



Försättsblad Prov Original

Kurskod	Provkod	Tentamensdatum
E T 0 6 5 G	T 1 0 1	2 0 1 8 - 0 8 - 2 3
Kursnamn	Elektroteknik GR (B), Analog elektronik	
Provnamn	Tentamen	
Ort	Sundsvall	
Termin	H18	
Ämne	Elektroteknik	

Tentamen i Analog elektronik ET064G/ET065G Mittuniversitetet, 2018-08-23

Hjälpmedel: - Miniräknare,

Utdrag från "key formulas" i kursboken "Electronic Devices" av Floyd är bilaga i tentamen.

Lösningarna ska vara tydliga och lätta att följa. Alla antaganden ska specificeras och alla val av komponentvärden ska motiveras. Asymptotiska Bode-diagram ska ritas noggrant med en minsta storlek av 5x10 cm på rutat papper.

Preliminära betygsgränser: Max 30, A 27, B 24, C 21, D 18, E 15, Fx 14, F <14

Om någon tentafråga av misstag skulle sakna nödvändig information så att den inte är lösbar, gör då ett rimligt antagande kring det som saknas och motivera detta i ditt svar. Ett svar med ett rimligt motiverat antagande kan ändå ge full poäng.

Lycka till! /Börje

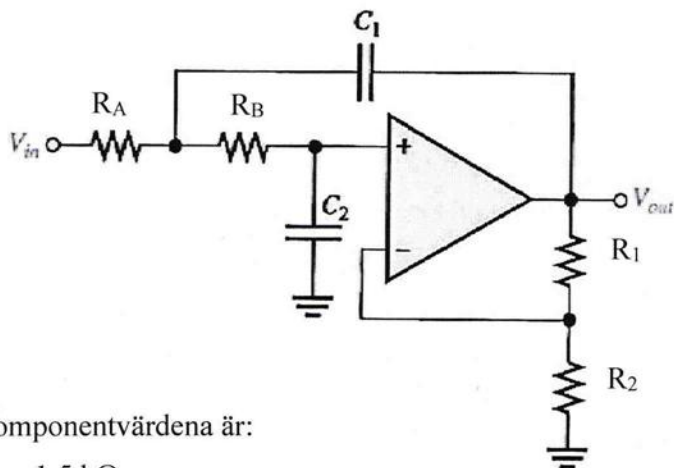
1. Questions

- Diskutera och beskriv skillnaden mellan två dioder, som är tillverkade i kisel respektive germanium. (3 p)
- Beskriv översiktligt funktionaliteten för en transistor och förklarar skillnaden mellan en bipolar transistor (NPN, PNP) och en fälteffekttransistor (JFET, MOSFET). (3 p)
- Skissa kretsdesignen för en halv vågslikriktare. Skissa också oscilloskopsbilden för kretsens utsignal när insignalen är en sinusvåg. (3 p)

(tot 9 p)

2. Design av aktivt filter.

Beräkna gränshfrekvensen för det aktiva filtret nedan. Vilken typ av filter visas i figuren? Beräkna dämpningsfaktorn. Är filtret (ungefärligt) optimerat för Butterworth-karakteristik? Om så inte är fallet, föreslå nödvändiga förändringar för att konvertera filtret till Butterworth-karakteristik. (Tips: $Q = 1/DF$)



Komponentvärdena är:

$$R_1 = 1.5 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 1.5 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 0.015 \text{ }\mu\text{F}$$

$$C_2 = 0.015 \text{ }\mu\text{F}$$

$$R_3 = 1.5 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 1.8 \text{ k}\Omega$$

(6 p)

3. OP-förstärkarfilter

“Open-loop”-förstärkningen för en förstärkare karakteriseras av följande asymptotiska amplitudfunktion:

$$A_{V0} = 1 \cdot 10^5 \frac{1}{\left(1 + j \frac{f}{30 \text{ kHz}}\right)} \frac{1}{\left(1 + j \frac{f}{100 \text{ kHz}}\right)} \frac{1}{\left(1 + j \frac{f}{3 \text{ MHz}}\right)}$$

- Rita ett detaljerat asymptotiskt bode-diagram för “open-loop”-förstärkningen, innefattande både amplitud- och faskarakteristik. (3 p)
- Bestäm “gain-bandwidth” produkten för the förstärkaren? (Det motsvarar “unity gain bandwidth” f_T) (2 p)
- Tillämpa kompensering av förstärkningen med återkoppling (gain compensation), vad är den minsta återkopplade (closed loop) förstärkningen (A_{Vmin}) som kan användas utan annan stabilisering. Antag 45° fas-marginal (Φ_M). (2 p)
- Beräkna B-faktorn och plotta Bode-diagram för den återkopplade (closed loop) förstärkningen. (2 p)

(tot 9 p)

4. Brusberäkning för OP-förstärkare

En OP-förstärkare som skall användas i en koppling har enligt databladet en ingångsbrusspanning som är $8 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$. Frekvensområdet för tillämpningen är 500 Hz till 15 MHz. Beräkna signal till brus förhållandet för förstärkaren. Förstärkaren är kopplad som inverterande krets med komponentvärdena $R_f = 220 \text{ k}\Omega$ och $R_i = 47 \text{ k}\Omega$. Utsignalen från förstärkaren har effektivvärdet 1,2 V. Jämför storleksordningen på bruset från OP'n med storleksordningen på det termiska bruset från resistorerna.

(6 p)

Några ekvationer och definitioner från kurslitteraturen:

Signal to Noise ratio:
$$SNR = 10 \log \left(\frac{P_{signal}}{P_{noise}} \right) = 20 \log \left(\frac{U_{signal}}{U_{noise}} \right)$$

Thermal noise:

$$E_n = \sqrt{4kTRB}$$

Where:

- k = Boltzmann's constant (1.38×10^{-23})
- T = Absolute temperature (Kelvin)
- R = Resistance in ohms
- B = Noise bandwidth in Hertz ($f_{max} - f_{min}$)

Multipel noise sources:

$$E_{Totalrms} = \sqrt{e_{1rms}^2 + e_{2rms}^2 + \dots e_{nrms}^2}$$

From OP-amps for everyone:

Noise is normally specified as a spectral density in rms volts or amps per root Hertz, $V/\sqrt{\text{Hz}}$ or $A/\sqrt{\text{Hz}}$. These are not very “user-friendly” units. A frequency range is needed to relate these units to actual noise levels that will be observed.

Appendix

ORDER SECTION	REAL PART	IMAGINARY PART	F ₀	α	Q	-3 dB FREQUENCY	PEAKING FREQUENCY	PEAKING LEVEL
2	0.7071	0.7071	1.0000	1.4142	0.7071	1.0000		
3	0.5000	0.8660	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7071	1.2493
4	0.9239	0.3827	1.0000	1.8478	0.5412	0.7195	0.8409	3.0102
5	0.8090	0.5878	1.0000	1.6180	0.6180	0.8588	0.8995	4.6163
6	0.9659	0.2588	1.0000	1.9319	0.5176	0.6758		
7	0.7071	0.7071	1.0000	1.4142	0.7071	1.0000	0.9306	6.0210
8	0.2588	0.9659	1.0000	0.5176	1.9319			
9	0.9010	0.4339	1.0000	1.8019	0.5550	0.7449	0.4717	0.2204
10	0.6235	0.7818	1.0000	1.2470	0.8019		0.9492	7.2530
11	0.2225	0.9749	1.0000	0.4450	2.2471	1.0000		
12	1.0000		1.0000					
13	0.9808	0.1951	1.0000	1.9616	0.5098	0.6615		
14	0.8315	0.5556	1.0000	1.6629	0.6013	0.8295		
15	0.5556	0.8315	1.0000	1.1112	0.9000		0.6186	0.6676
16	0.1951	0.9808	1.0000	0.3902	2.5628		0.9612	8.3429
17	0.9397	0.3420	1.0000	1.8794	0.5321	0.7026		
18	0.7660	0.6428	1.0000	1.5320	0.6527	0.9172		
19	0.5000	0.8660	1.0000	1.0000	1.0000		0.7071	1.2493
20	0.1737	0.9848	1.0000	0.3474	2.8785		0.9694	9.3165
21	1.0000		1.0000			1.0000		
22	0.9877	0.1564	1.0000	1.9754	0.5062	0.6549		
23	0.8910	0.4540	1.0000	1.7820	0.5612	0.7564		
24	0.7071	0.7071	1.0000	1.4142	0.7071	1.0000		
25	0.4540	0.8910	1.0000	0.9080	1.1013		0.7667	1.8407
26	0.1564	0.9877	1.0000	0.3128	3.1970		0.9752	10.2023

Butterworth Design Table

Appendix

ORDER	SECTION	REAL PART	IMAGINARY PART	F ₀	α	Q	-3 dB FREQUENCY	PEAKING FREQUENCY	PEAKING LEVEL
2	1	1.1050	0.6368	1.2754	1.7328	0.5771	1.0020		
3	1	1.0509	1.0025	1.4524	1.4471	0.6910	1.4185		
	2	1.3270		1.3270			1.3270		
4	1	1.3596	0.4071	1.4192	1.9160	0.5219	0.9705		0.2349
	2	0.9877	1.2476	1.5912	1.2414	0.8055		0.7622	
5	1	1.3851	0.7201	1.5611	1.7745	0.5635	1.1876		
	2	0.9606	1.4756	1.7607	1.0911	0.9165		1.1201	0.7768
	3	1.5069		1.5069			1.5069		
6	1	1.5735	0.3213	1.6080	1.9596	0.5103	1.0638		
	2	1.3836	0.9727	1.6913	1.6361	0.6112	1.4323		
	3	0.9318	1.6640	1.9071	0.9772	1.0234		1.3786	1.3851
7	1	1.6130	0.5896	1.7174	1.8784	0.5324	1.2074		
	2	1.3797	1.1923	1.8235	1.5132	0.6608	1.6964		
	3	0.9104	1.8375	2.0507	0.8879	1.1262		1.5961	1.9860
	4	1.6853		1.6853			1.6853		
8	1	1.7627	0.2737	1.7838	1.9763	0.5060	1.1675		
	2	0.8955	2.0044	2.1953	0.8158	1.2258		1.7932	2.5585
	3	1.3780	1.3926	1.9591	1.4067	0.7109		0.2011	0.0005
	4	1.6419	0.8256	1.8378	1.7868	0.5597	1.3849		
9	1	1.8081	0.5126	1.8794	1.9242	0.5197	1.2774		
	2	1.6532	1.0319	1.9488	1.6966	0.5894	1.5747		
	3	1.3683	1.5685	2.0815	1.3148	0.7606		0.7668	0.0807
	4	0.8788	2.1509	2.3235	0.7564	1.3220		1.9632	3.0949
	5	1.8575		1.8575			1.8575		
10	1	1.9335	0.2451	1.9490	1.9841	0.5040	1.2685		
	2	1.8467	0.7335	1.9870	1.8587	0.5380	1.4177		
	3	1.6661	1.2246	2.0678	1.6115	0.6205	1.7848		
	4	1.3648	1.7395	2.2110	1.2346	0.8100		1.0785	0.2531
	5	0.8686	2.2994	2.4580	0.7067	1.4150		2.1291	3.5944

Bessel Design Table

Appendix

ORDER	SECTION	REAL PART	IMAGINARY PART	F ₀	α	Q	-3 dB FREQUENCY	PEAKING FREQUENCY	PEAKING LEVEL
2	1	0.4508	0.7351	0.8623	1.0456	0.9564		0.5806	0.9995
3	1	0.2257	0.8822	0.9106	0.4957	2.0173		0.8528	6.3708
	2	0.4513		0.4513			0.4513		
4	1	0.3199	0.3868	0.5019	1.2746	0.7845		0.2174	0.1557
	2	0.1325	0.9339	0.9433	0.2809	3.5594		0.9245	11.1142
5	1	0.2265	0.5918	0.6337	0.7149	1.3988		0.5467	3.5089
	2	0.0865	0.9575	0.9614	0.1800	5.5559		0.9536	14.9305
	3	0.2800		0.2800			0.2800		
6	1	0.2268	0.2601	0.3451	1.3144	0.7608		0.1273	0.0813
	2	0.1550	0.7106	0.7273	0.4262	2.3462		0.6935	7.6090
	3	0.0608	0.9707	0.9726	0.1249	8.0036		0.9688	18.0827
7	1	0.1819	0.4354	0.4719	0.7710	1.2971		0.3956	2.9579
	2	0.1259	0.7846	0.7946	0.3169	3.1558		0.7744	10.0927
	3	0.0449	0.9785	0.9795	0.0918	10.8982		0.9775	20.7563
	4	0.2019		0.2019			0.2019		
8	1	0.1737	0.1956	0.2616	1.3280	0.7530		0.0899	0.0611
	2	0.1473	0.5571	0.5762	0.5112	1.9560		0.5373	6.1210
	3	0.0984	0.8337	0.8395	0.2344	4.2657		0.8279	12.6599
	4	0.0346	0.9836	0.9842	0.0702	14.2391		0.9830	23.0750
9	1	0.1482	0.3427	0.3734	0.7938	1.2597		0.3090	2.7498
	2	0.1208	0.6442	0.6554	0.3686	2.7129		0.6328	8.8187
	3	0.0788	0.8679	0.8715	0.1809	5.5268		0.8643	14.8852
	4	0.0274	0.9869	0.9873	0.0555	18.0226		0.9865	25.1197
	5	0.1577		0.1577			0.1577		
10	1	0.1403	0.1567	0.2103	1.3341	0.7496		0.0698	0.0530
	2	0.1266	0.4548	0.4721	0.5363	1.8645		0.4368	5.7354
	3	0.1005	0.7084	0.7155	0.2809	3.5597		0.7012	11.1147
	4	0.0645	0.8926	0.8949	0.1441	6.9374		0.8903	16.8466
	5	0.0222	0.9895	0.9897	0.0449	22.2916		0.9893	26.9650

Chebyshev Design Table

