-20mA Diff.	750-454	1
2AI 0-20mA Diff./S5 ¹⁾	750-452/000-200	1
2AI 4-20mA Diff./EM	750-454/000-003	1
2AI 4-20mA Diff./EM/T	750-454/025-003	1
Extended temperature range: -20 °C ... +60 °C		
2AI 4-20mA Diff./S5 ¹⁾	750-454/000-200	1
2AI 4-20mA Diff./T	750-454/025-000	1
2AI 0-20mA Diff. (without connector)	753-452	1
2AI 4-20mA Diff. (without connector)	753-454	1
Extended temperature range: -20 °C ... +60 °C		

¹⁾ Data format for S5 control with FB 251

Accessories	Item No.	Pack. Unit
 753 Series Connectors	753-110	25
 Coding elements	753-150	100
Miniature WSB Quick marking system		
 plain	248-501	5
with marking	see Section 11	

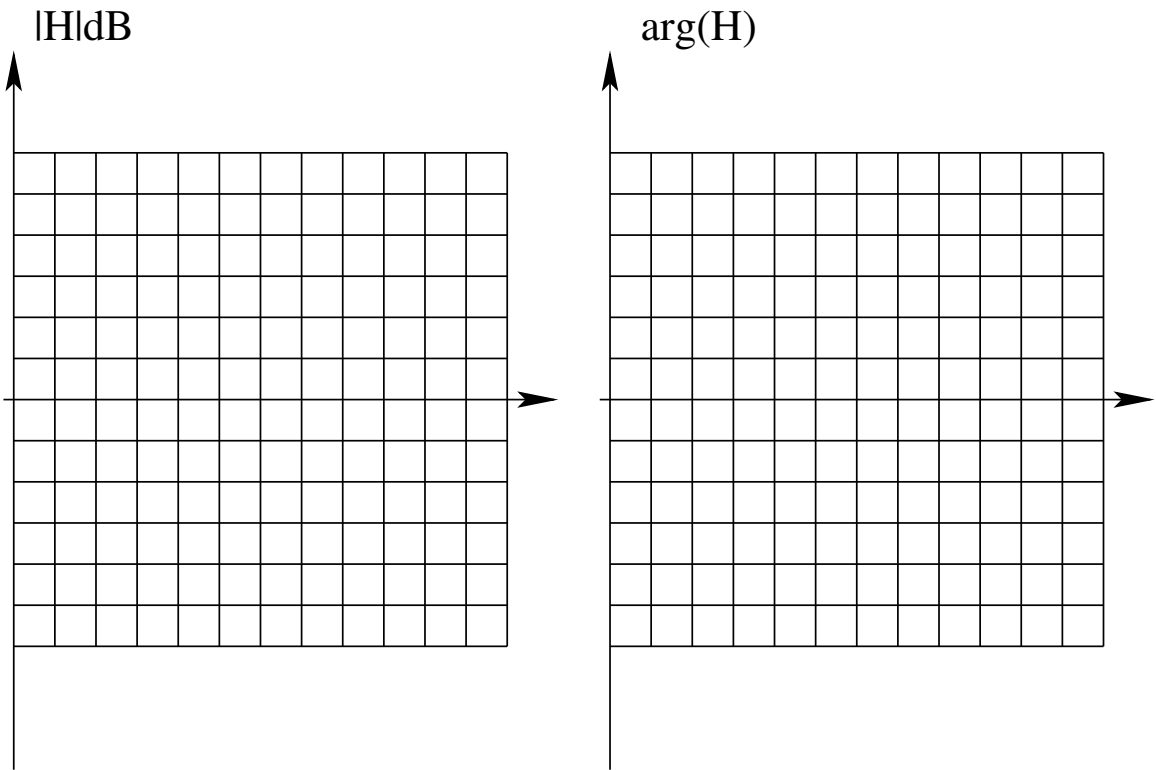
Approvals	
Conformity marking	CE
Korea Certification	KCC ¹⁾
Marine applications (versions upon request)	ABS, BV, DNV, GL, KR, LR, NKK, PRS, RINA
UL 508	
ANSI/ISA 12.12.01	Class I, Div. 2, Grp. ABCD, T4
TÜV 07 ATEX 554086 X	I M2 Ex d I Mb, II 3 G Ex nA IIC T4 Gc, II 3 D Ex tc IIIC T135°C Dc
IECEx TUN 09.0001 X	Ex d I Mb, Ex nA IIC T4 Gc, Ex tc IIIC T135°C Dc

¹⁾ Does not apply to 750-454/000-003, .../025-003

Technical Data	
Number of inputs	2
Power supply	via system voltage DC/DC
Current consumption typ. (internal)	70 mA
Common mode voltage (max.)	35 V DC
Signal current	0 - 20mA (750-452 / 753-452) 4 - 20mA (750-454 / 753-454) 3.8 mA ... 20.5 mA (750-454/...-003)
Input resistance	< 220 Ω / 20 mA
Resolution	12 bits
Conversion time (typ.)	2 ms
Measuring error (25 °C)	< ± 0.2 % of the full scale value
Temperature coefficient	< ± 0.01 % / K of the full scale value
Isolation	500 V system/supply
Bit width	2 x 16 bits data 2 x 8 bits control/status (optional)
Wire connection	CAGE CLAMP®
Cross sections	0.08 mm² ... 2.5 mm² / AWG 28 ... 14
Strip lengths, 750/753 Series	8 ... 9 mm / 0.33 in 9 ... 10 mm / 0.37 in
Width	12 mm
Weight	51 g
EMC immunity of interference	acc. to EN 61000-6-2, marine applications
EMC emission of interference	acc. to EN 61000-6-4, marine applications

Diagramblad till uppgift 5

ID-kod



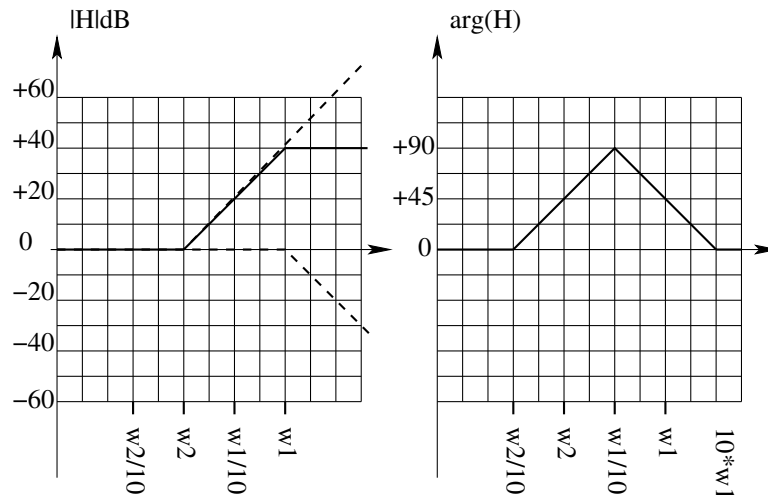
1 Svar

- 1a Insignalområde 0 – 20mA, strömmätning.
- 1b Upplösningen är maxvärdet delat med antalet nivåer. $\Delta I = 0.020/2^{12} = 4.88\mu A$
- 1c Mätnoggrannheten är specificerad till 0.02%, vilket ger ett fel på $0.020 \cdot 0.02 = 40\mu A$. $0.000040/0.020 = 0.002 = 1/500$ Den effektiva upplösningen är alltså just under 9 bitar ($1/2^9 = 0.00195$).
- 1d Maximal common mode-spänning är 35V.
- 1e Vikning (aliasing) är att signaler med högre frekvens viks in i den bandbredd som signalen har. Detta beror på att samplingsfrekvensen inte är tillräckligt hög. $f_{sample} > 2 * f_{max,signal\text{frekvens}}$. Omvandlingstiden är 2ms d.v.s. den effektiva samplingsfrekvensen är $1/2ms = 500Hz$. Den teoretiskt maximala frekvens som kan mätas är då hälften så stor, $f_{max,signal\text{frekvens}} = 250Hz$
- 1f Differentiell ingång kan reducera störningar som kommer in lika mycket på ledningarna. Vid subtraktionen försvinner det mesta då. Skärmning är främst till för att minska påverkan från yttre elektriska fält.
- 2a Kurvan för V_1 visar att det är fråga om en MOS-transistor. V_{TR} är ca 2.5V. En BJT hade stannat på 0.6V
- 2b $I_{1,max} = V_3/R_2$
- 2c $V_{IN} = V_1 = 4.5V$ eftersom det inte går ström i gaten och $V_3 = 10V$. V_3 är konstant och vid $0\mu s$ ligger hela V_3 över transistorn = V_2
- 2d Stigtiden för I_1 är falltiden för V_2 . 90% till 10% är från 2 till 3.5 μs d.v.s. $t_r = 1.5\mu s$
- 2e $I_D = k(V_{GS} - V_{TR})^2$
- 2f Strypt från 0 till 1 μs . Bottnad efter 4 μs .
- 2g Genom att minska R_1 eller parallellkoppla R_1 med en kondensator, enligt lab 2.
- 3a $v_{DM} = 3.055 - 3.045 = 0.01V$ och $v_{CM} = (3.055 + 3.045)/2 = 3.050$
- 3b $CMRR = A_{DM}/A_{CM}$. $CMRR = 60dB \rightarrow CMRR = 1000$. $A_{CM} = 10/1000 = 0.01$
- 3c $v_{ut} = A_{DM}v_{DM} + A_{CM}v_{CM} = 10 * (3.055 - 3.045) + 0.01 * (3.055 + 3.045)/2 = 0.1305V$
- 3d Instrumentförstärkaren har, jämfört med differentialförstärkaren med en OP, högre och lika inresistans på de båda ingångarna, bättre $CMRR$ samt förstärkningen ställbar med endast en resistor.
- 4a $|I_e| = 400/(\sqrt{3}\sqrt{100^2 + (2\pi 50 \cdot 1)^2}) = 0.7A$
- 4b $S = P + jQ = UI^* = |U|^2/Z^* = U^2 \cdot (R + j\omega L)/(R^2 + (2\pi 50 \cdot L)^2)$
 $|S| = (400/\sqrt{3})^2/\sqrt{100^2 + (2\pi 50 \cdot 1)^2} = 161.8$
 $P = U^2 \cdot R/(R^2 + (2\pi 50 \cdot L)^2) = (400/\sqrt{3})^2 \cdot 100/(100^2 + (2\pi 50 \cdot 1)^2) = 49W$
och $Q = U^2 \cdot \omega L/(R^2 + (2\pi 50 \cdot L)^2) = (400/\sqrt{3})^2 \cdot (2\pi 50 \cdot 1)/(100^2 + (2\pi 50 \cdot 1)^2) = 154VAR$.
 $\cos \varphi = P/|S| = 49/161.8 = 0.3$

$$\begin{aligned}
4c \quad P &= R|I_e|^2 \Rightarrow R = P/|I_e|^2 = 67.8/(0.75)^2 = 120.5\Omega \\
|I_e| &= 400/(\sqrt{3} \cdot \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}) \Rightarrow R^2 + (\omega L)^2 = [400/(\sqrt{3} \cdot |I_e|)]^2 \\
L &= \frac{1}{\omega} \sqrt{[400/(\sqrt{3} \cdot |I_e|)]^2 - R^2} = 0.9H
\end{aligned}$$

$$5a \quad H(j\omega) = 1 + R_2/Z_1 = 1 + R_2/(R_1 + 1/j\omega C) = \frac{R_1 + R_2 + 1/j\omega C}{R_1 + 1/j\omega C} = \frac{1 + j\omega(R_1 + R_2)C}{1 + j\omega R_1 C}$$

$$5b \quad \omega_1 = 1/(R_1 C), \omega_2 = 1/((R_1 + R_2)C) = \omega_1/100$$



Figur 3: Bodediagram för OPkopplingen

5c Vid likspänning är förstärkningen 1 och vid höga frekvenser är den 100. Fäsvridningen är i båda fallen 0 grader.

6a I ordning är det: 1) Konstruera bort risken, 2) flytta arbetet ut från riskområdet, 3) använd skydd och 4) varna med skyltar, ljud och ljus.

6b EU-direktiv är en generell beskrivning av vad EU-länderna ska uppfylla för krav, t.ex. vad gäller störningar (EMC) eller maskinsäkerhet. Direktiv utfärdas av EU där alla EU-länder är representerade.

En harmoniserad standard är en nationell standard som uppfyller ett EU-direktiv, d.v.s. hur landet tolkar direktivet. En apparat får säljas i hela EU om den uppfyller ett lands harmoniserade standard. Den nationella (harmoniserade) standarden ansvarar varje lands standardiseringsinstitut för.

CE-märkning är 'declaration of conformity' d.v.s. varje produkt som marknadsförs i EU ska ha ett intyg där tillverkaren garanterar att produkten uppfyller EU-direktiven genom alla relevanta standarder för en sådan produkt inom EU. Det är upp till tillverkaren/(försäljningsorganisationen vid import) att upprätta denna dokumentation och att genomföra alla tester nödvändiga för att uppfylla direktiven.