

Tentamen i Elektronik - ETIA01

Institutionen för elektro- och informationsteknik
LTH, Lund University

2015-06-03
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:

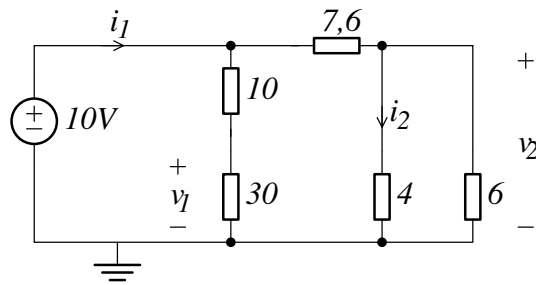
- Formelsamling i kretsteknik
- Räknare

Observera!

- För att rättning av lösning skall komma i fråga ska den vara läslig samt klart och tydligt uppställd.
- Glöm inte att skriva namn och personnummer på alla blad.

Lycka till!

1. Nätet i figur 1 ska undersökas.



Figur 1: Nät med likspänningskälla

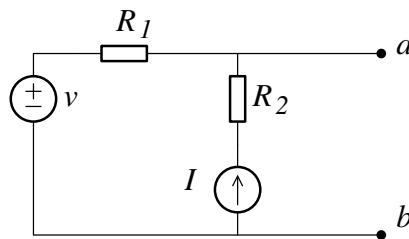
(a) Beräkna V_1 och V_2

(6 p)

(b) Beräkna i_1 och i_2

(6 p)

2. Nätet i figur 2 ska ersättas med en Theveninekvivalent i nodparet a-b.



Figur 2: Nät som ska ersättas med Theveninekvivalent

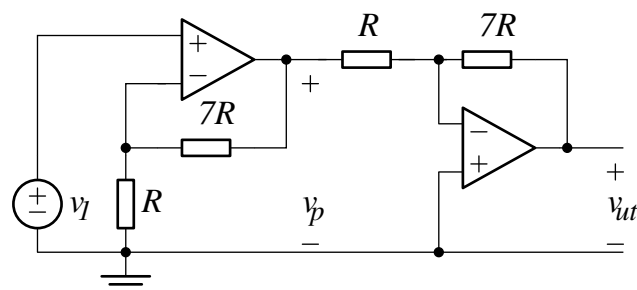
(a) Bestäm Theveninekvivalenten i nodparet a-b i figuren

(4 p)

(b) En resistor med värdet R_1 ansluts till nodparet a-b. Ge ett uttryck för strömmen i den resistorn?

(3 p)

3. Kopplingen nedan består av två stycken OPförstärkare. Du får anta att det är ideala OP.



Figur 3: En OPkoppling

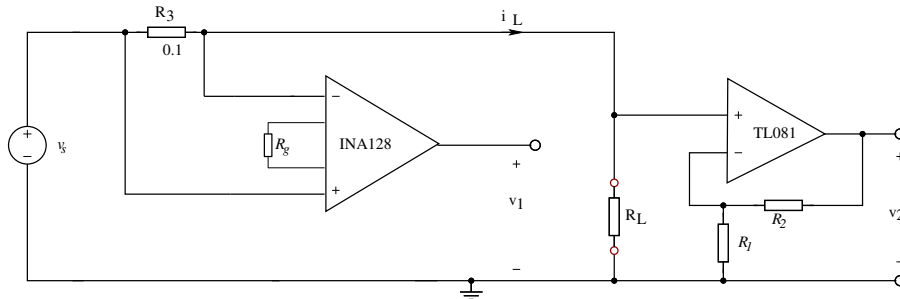
(a) Bestäm v_p (relativt jord) som funktion av v_1

(5 p)

(b) Bestäm v_{ut} som funktion av v_1 .

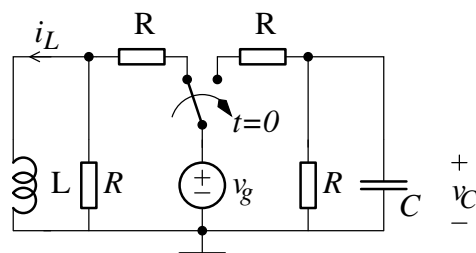
(5 p)

4. I figur 4 är R_L en belastning som är kopplad till källan v_s . Man vill övervaka vad som händer i R_L och gör därför två mätningar som resulterar i spänningarna v_1 och v_2 . Dessa två ut signaler, v_1 och v_2 , kopplas till var sin 10-bitars AD-omvandlare med insignalområdet $\pm 5V$. INA128 är en instrumentförstärkare enligt bifogat datablad och TL081 är en vanlig OP (båda kan anses ideala). $v_s = 2 \sin(2\pi 50t)V$, $R_3 = 0,1\Omega$ och $R_L = 50\Omega$.



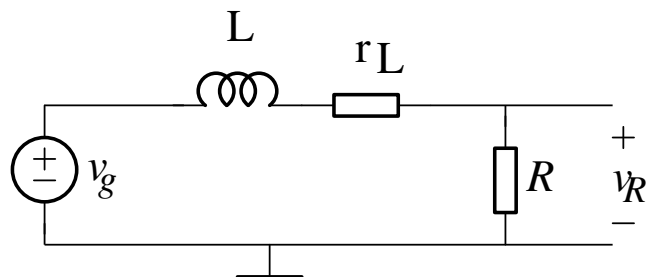
Figur 4: En mätuppkoppling

- Med INA128 och TL081 gör man två olika mätningar. Vad är det man mäter i R_L som ger utsignalerna v_1 och v_2 ? (2 p)
 - Dimensionera R_g så att v_1 får amplituden $4V$ (2 p)
 - Dimensionera R_1 och R_2 så att v_2 får amplituden $4V$ (R_3 får sättas till 0 här) (2 p)
 - Beskriv vad vikning (aliasing) är och hur man undviker det. (1 p)
 - Vilken är den minsta samplingsfrekvens som måste specificeras? (1 p)
 - Vilken är den minsta spänningsändring som som kan mätas med AD-omvandlarna? (2 p)
 - INA128 har CMRR på 120dB. Förklara CMRR med ord eller uttryck (1 p)
5. Figur 5 visar en koppling med en likspänningskälla v_g . Brytaren har varit i det utritade läget under lång tid. Vid tiden $t = 0$ byter strömbrytaren läge från vänster till höger. Beteckningen (0-) betyder spänningen/strömmen strax innan brytaren byter läge och (0+) betyder spänningen/strömmen strax efter brytaren bytt läge.

Figur 5: Nät där strömbrytaren byter läge vid tiden $t = 0$

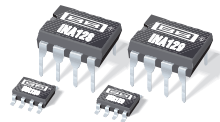
- Vad är strömmen $i_L(0-)$? (2 p)
- Vad är spänningen $v_C(0-)$? (2 p)
- Vad är strömmen $i_L(0+)$? (2 p)
- Vad är spänningen $v_C(0+)$? (2 p)
- Visa en ekvation, med givna storheter, för $v_C(t)$ för tiden $t > 0$? (2 p)

6. Figur 6 visar ett LR-nät med överföringsfunktionen $H(j\omega)$. Insignalen v_g är en ideal växelspänningskälla med varierbar frekvens och utsignalen är v_R . Spolen L är av dålig kvalite vilket visar sig som en serieresistans r_L . En mätning ger att $r_L = 9R$.



Figur 6: Ett filter

- (a) Bestäm överföringsfunktionen $H(j\omega) = \frac{V_R}{V_g}$. Vilken typ av filter är det? (4 p)
- (b) Rita BODEdiagrammen för H . Komponenterna är valda så att brytpunkten, $\omega_b = 1 \text{krad/s}$. Diagramblad finns sist i tentamenshäftet. (4 p)
- (c) En mätsignal, $v_s(t)$ med $R_s = 0$, ersätter v_g . Signalen innehåller de tre frekvenserna $v_s(t) = \sin(0.1\omega_b t) + 2 \sin(\omega_b t) + 3 \sin(10\omega_b t)$. Vilken amplitud och fasvridning har de tre frekvenserna i $v_R(t)$? (2 p)



Precision, Low Power INSTRUMENTATION AMPLIFIERS

FEATURES

- **LOW OFFSET VOLTAGE:** 50µV max
- **LOW DRIFT:** 0.5µV/°C max
- **LOW INPUT BIAS CURRENT:** 5nA max
- **HIGH CMR:** 120dB min
- **INPUTS PROTECTED TO ±40V**
- **WIDE SUPPLY RANGE:** ±2.25V to ±18V
- **LOW QUIESCENT CURRENT:** 700µA
- **8-PIN PLASTIC DIP, SO-8**

APPLICATIONS

- **BRIDGE AMPLIFIER**
- **THERMOCOUPLE AMPLIFIER**
- **RTD SENSOR AMPLIFIER**
- **MEDICAL INSTRUMENTATION**
- **DATA ACQUISITION**

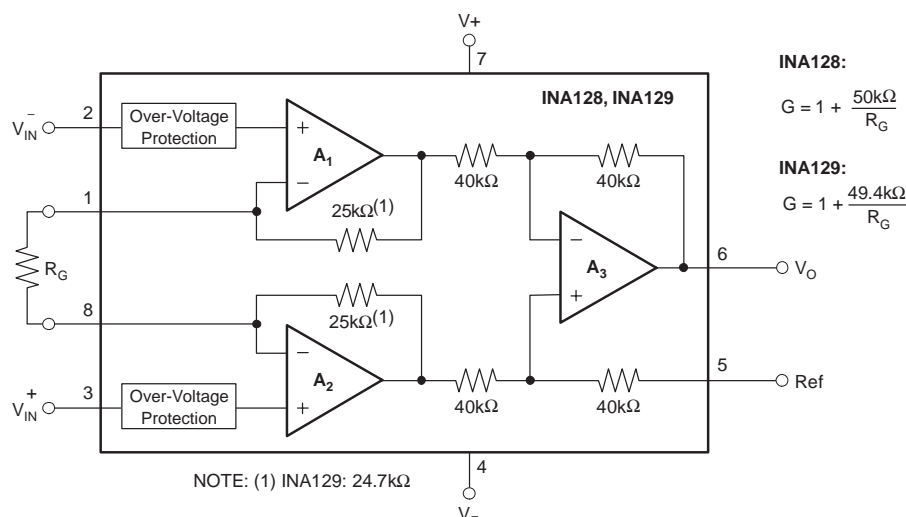
DESCRIPTION

The INA128 and INA129 are low power, general purpose instrumentation amplifiers offering excellent accuracy. The versatile 3-op amp design and small size make them ideal for a wide range of applications. Current-feedback input circuitry provides wide bandwidth even at high gain (200kHz at G = 100).

A single external resistor sets any gain from 1 to 10,000. The INA128 provides an industry-standard gain equation; the INA129 gain equation is compatible with the AD620.

The INA128/INA129 is laser trimmed for very low offset voltage (50µV), drift (0.5µV/°C) and high common-mode rejection (120dB at G ≥ 100). It operates with power supplies as low as ±2.25V, and quiescent current is only 700µA—ideal for battery-operated systems. Internal input protection can withstand up to ±40V without damage.

The INA128/INA129 is available in 8-pin plastic DIP and SO-8 surface-mount packages, specified for the –40°C to +85°C temperature range. The INA128 is also available in a dual configuration, the INA2128.



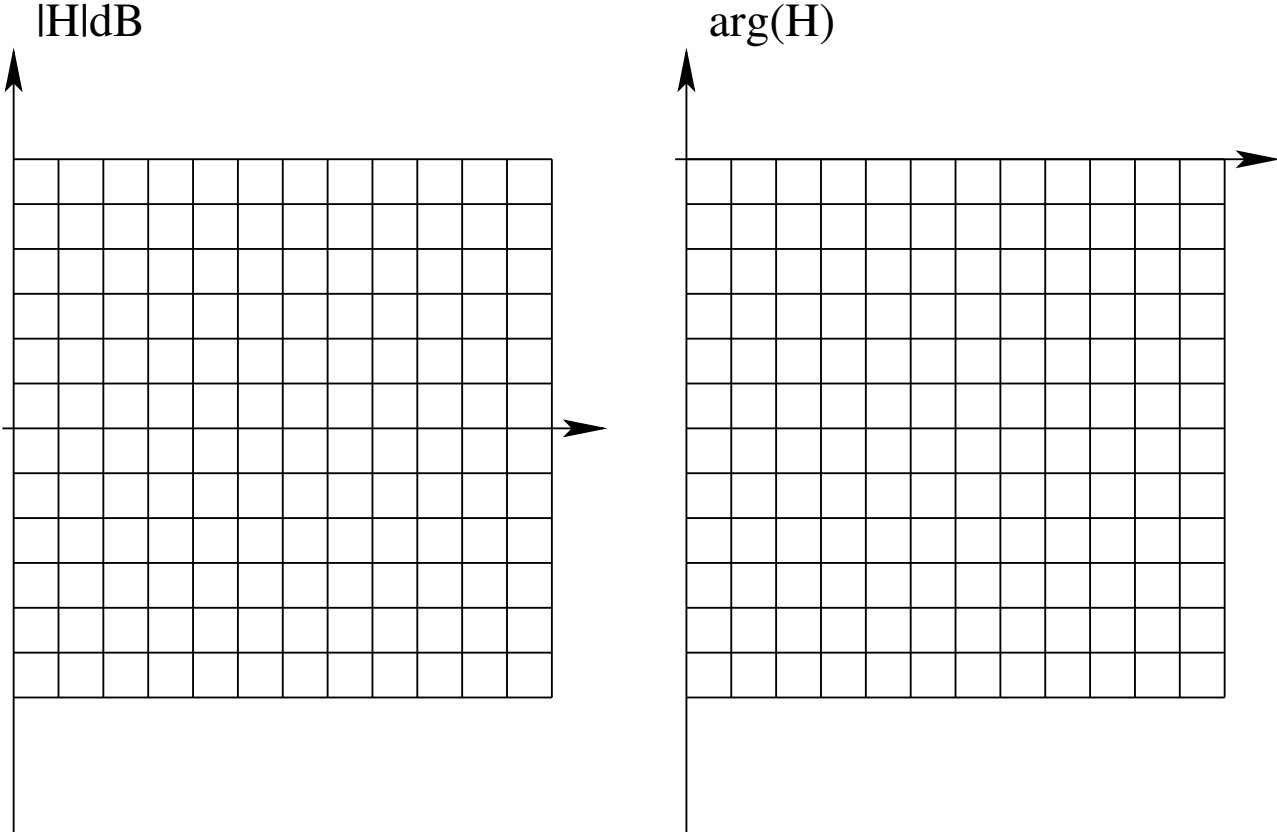
Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

All trademarks are the property of their respective owners.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Namn:.....

Figur till uppgift 6



$$1a \quad V_1 = \frac{30}{30+10} * 10 = 7,5V, \quad V_2 = \frac{\frac{4*6}{4+6}}{\frac{4*6}{4+6}+7,6} * 10 = 2,4V$$

$$1b \quad R_{eq} = 40 \parallel (7,6 + 2,4) = 8\Omega. \quad i_1 = \frac{10}{8} = 1,25A, \quad i_2 = \frac{2,4V}{4\Omega} = 0,6A$$

$$2a \quad V_{TH} = v + R_1 * I \text{ och } R_{TH} = R_1$$

$$2b \quad I = \frac{V_{TH}}{R_1 + R_{TH}} = \frac{v + R_1 * I}{2R_1} = \frac{v}{2R_1} + \frac{I}{2}$$

$$3a \quad \text{Icke inverterande spänningsförstärkare med förstärkningen } A_1 = 1 + \frac{7R}{R} = 8. \quad v_p = 8v_1$$

$$3b \quad \text{Inverterande spänningsförstärkare med förstärkningen } A_2 = -\frac{7R}{R} = -7 \text{ följer efter } v_p. \\ \text{Förstärkning totalt } A = A_1 \cdot A_2 = -56. \quad v_{ut} = -56v_1$$

$$4a \quad \text{INA128 mäter strömmen i } R_L. \text{ Spänningen över } R_3 \text{ beror på strömmen i } R_L (v_{R_3} = I_L * R_3). \text{ TL081 är kopplad som spänningsförstärkare och mäter spänningen över } R_L$$

$$4b \quad \text{Strömmen i } R_L \text{ blir maximalt } 2V/(R_3 + R_L) = 2/50,1 \text{ och spänningen över } R_3 \text{ blir} \\ \text{då } 2V * 0,1/(R_3 + R_L) = 0,2/50,1 = 3,99mV (\approx 4mV). \text{ Med utspänningen } 4V \text{ blir} \\ \text{förstärkningen } 4/0,00399 = 1002 (1000). \text{ Enligt databladet är förstärkningen } 1 + 50k/R_g \\ \text{vilket ger } R_g = 49,95\Omega (\approx 50\Omega)$$

$$4c \quad v_{R_L} = 2V \text{ om } R_3 \text{ försummas. Förstärkarkopplingen är en ickeinverterande spänningsförstärkare} \\ \text{med } A = 1 + R_2/R_1 = 4V/2V = 2. \quad R_2 = R_1. \text{ Om } R_3 \text{ inte försummas blir } v_{R_L} = \\ 2V * R_L/(R_3 + R_L) = 2 * 50/50,1 = 1,9960V.$$

$$4d \quad \text{Vikning (aliasing) innebär att man tar för få sampel per period av signalen. Detta in-} \\ \text{nebar att man inte kan återskapa signalen korrekt igen. Flera frekvenser passar på sam-} \\ \text{pelmönstret. Man undviker vikning genom att begränsa frekvensinnehållet i signalen med} \\ \text{ett lågpasfilter, analogt av uppenbara skäl.}$$

$$4e \quad \text{Enligt samplingsteomet måste man sampla med minst dubbla signalfrekvensen, d.v.s.} \\ 2 * 50Hz = 100Hz. \text{ För att kunna göra antivikningsfiltret rimligt brant (tillräckligt låg} \\ \text{ordning) ska en högre samlingsfrekvens användas.}$$

$$4f \quad \text{Insignalområdet är } \pm 5V \text{ d.v.s. hela området spänner över } 10V. \text{ Minsta ändring är } 10V/2^{10} = \\ 9,8mV$$

$$4g \quad CMRR = A_{DM}/A_{CM}, \text{ Common Mode Rejection Ratio, visar hur bra gemensamma sig-} \\ \text{naler undertrycks i förhållande till skillnadssignaler. CMRR är ett kvalitetsmått för dif-} \\ \text{ferentialförstärkare. Eftersom det ofta är ett stort tal anges det i dB.}$$

$$5a \quad i_L(0-) = v_g/R, \text{ efter lång tid blir spänningen över spolen } 0.$$

$$5b \quad v_C(0-) = 0, \text{ eventuell laddning har försvunnit i } R.$$

$$5c \quad \text{Samma som i 5a, strömmen ändras inte momentant i en spole.}$$

$$5d \quad \text{Samma som i 5b, spänningen ändras inte momentant i en kondensator.}$$

$$5e \quad \text{Theveninekvivalenten av } v_g \text{ och } R - R \text{ ger } v_{TH} = \frac{v_g}{2} \text{ och } R_{TH} = \frac{R}{2}. \\ v_C(t) = \frac{v_g}{2} (1 - e^{-t/(\frac{R}{2}C)}).$$

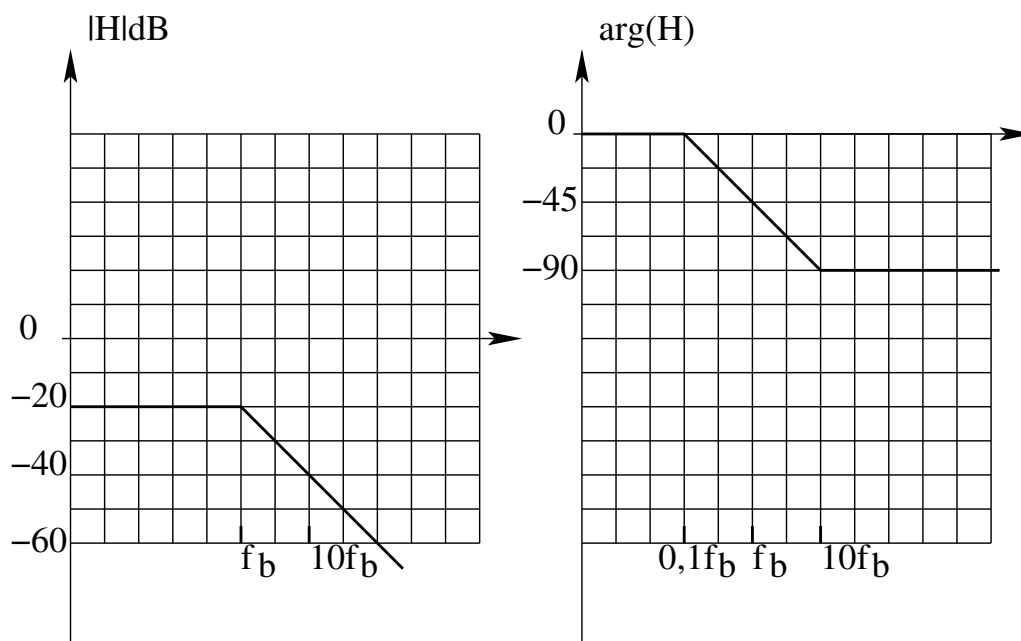
6a $H(j\omega) = \frac{V_R}{V_g} = \frac{R}{R+r_L+j\omega L} = \frac{R}{R+r_L} \left(\frac{1}{1+j\omega L/(R+r_L)} \right) = \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{1+j\omega L/(R+r_L)}$, det är ett lågpassfilter.

6b För låga frekvenser är $|H| \approx \frac{1}{10}$. I diagrammet blir det $-20dB$. Vid brytpunkten sjunker kurvan ytterligare med $-20dB/dekad$. Bodediagrammen visas i figur 7.

6c $\sin(0.1\omega_b t)$ dämpas $-20dB$ d.v.s. amplituden blir $0,1V$. Fasvridning 0 .

$2\sin(\omega_b t)$ ligger precis i brytpunkten och dämpas $-3dB$ utöver $-20dB$ d.v.s. $-23dB$. Amplituden blir $2 * (0,1 * 0,7) = 0,14V$. Fasvridning -45 grader.

$3\sin(10\omega_b t)$ ligger en dekad över brytpunkten och dämpas $-20dB$ utöver $-20dB$ d.v.s. $-40dB$. Amplituden blir $3 * 0,01 = 0,03V$. Fasvridning -90 grader. Fasvridningen blir som vanligt och påverkas inte av ursprungsdämpningen.



Figur 7: Bodediagrammen för H