

Lösningförslag till tentamen 2019-11-01 i SSY011 Elektriska system

Erik Agrell

1. (a) Om *freq* är "00000000" så är villkoret `counter(11 DOWNTO 4)=freq` på rad 22 alltid sant. Alltså slår *itrig* om vid varje positiv flank på *clk_50*, vilket innebär att *itrig* (och därmed *trig*) är en 25 MHz fyrkantvåg om *clk_50* ligger på 50 MHz.
 - (b) Om *freq* är "00000001" så har counter värdena 0, 1, ..., 16 innan *itrig* slår om. *itrig* slår alltså om var 17e puls (16+1), vilket ger en periodtid på $2 \cdot (16+1) = 34$ pulser. Frekvensen är $50 \text{ MHz}/34 = 1.47 \text{ MHz}$.

Om *freq* är "00000002" så har counter värdena 0, 1, ..., 32 innan *itrig* slår om. *itrig* slår alltså om var 33e puls (32+1), vilket ger en periodtid på $2 \cdot (32+1) = 66$ pulser. Frekvensen är $50 \text{ MHz}/66 = 758 \text{ kHz}$.

Och så vidare. Om *freq* = *N* så är frekvensen $50 \text{ MHz}/(2 \cdot (16N+1))$, för $N = 0, \dots, 255$. Det ger 256 frekvenser mellan 25 MHz och 6.13 kHz.
 - (c) Byt "OUT" på rad 8 mot "BUFFER". Byt "itrig" på rad 19 och 24 mot "trig".
 - (d) Frekvensen 1 Hz motsvarar 50 000 000 klockcykler. Signalen *itrig* skall slå om efter 25 000 000 klockpulser, vilket innebär att *counter* skall räkna från 0 till 24 999 999. För att representera heltal upp till 24 999 999 behövs minst 25 bitar, eftersom $2^{25} = 33\,554\,432$. Alltså behövs följande ändringar:
 - Lägg till före eller efter rad 7: "sec: IN std_logic;"
 - Byt "11 DOWNTO 0" på rad 12 mot "24 DOWNTO 0".
 - Byt rad 22 mot "IF (sec='1' AND counter=49999999) OR (sec='0' AND counter(11 DOWNTO 4)=freq) THEN".
2. (a) Innehållet i skiftregistret *memory* skiftas ett steg åt höger
 - (b) Exempelvis enligt följande (entitetens namn och antal bitar *n* kan väljas fritt, eftersom de inte anges i uppgiften):


```
entity shiftregister is
generic(
  n:integer := 8 );
port(
  x: in std_logic_vector(n-1 downto 0);
  y: out std_logic );
end entity;
```
 - (c) Den kan användas som parallell-till-serie-omvandlare. Skiftregistret laddas med en vektor *x* (insignal), som t.ex. kan komma från A/D-omvandling. Utsignalen *y* kopplas till en kommunikationskanal, där innehållet i skiftregistret transmitteras sekventiellt, en bit i taget.
 - (d) Processen saknar klocksignal. Den kommer därför att rusa okontrollerat, genom att den aktiveras många gånger varje gång *t1* är '1'.
 - (e) Byt rad 45 mot


```
process(clk) begin
  if rising_edge(clk) then
```

 och lägg till en rad "end if;" före eller efter rad 51.

- (f) Vid simulering exekveras processen endast när någon av signalerna i sensitivetslistan ändras. I det här fallet innebär det en gång varje gång $t1$ är '1', vilket var avsikten med processen. I synnerhet däremot ignoreras sensitivetslistan, och processen exekveras många gånger varje gång $t1$ är '1'.

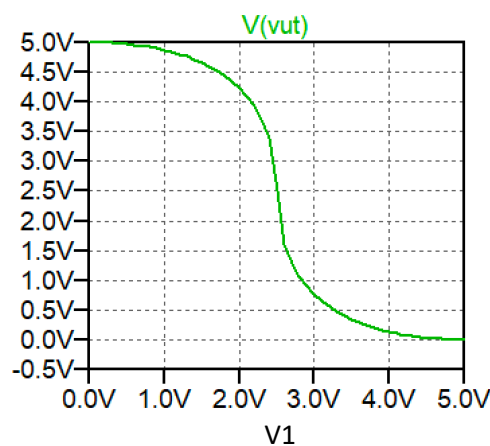
3. (a) MOSFET

(b) CMOS

(c) Energiförbrukningen är mycket låg med CMOS-teknik. I kopplingen spärrar antingen M1 eller M2, vilket innebär att kretsen drar ström från V2 endast en kort stund när insignalen V1 slår om. Den drar ingen mätbar ström från V1, eftersom en MOSFET-gate är isolerad från drain och source.

(d) V2 är matningsspänningen, som ger transistorerna lämpliga arbetspunkter och även fungerar som energikälla.

(e) Kretsen är en inverterare:



(f) DC sweep

4. Ett förslag till "felsökningsrecept" (många varianter finns) är följande:

1. Kolla att allt är rätt inkopplat, speciellt komponenternas ben-nummer.
2. Kolla matningsspänningar och jord med voltmetern.
3. Kolla att instrumenten är rätt inställda.
4. Kolla insignalen med oscilloskopet.
5. Kolla utsignalen från varje block i tur och ordning, med början från insignalen, med hjälp av oscilloskopet.
6. När ett block har hittats vars insignal är korrekt men inte utsignalen, felsök det blocket.

I svåra felsökningsfall kan även följande metoder behövas:

- Koppla isär och felsök varje block för sig.
- Gå tillbaka till simuleringarna.

5. Effekten i hörluren är $P = U^2/R = 0.25^2/16 = 3.91$ mW, vilket motsvarar $10 \log 3.91 = 5.9$ dBm. Om effekten ökar från 0 dBm till 5.9 dBm, så ökar även ljudtrycksnivån med 5.9 dB, enligt tabellen.

Ljudtrycksnivå (dB SPL)	Effekt (dBm)	Effekt (mW)
100	0	1
105.9	5.9	3.91

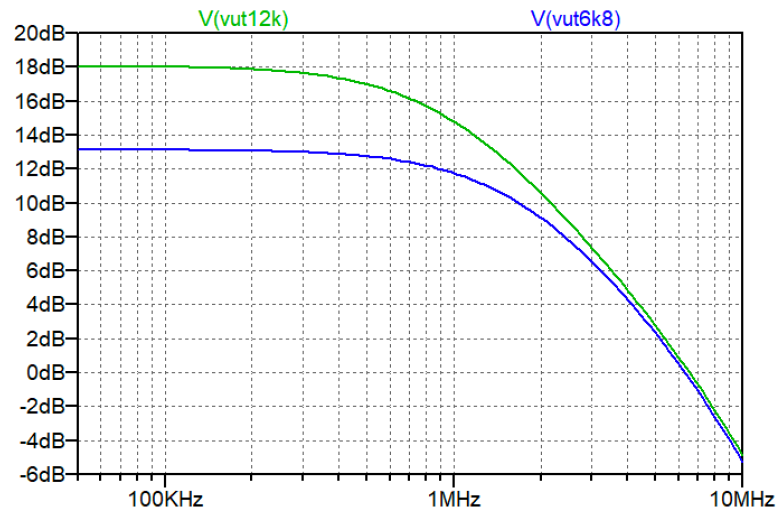
6. (a) AC Analysis

(b) Maximal förstärkning avläses till drygt 18 dB, vilket motsvarar en spänningsförstärkning på $10^{18/20} = 7.94$ gånger. Kretsens förstärkning är $R2/R1$ (absolutvärde). Alltså $R2 = 7.94 R1 = 11.9$ k Ω .

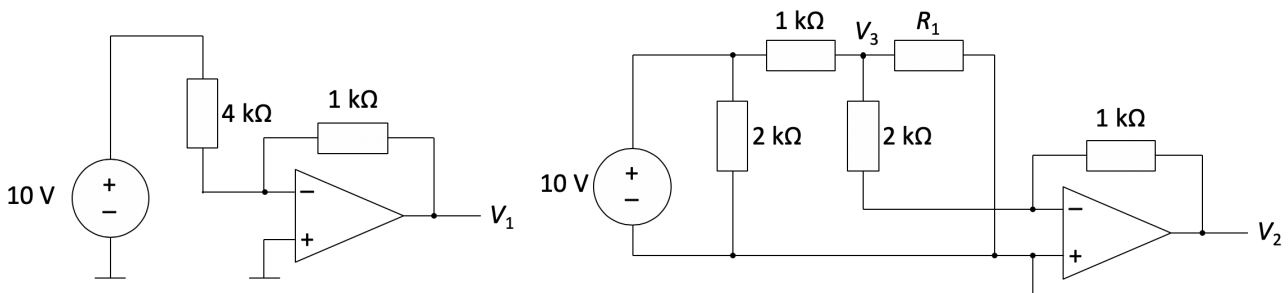
- (c) En fundamental egenskap hos operationsförstärkare är att förstärknings-bandbredds-produkten är ungefär konstant när återkopplingen (och därmed förstärkningen) varierar. Om vi beräknar förstärknings-bandbredds-produkten för den återkopplade förstärkaren, så gäller alltså samma värde approximativt även för den icke återkopplade förstärkaren.

3 dB-bandbredden avläses till ca 950 kHz. Produkten av förstärkning och bandbredd är $7.94 \cdot 950$ kHz = 7.5 MHz.

- (d) Nu är förstärkningen $R_2/R_1 = 4.53$ gånger eller $20 \log 4.53 = 13.1$ dB. Där ligger platån vid låga frekvenser. Lutningen vid höga frekvenser bestäms av operationsförstärkarens råförstärkning och påverkas inte så mycket när återkopplingen ändras. Lutningen för den nya kurvan (blå) sammanfaller därför approximativt med den ursprungliga kurvan (grön).



7. I följande bilder har kopplingarna förenklats med strömbrytarna i angivna lägen. R_1 representerar fem motstånd med total resistans $1+2/(1+2//2)$ k Ω = 2 k Ω .



(a) $V_1 = -\frac{1 \text{ k}\Omega}{4 \text{ k}\Omega} \cdot 10 \text{ V} = -2.5 \text{ V}$

- (b) Vi inför spänningen V_3 enligt figuren och summerar strömmarna vid V_3 , med $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$:

$$\frac{10 \text{ V} - V_3}{1 \text{ k}\Omega} = \frac{V_3}{R_1} + \frac{V_3}{2 \text{ k}\Omega} \Rightarrow 10 \text{ V} = V_3 + \frac{V_3}{2} + \frac{V_3}{2} \Rightarrow V_3 = 5 \text{ V}.$$

Enligt standarduttrycket för en inverterande operationsförstärkarkoppling är nu

$$V_2 = -\frac{1 \text{ k}\Omega}{2 \text{ k}\Omega} \cdot V_3 = -2.5 \text{ V}.$$

- (c) D/A-omvandling

- (d) Den andra kopplingen (V_2) ger noggrannare DA-omvandling, eftersom motstånden bara har två värden (eller ett enda om man seriekopplar 1 k Ω och 1 k Ω för att få 2 k Ω). Motstånd med samma resistans kan massproduceras i integrerad krets-teknologi med hög noggrannhet.