

Vul op alle formulieren die u inlevert uw naam en studienummer in.

Tentamen Elektronische Schakelingen

Datum: vrijdag 20 juni 2003

Tijd: 09.00 – 12.00 uur

Naam:	Studienummer:	Cijfer
-------	---------------	--------

Lees dit eerst

- Vul je naam en studienummer in in de vakjes hierboven en op de oneven bladzijden.
- Dit tentamen is een "open boek" tentamen.
- Het gebruik van een rekenmachine is toegestaan.
- Voor de multiple-choice vragen geldt: omcirkel of vink het juiste antwoord.
- Vul je antwoorden in de daarvoor gereserveerde ruimten in. Eventueel kun je extra bladen gebruiken die je dan duidelijk van uw naam en studienummer moet voorzien.
- Geef voor de antwoorden steeds een korte verklaring en geef, waar van toepassing, in grafieken de relevante waarden steeds duidelijk aan! Let steeds op de eenheden (prefixes of 10^{-x})!
- Prefixes: micro (μ) = 10^{-6} , nano = 10^{-9} , pico = 10^{-12} , femto = 10^{-15} , atto = 10^{-18}
- Voor het onderdeel "Geïntegreerde Systemen" komen de transistorparameters uit de 2e editie van Rabaey en zijn samengevat op de binnenkant van de vóór- en achterflap van dat boek. Voor diegenen die het boek niet hebben, zijn er kopieën van deze bladzijden beschikbaar.

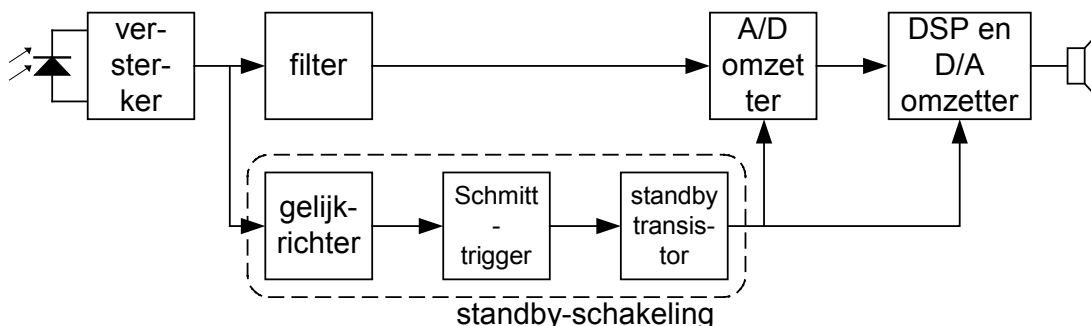
Inleiding

De komende vragen hebben betrekking op een mono infra-rood hoofdtelefoon, die wij aan de hand van onderstaand blokschema gaan ontwerpen. De werking is als volgt.

1. Het invallende infraroodsignaal (infrarood licht) wordt door een fotodiode omgezet in een elektrisch signaal.
2. Dit elektrische signaal is zwak en wordt dus met behulp van een versterker op een hoger energetisch niveau gebracht.
3. Vervolgens wordt het versterkte signaal geleid door een antivouw-filter (anti-aliasing filter).
4. Het gefilterde signaal wordt omgezet in een binair digitaal formaat door de A/D-omzetter.
5. Het signaal afkomstig van de A/D-omzetter wordt vervolgens aangeboden aan een digitale signaalprocessor (DSP), waarin het signaal diverse (geluids-) bewerkingen ondergaat, en een D/A omzetter die het binaire signaal weer terugconverteert naar een analogo signaal.
6. Tenslotte zet een luidspreker het analoge elektrische signaal om in een hoorbaar akoestisch signaal.

De hoofdtelefoon bevat ook een standby-schakeling, opgebouwd uit achtereenvolgens:

- een gelijkrichter die de piek-waarde van het signaal bepaalt;
- een Schmitt-trigger, die bepaalt of het signaal afkomstig van de gelijkrichter bepaalde waarden over- of onder-schrijdt;
- een standby transistor die de A/D omzetter, de DSP en de D/A omzetter uitschakelt wanneer er geen infraroodsignaal aanwezig is. Hierdoor verbruikt de hoofdtelefoon in rust een verwaarloosbaar klein vermogen, waardoor de gebruiksduur van de batterijen wordt verlengd.



Vragen

Vraag 1.

De infrarood hoofd-telefoon wordt toegepast in een omgeving met interfererende bronnen (elektromagnetische velden, omgevingslicht, temperatuur etc.). Welke is volgens jou de dominante bron van externe storing en waarom?

Dominante storingsbron:
Reden:

Vraag 2.

Welke methode is het meest doeltreffend en praktisch bruikbaar om deze dominante externe stoorbron te elimineren: isolatie, correctie, compensatie, filtering of terugkoppeling. Verklaar je antwoord.

<input type="checkbox"/> Isolatie <input type="checkbox"/> Correctie <input type="checkbox"/> Compensatie <input type="checkbox"/> Filtering <input type="checkbox"/> Terugkoppeling
Reden:

Vraag 3.

Veronderstel dat de fotodiode een detector-oppervlak van 20 mm^2 heeft en een gevoeligheid van $0,4 \text{ A/W}$. De maximale afstand tussen bron en detector is 10 meter. De totale ruisstroom van de diode kan worden voorgesteld als een stroom van $0,1 \text{ }\mu\text{A}$ en de maximale intensiteit van het opvallende licht ter plaatse van de detector is 100 W/m^2 .

Gevraagd:

(a) Bepaal de detectiegrens bij een onnauwkeurigheidsspecificatie $\varepsilon = 5\%$.

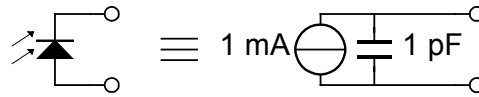
(b) Bepaal het dynamisch bereik aan de ingang van de versterker bij gegeven onnauwkeurigheidsspecificatie $\varepsilon = 5\%$.

(a) detectiegrens:
(b) dynamisch bereik:

Naam:	
Studienummer:	

Vraag 4.

De fotodiode staat in sper ingesteld en gedraagt zich dan elektrisch als een stroomdoos van maximaal 1 milli-ampère (piekwaarde) met een bron-capaciteit van ongeveer 1 pF. Zie onderstaand schema.



Geef het Thevenin-equivalent van de fotodiode. NB. Geef ook de relevante waarden aan.



Vraag 5.

Ervan uitgaande dat de broncapaciteit niet nauwkeurig bekend is en dat de maximale uitgangsspanning van de versterker 1 volt (piekwaarde) bedraagt, welk type versterker is dan het meest geschikt?

- A een spanningsversterker
- B een stroomversterker
- C een transadmittantieverstker
- D een transimpedantieverstker

Vraag 6.

Ontwerp de door jou gekozen versterker met behulp van een nullor en een geschikt gekozen tegenkoppelnetwork, bestaande uit één of twee weerstanden. Geef ook de relevante waarden aan.



Vraag 7.

Wat is deingangsimpedantie Z_{in} van de door jou ontworpen versterker?

$Z_{in} =$

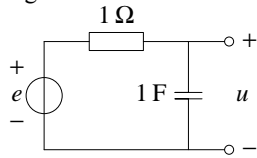
Vraag 8.

Waarom dient het filter in de infrarood hoofdtelefoon?

Antwoord:

Vraag 9.

Gegeven dat de uitgang van de versterker gemodelleerd kan worden als een ideale spanningsbron e , d.w.z. een spanningsdoos met impedantie nul, en dat het filter bestaat uit een eenvoudig RC-netwerk. Zie onderstaande figuur.



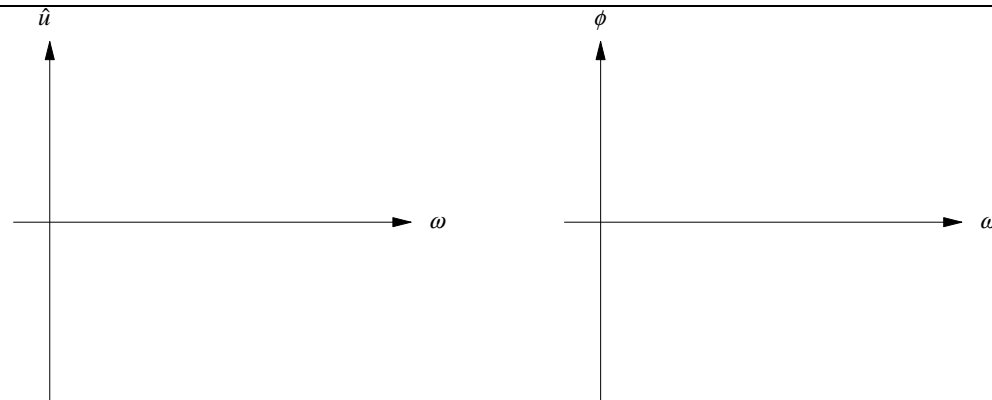
- (a) Bepaal de spanningsoverdrachtsverhouding $H(s) = U/E$, indien de bronsterkte in het t -domein gegeven is als: $e = \cos(\omega t) \text{ V}$.

$$H(s) =$$

- (b) Bereken de amplitude $\hat{u} = \hat{u}(\omega)$ en de fase $\phi = \phi(\omega)$ van u en schets vervolgens de frequentiekaracteristieken. NB. Geef daarbij de relevante waarden duidelijk aan!

$$\hat{u}(\omega) =$$

$$\phi(\omega) =$$



Naam:	
Studienummer:	

Vraag 10.

In onze infrarood-ontvanger levert de fotodiode en dus ook de versterker een blokvormig signaal af. Dit kunnen we beschouwen als een reeks van stapvormige signalen. Veronderstel dat de versterker een enkel stapvormig signaal aflevert, waarvoor geldt: $e = 0,5 \varepsilon(t)$ V. Vlak voor de stap geldt: $u(0^-) = 0$ V.

Gevraagd:

(a) Teken het circuit op $t = 0^+$ en bereken daarmee $u(0^+)$.

Circuit op $t = 0^+$:
$u(0^+) =$

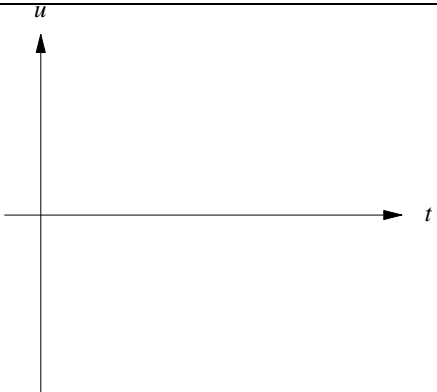
(b) Teken het circuit voor $t \rightarrow \infty$ en bereken daarmee $u(\infty)$.

Circuit op $t \rightarrow \infty$:
$u(\infty) =$

(c) Bereken de tijdconstante τ .

$\tau =$

(d) Bereken en schets de oplossing $u = u(t)$. NB. Geef in de grafiek de relevante waarden duidelijk aan!

$u(t) =$


Vraag 11.

Voor de A/D-conversie wordt een n -bit A/D omzetter toegepast met een referentiespanning op $U_{\text{ref}} = 2,048 \text{ V}$. Het filter biedt een uitgangsspanning met een maximaal niveau van 1 V aan en een equivalent totaal ruisniveau op de uitgang van $0,5 \text{ mV}$.

Gevraagd: is bovenstaande referentie van $2,048 \text{ V}$ goed gekozen? Verklaar je antwoord.

Antwoord:

- Ja
- Nee

Verklaring:

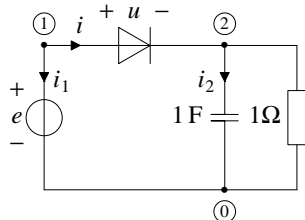
Vraag 12.

Gevraagd: bepaal de minimaal benodigde resolutie, n , van de A/D-omzetter voor een optimaal gekozen referentie en bij een onnauwkeurigheidsspecificatie $\varepsilon = 5 \%$, opdat deze niet de dynamiek-beperkende factor wordt.

$n =$

Vraag 13.

De gelijkrichter in de standby-schakeling bestaat uit een exponentiële diode en een RC-netwerk volgens onderstaand schema.



Voor de diode geldt: $i = I_s [\exp(40u) - 1]$, met $I_s = 1 \text{ fA} = 10^{-15} \text{ A}$.

Gevraagd:

(a) Geef de 5 MNA-vergelijkingen. Aanwijzing: zie par. 7.2.6 van EC, deel 2.

1:

2:

3:

4:

5:

(b) Leid de eerste-orde differentiaalvergelijking voor u_2 af. Aanwijzing: reduceer het verkregen stelsel vergelijkingen door de stroom i_1 door de geaarde spanningsbron te elimineren en vervolgens de extra vergelijkingen in het resultaat te substitueren.

DV voor u_2 :

Naam:	
Studienummer:	

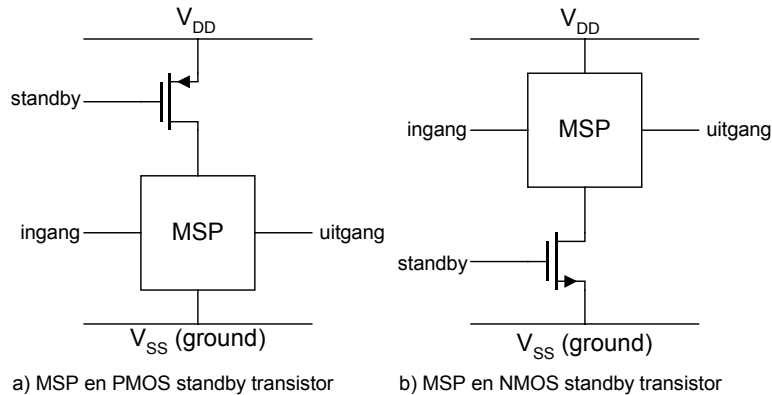
Vraag 14.

De A/D-omzetter, de DSP en de D/A-omzetter, hierna samen genoemd de MSP (mixed signal processor), worden in standby gezet wanneer de uitgangsspanning van de gelijkrichter onder de 0,25 volt daalt en weer aangezet (power-up) wanneer de uitgangsspanning van de gelijkrichter de 0,75 volt overschrijdt.

Ontwerp een Schmitt-trigger m.b.v. een operationele versterker en een geschikt gekozen meekoppelnetwerk bestaande uit twee weerstanden en een spanningsbron. Ga uit van een voedingsspanning van 2,5 volt.

Vraag 15.

De standby mode wordt gerealiseerd door de MSP stroomloos te maken door met een transistor te schakelen in de V_{dd} of aarde (ground) aansluiting van de MSP. Zie onderstaande figuur.



De standby transistor, zowel in schakeling a) als b), moet de maximaal benodigde stroom voor de MSP zonder noemenswaardige spanningsval over deze transistor kunnen voeren. De MSP, inclusief de standby transistoren, wordt gemaakt in de 0,25 μm technologie uit de 2e editie van Rabaey. Ga uit van de transistorparameters van de binnenkant achterflap (of bijlage). De voedingsspanning is 2,5V.

Beschouw nu schakeling a) (met de PMOS transistor).

Gevraagd:

(a) In welk werkgebied staat de transistor als $\text{standby} = 0$ (oftewel, de gate van de PMOS is laag) en $|V_{ds}| < 0.1V$?

Werkgebied:

Verklaring:

(b) Bepaal de minimale breedte van de PMOS transistor (bij $L=0.25 \mu\text{m}$), zodanig dat $|V_{\text{ds}}| < 0.1 \text{ V}$ bij $|I_{\text{ds}}| = 10 \text{ mA}$.

$W_{\text{min}} =$

Berekening:

(c) Waarom moet je bovenstaande berekening doen m.b.v. de stroomformule(s) van de transistor en kun je niet werken met R_{eq} ?

Verklaring:

(d) Waarom is het van belang om de standby transistor (en in het algemeen de hele schakeling) zo klein mogelijk te maken?

Verklaring

Naam:	
Studienummer:	

Vraag 16.

Moderne IC fabricage processen bieden soms een keuze voor de drempelspanning van de transistoren. Neem nu aan dat er de volgende mogelijkheden zijn.

Standaard	NMOS1	$V_{t0} = 0.43V$	PMOS1	$V_{t0} = -0.4V$
low- V_t	NMOS2	$V_{t0} = 0.3V$	PMOS2	$V_{t0} = -0.3V$

Verder zijn alle transistorparameters gelijk aan de standaardparameters voor NMOS en PMOS uit de 2^e editie van Rabaey, de low- V_t transistoren verschillen alleen wat betreft de drempelspanning van hun 'standaard' tegenhangers.

Gevraagd: Met welk type transistor kan de kleinste schakeling gemaakt worden?

<input type="checkbox"/> NMOS1 <input type="checkbox"/> NMOS2 <input type="checkbox"/> PMOS1 <input type="checkbox"/> PMOS2
Verklaring:

Vraag 17.

De luidspreker, tenslotte, is een

- A sensor en actieve component
- B sensor en passieve component
- C actuator en actieve component
- D actuator en passieve component