

Koen V

Introductie Elektronica en Elektrotechniek (19121158-0)

9 november 2011

8:45 – 12:15

Carre 1D

FOKKE & SUKKE
HADDEN ZE HEEL GOED GELEERD

Dit tentamen heeft 9 opgaven
14 paginas (inclusief grafiekpapier)



- Indien je NIET bent INGESCHREVEN wordt het tentamen NIET nagekeken
- Om het nakijken te vergemakkelijken svp vraag (1,2,3) en vraag (4,5,6) en vraag (7,8,9) op separate vellen inleveren. SCHRIJF OP ELK ANTWOORDEVEL EN GRAFIEKPAPIER JE NAAM
- Het gebruik van een rekenmachine, telefoon, labtop, dictaat en boeken is niet toegestaan
- Werk systematisch en schrijf de tussenstappen (zo veel mogelijk) op. Hier krijg je namelijk altijd punten voor, ook al is het eindantwoord fout.
- Schrijf netjes en maak nette grafieken. Teken asymptoten met een liniaal o.i.d.
- Onduidelijk geschreven antwoorden en rommelige tekeningen worden fout gerekend!
- Gebruik indien vermeldt het bijgeleverde grafiekpapier. Extra grafiekpapier is eventueel beschikbaar. Bij alle grafieken moeten de 2 assen voorzien zijn van:
 - a) het symbool van de grootte die uitgezet wordt (dus bijv. $H(f)$ en f bij een amplitudeoverdracht).
 - b) de eenheden (dus bijv. V, A, dB en Hz) en de schaal langs de assen. Dit vergeten geeft puntenaftrek.
- Let op het (correct) gebruik van eenheden. Dit vergeten geeft puntenaftrek
- Lees alle opgaven eerst goed door! Verdeel je tijd goed en blijf niet te lang hangen bij een opgave.
- U mag gebruik maken van de volgende benaderingen:
 - $\pi \approx 3.2$
 - $1/\pi \approx 0.32$
 - $\pi^2 \approx 10$
 - $\log_{10}(2) = {}^{10}\log(2) \approx 0.3$
 - $\frac{1}{2}\sqrt{2} \approx 0.7$

Nu volgt in dit kader (dat wordt vervolgd op de volgende pagina) de wiskundige achtergrond over tweede orde DV's die nodig kan zijn bij sommige opgaven.

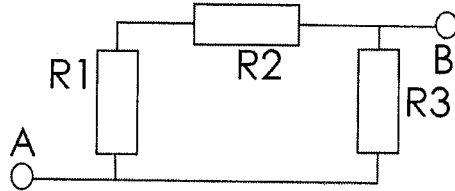
In dit vak schrijven we een 2^e orde, lineaire, homogene DV met constante coëfficiënten als volgt:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 2\gamma \frac{dy}{dt} + \omega_0^2 y = 0$$

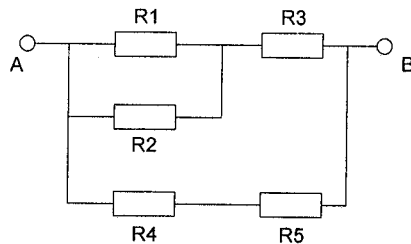
Opgave 1

Geef van de volgende weerstandsnetwerken de vervangingsweerstand R_V tussen de punten A en B. Geef de expressie als $R_V = \dots$ (dus geen $1/R_V$ of R_V^{-1}). Vereenvoudig de expressie voor R_V zo veel mogelijk!

I)



II)



Opgave 2

Gegeven is een wisselstroombron $i_{bron}(t) = 3\sin(\omega t)$ met $\omega = 2\pi / T$ [rad·s⁻¹]. Deze stroom wordt door een spoel L gestuurd.

- Geef de formule voor de u - i relatie van een spoel.
- Bepaal vervolgens het functievoorschrift van de spanning over de spoel $u_L(t)$.
- Hoe groot is de amplitude \hat{u}_L van de spanning over de spoel?
- Schets $i_L(t)$ en $u_L(t)$ in één grafiek van $[-T, T]$.
- Loopt $i_L(t)$ voor of achter op $u_L(t)$ en hoe groot is het faseverschil?
- Stel dat de periodetijd van $i_{bron}(t)$ 4x zo klein wordt gemaakt. Wat gebeurt er dan met de amplitude van de spanning over de spoel \hat{u}_L ?

Opgave 3

We gebruiken een zonnecel om een batterij te vullen. Daarnaast is er de mogelijkheid om een lampje te laten branden op de zonne energie. Het elektrisch schema van een zonnecel is een niet ideale stroombron, het lampje wordt in het model gerepresenteerd door een weerstand en de batterij door een capaciteit. Een enkele zonnecel levert een stroom van 100 mA en een bronspanning van 0,6V. Het lampje heeft een weerstand van 6 Ohm. De batterij een capaciteit van 120 μ F.

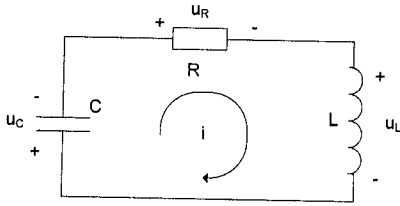
- Hoe groot is de interne weerstand van de stroombron (zonnecel)
- Hoe lang duurt het tot de batterij volledig is opgeladen indien het lampje uit staat

s nachts levert de zonnecel geen vermogen. Het elektrisch circuit is dan te vereenvoudigen tot een RC circuit.

- Stel de differentiaal vergelijking op die spanning aan de klemmen van de batterij beschrijft als functie van de tijd
- Hoe lang zal het lampje ongeveer branden (motiveer je antwoord)
- Hoe zou je de onder d) gevonden brandduur kunnen verlengen?

Opgave 4

Gegeven is een kritisch gedempte RLC kring.



Gegeven is dat de resonantiefrequentie $f_0 = 10\text{Hz}$, $R = 100\Omega$ en de DV naar de stroom i die dit circuit

beschrijft is:
$$\frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di}{dt} + \frac{1}{LC} i = 0$$

- Geef aan hoe groot de waarden voor L en C zijn (laat een eventuele π gewoon in je antwoord staan).
- Stel dat dit circuit nu in een ontvanger wordt gebruikt om deze op de goede frequentie af te stemmen. Als je nu één van de drie componenten variabel mag maken, welke zou je dan kiezen als je alleen de frequentie wil variëren? Motiveer je antwoord!

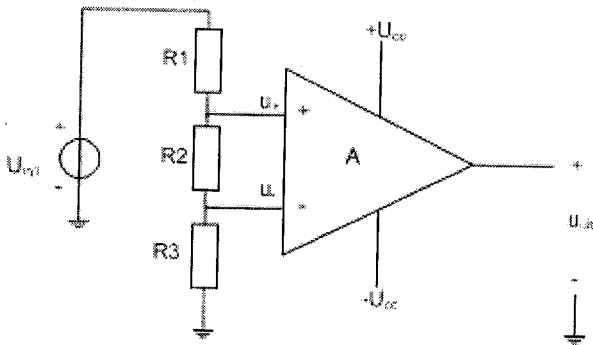
Opgave 5

Hint 1: $U_{uit} = A (U_+ - U_-)$

Hint 2: Voor een ideale opamp geldt $A \rightarrow \infty$

Hint 3: In het antwoord komen alleen maar weerstandswaarden voor.

Gegeven is de volgende schakeling. Stel dat geldt: $u_{in1} = 0.1\text{V}$, $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 20\Omega$ en $R_3 = 10\Omega$



- Bepaal u_{uit} als functie van U_{in} , A en de weerstanden R_1 , R_2 , R_3 voor de bovenstaande opampschakeling.

Als je het antwoord op a) niet hebt gevonden gebruik dan verder: $U_{uit} = A \cdot U_{in} \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 / (R_1 + R_2 + R_3)$.

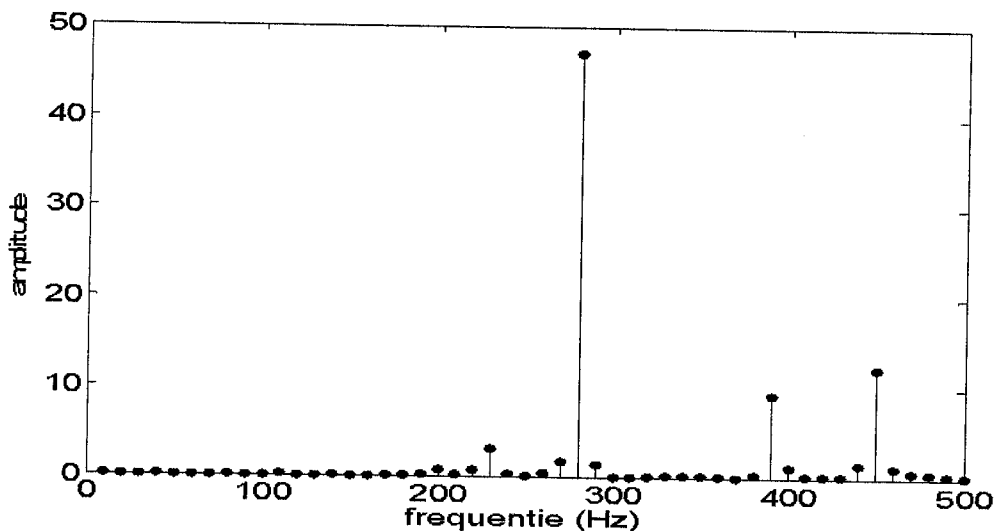
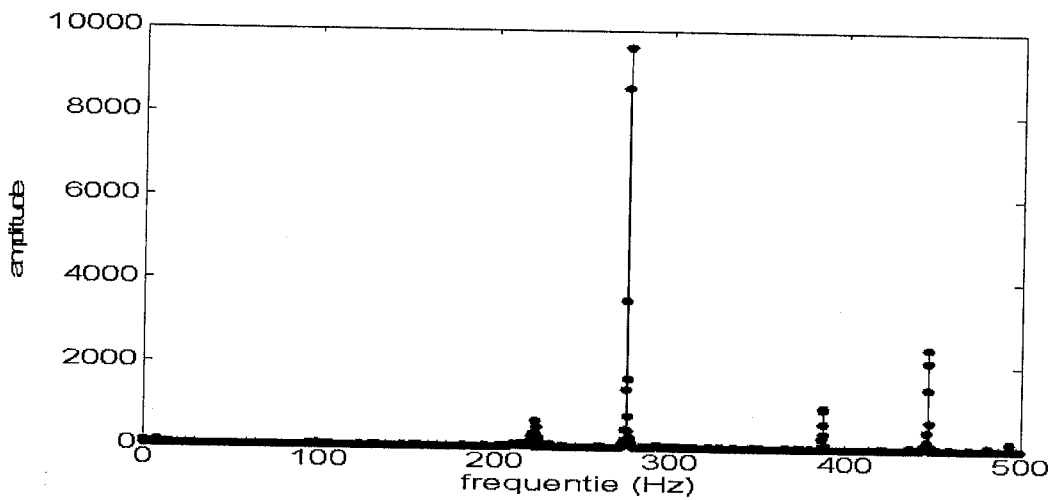
- Bereken u_{uit} voor de volgende versterkingsfactoren: $A = 100$, 1000 , 10000 en 100000 .

Verder is nu gegeven dat bovenstaande schakeling gevoed wordt door $+12\text{V}$ en -12V . Je kunt je waarschijnlijk voorstellen dat u_{uit} nooit hoger kan zijn dan de voedingsspanning. Binnen het gebied van de voedingsspanning werkt de opamp in het "lineaire" bereik (immers: $u_{uit} = A(u_+ - u_-)$). Dreigt $|u_{uit}| \geq |U_{cc}|$ te worden dan treedt verzadiging op en "clipt" de opamp, oftewel de uitgangsspanning loopt vast (clipt) tegen de voedingsspanning aan.

- c) In welke gevallen clipt de gegeven schakeling?
- d) Neem aan dat $A = 100000$. Hoe groot mag de spanning op de ingang ($u_+ - u_-$) dan zijn willen de opamps niet clippen?
- e) Denk je dat opamps met zeer grote A 's nuttig te gebruiken zijn zonder terugkoppeling?, Verklaar je antwoord.
- f) Teken een blokdiagram van de schakeling, die bestaat uit een ingangssignaal x , een uitgangssignaal y , een opteller en vermenigvuldigers.

OPGAVE 6

Het geluid van een hamer op een aambeeld is geregistreerd gedurende twee verschillende tijdsperioden. De amplitudespectra van deze beide registraties staan afgebeeld in de volgende figuren.

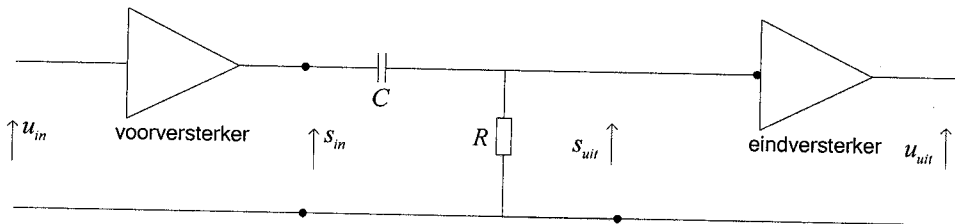


- a) Welk amplitudespectrum is van het sample met de langste registratieduur? Motiveer je antwoord.
- b) Wat is de registratieduur geweest bij het onderste spectrum?

Het bovenste amplitudespectrum heeft maxima bij 223.5 Hz, 275.6 Hz, 387.8 Hz en 447.4 Hz. Aannemende dat er verschillende grondfrequenties in het geluid aanwezig kunnen zijn,

- c) welke van de hierboven genoemde frequenties is (zijn) mogelijk een hogere harmonische en waarom?

OPGAVE 7 (100)



Bovenstaande schakeling stelt een audioversterker voor. u_{in} is het audio-ingangssignaal dat afkomstig is van bijvoorbeeld een microfoon. In de voorversterker vindt de volumeregeling en de toonregeling plaats, en eventueel andere processing. De eindversterker zorgt voor vermogensversterking zodat het uitgangssignaal u_{uit} aangesloten kan worden op een luidspreker.

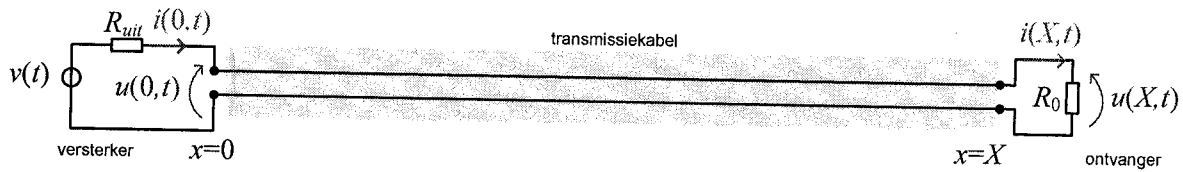
De uitgang van de voorversterker is verbonden met de ingang van de eindversterker door middel van een RC-netwerk. Het filter zorgt er voor dat de gelijkstroominstelling van de voorsterker niet de gelijkstroominstelling van de eindversterker kan beïnvloeden en vice versa. De voorversterker en de eindversterker zijn zodanig dat ze de werking van het RC filter niet beïnvloeden. Er geldt $R = 100 \text{ k}\Omega$ en $C = 0.32 \text{ }\mu\text{F}$.

- (10) Wat is de orde van het RC-netwerk? Gedraagt het zich als een hoogdoorlaatfilter, een laagdoorlaatfilter, een banddoorlaatfilter, of een bandsperrend filter?
- (10) Stel dat het ingangssignaal gegeven is door $s_{in}(t) = A \cos(2\pi ft)$, en de amplitudeoverdracht is $H(f)$. Geef een uitdrukking voor de amplitude van $s_{uit}(t)$.
- (5) In de vorige vraag is $H(f)$ gegeven op een lineaire schaal. Met welke uitdrukking zet u deze lineaire schaal om in een dB schaal?
- (5) Een octaaf en een decade zijn twee intervallen (= verhouding tussen twee frequenties). Welke twee zijn dat?
- (20) Geef de formule voor de afsnijfrequentie f_{cut} van dit filter. Bereken dit vervolgens.
- (20) Geef de helling van de twee asymptoten van de amplitudeoverdracht: uitgedrukt in db/octaaf en db/decade. Geef ook de overdracht in dB bij $f = f_{cut}$.
- (30) Schets op bijgevoegd grafiekenpapier het Bodediagram (amplitudeoverdracht en faseverschuiving). Bepaal eerst het bereik van de assen. Teken vervolgens de asymptoten met een liniaal, en de overdracht bij $f = f_{cut}$. Schets daarna de overdracht. Schrijf bij de asymptoten wat de helling ervan is. Mocht u in vraag d niet tot een antwoord gekomen zijn, kies dan een afsnijfrequentie $f_{cut} = 10 \text{ kHz}$.

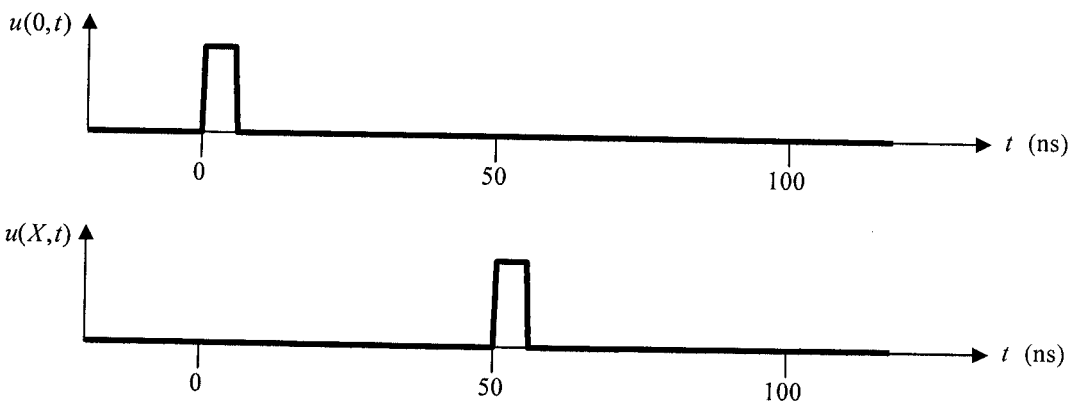
Vergeet niet uw naam op het tekenpapier te zetten.

OPGAVE 8 (100)

We beschouwen een transmissiekabel:



Als de belastingsweerstand bij de ontvanger gelijk is aan $R_0 = 100 \Omega$, en als $v(t)$ een eenmalige, pulsvormige spanning is, dan meten we bij $x=0$ en $x=X$ de volgende spanningsverlopen:



- (30) Hoe groot is de karakteristieke impedantie Z_0 van de transmissiekabel? Motiveer uw antwoord.
- (10) De lengte van de kabel is $X = 10 \text{ m}$. Wat is de voortplantingssnelheid c van deze kabel?
- (30) C is de capaciteit per lengte-eenheid, en L is de zelfinductie per lengte-eenheid. Geef de uitdrukking voor de karakteristieke impedantie Z_0 in afhankelijkheid van L en C . Geef ook de uitdrukking voor de voortplantingssnelheid c in afhankelijkheid van L en C .
- (30) Bereken voor deze kabel L en C .

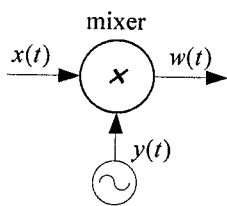
Hint: stap 1: gebruik de twee uitdrukkingen uit vraag c) om L en C uit te drukken in Z_0 en c .
 stap 2: vul vervolgens de waarden van Z_0 en c die u in a) en b) hebt gevonden in.

Let op:

- Voeg eenheden toe aan uw antwoorden voor L en C ; zonder dat zijn de antwoorden fout
- Schrijf netjes in uw afleiding voor L en C . Dan kunt eventueel nog punten krijgen voor tussenresultaten.

OPGAVE 9 (100)

In deze opdracht beschouwen we het ontwerp van een kanalenkiezer van een AM radio tuner, en passen het principe van een superheterodyne toe. We bouwen het ontwerp langzaam op en beginnen met een mixer waarvan één ingang $y(t)$ afkomstig is van een oscillator. Zie figuur. De frequentie van de oscillator is 1202 kHz. De mixer vermenigvuldigt de ingangssignalen: $w(t) = ax(t)y(t)$ waarbij a een constante is.

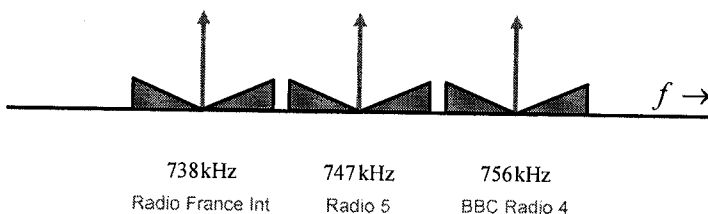


- a) (25) Stel dat $x(t)$ ook een sinusvormige signaal is. De frequentie daarvan is 747 kHz. Welke frequenties komen er dan voor in het signaal $w(t)$?
- b) (25) Stel dat $x(t)$ het signaal bevat van één AM radiostation, nml met een frequentieband van 743 kHz tot 751 kHz. Als gevolg daarvan zal het signaal $w(t)$ één of meerdere frequentiebanden bevatten. Welke frequentieband(en) is/zijn dat?

In werkelijkheid zijn er meerdere radiostations aanwezig in $x(t)$; ieder met zijn eigen frequentieband. Deze banden liggen steeds 9 kHz verder. De zenderindeling is als volgt:

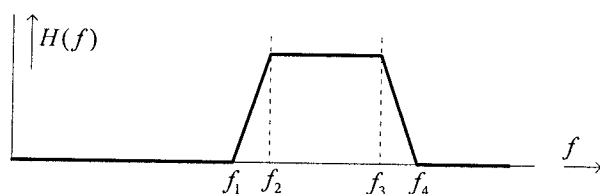
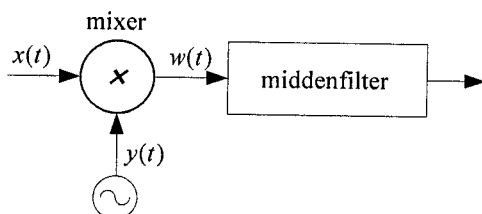
zender	afstemfrequentie (kHz)	frequentieband (kHz)
...		
Radio France Int	738	734 – 742
Radio 5	747	743 – 751
BBC Radio 4	756	752 – 760
...		

We kunnen dit als volgt schetsen:



- c) (10) Maak een tabel aan (zoals hierboven) die aangeeft op welke frequentiebanden wij de drie gegeven zenders terugvinden in het signaal $w(t)$. Maak ook een schets die aangeeft waar deze frequentiebanden terug te vinden zijn in het signaal $w(t)$.

Om een kanaal te selecteren voegen we een banddoorlaat filter toe (het zogenaamde middenfilter). Zie figuur. Het filter heeft een amplitudeoverdacht dat ruwweg gekenmerkt wordt door de frequenties f_1, f_2, f_3 en f_4 .



- d) (15) We willen afstemmen op Radio 5. Dat doen we door het middenfilter zodanig te kiezen dat een frequentieband in $w(t)$ die overeenkomt met Radio 5 – zie vraag c) – doorgelaten wordt terwijl de naburige zenders in dat signaal onderdrukt worden. Kies de daarvoor benodigde frequenties f_1, f_2, f_3 en f_4 . Kies zodanig dat de flanken van het filter zo min mogelijk steil zijn.
- e) (15) Als u de frequenties f_1, f_2, f_3 en f_4 goed heeft gekozen wordt de frequentieband Radio 5 doorgegeven naar de uitgang van het banddoorlaatfilter, terwijl de naburige kanalen worden onderdrukt. Toch zijn er nog frequenties –anders dan die afkomstig van Radio 5 – die kunnen verschijnen aan de uitgang van het filter; de zgn. spiegel frequenties. Bereken deze frequenties.
- f) (5) Hoe zou u het ontwerp aanvullen om de spiegel frequenties te onderdrukken? (Waarmee zou u het ontwerp aanvullen, en waar in het ontwerp wordt dit dan geplaatst?)
- g) (5) Om af te stemmen op een andere kanaal veranderen we de oscillatiefrequentie van $y(t)$, terwijl het middenfilter ongewijzigd blijft. Hoe groot zou de frequentie van $y(t)$ moeten zijn om af te stemmen op BBC Radio 4?