

## 1.10 Vraagstukken bij hoofdstuk 1

### Thema's

- Het berekenen van  $g_m$ 
  - voor bip. ( $\frac{dI_C}{dU_{BE}} = \frac{qI}{kT}C$ )
  - voor MOS ( $\frac{dI_D}{dU_{GS}} \simeq \sqrt{2\beta I_D}$ )
- Het berekenen van  $R_{ON}$ .
  - voor MOS ( $\simeq \frac{1}{\beta(U_{GS}-U_t)}$ )
  - voor JFETs (vgl. 1.29)
- Het Early effect  $r_o = \frac{U_A}{I_C}$   
 $\Delta U_{CB}$  veroorzaakt dat  $\frac{\Delta I_C}{I_C} = \frac{\Delta U_{CB}}{U_A}$ .
- Darlington's (reductie invloed  $I_B$ ).

### Het berekenen van $R_{ON}$

#### Opgave 1.1(a)

Een signaalstroombron  $i_s$  van enkele microampère wordt met behulp van een n-kanaal MOS "omschakelaar" al dan niet met een stroom-spanningsomzetter verbonden Fig. V1.1. De opamp mag als ideaal worden beschouwd.

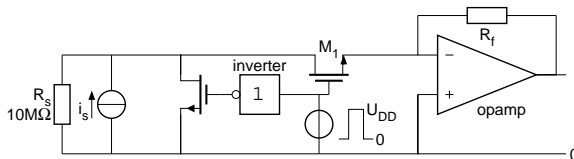


Figure 1.41: *Fig. V1.1 Een stroom-spanningsomzetter met ingangsschakelaar.*

Van de MOSFETs zijn de volgende SPICE parameters bekend:  
 $KP = \beta L/W = 50 \times 10^{-6} A/V^2$ ,  $W/L = 20$ , de drempelspanning  $V_{TO}(= U_t) = 1$  V.

De AAN weerstand  $R_{ON}$  van  $M_1$  moet kleiner zijn dan 1 kΩ. Hoe groot moet de schakelspanning  $U_{DD}$  minimaal bedragen.

#### kies het goede antwoord

Er moet gelden dat  $U_{DD} > =$

1	2	3	4	5	7	V
A	B	C	D	E	F	

**Opgave 1.2(a)**

Een spanningsbron  $U_s$  van enkele mV wordt via een JFET schakelaar op een versterker aangesloten (Fig. V1.2). De FET wordt bestuurd via de stuurspanning  $U_g$ . De opamp mag als ideaal worden verondersteld.

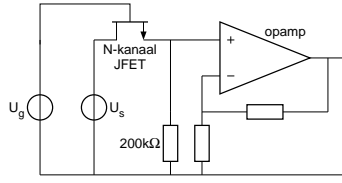


Figure 1.42: Fig. V1.2 Een spanningsversterker metingangsschakelaar.

De schakelaar bestaat uit een JFET waarvan voor het lineaire gebied geldt dat:

$$I_D = \frac{I_{DSS}}{U_t^2} (2U_{DS}(U_{GS} - U_t) - U_{DS}^2) \text{ voor}$$

$$U_{DS} < U_{GS} - U_t$$

Verder is gegeven dat

$$U_t = -6 \text{ V en } I_{DSS} = 6 \text{ mA}$$

Er is gewenst dat voor de AAN weerstand  $R_{on}$  van de JFET geldt dat  $R_{on} \leq 600 \Omega$ .

Hoe groot moet  $U_g$  minimaal zijn om dit te bereiken.

**kies het goede antwoord**

Er moet gelden dat  $U_g >$

-5 V	-3 V	-1 V	0 V	2 V	5 V
A	B	C	D	E	F

**Klein-signaalparameters****Opgave 1.3(a)**

We willen om bepaalde redenen een vergelijking maken tussen de eigenschappen van MOSFETs en bipolaire transistoren en doen dit aan de hand van het circuit van Fig. V1.3. De invloed van het Early effect en drain-source spanning mag hierbij verwaarloosd worden.

Hoeveel verandert de spanning  $U_{BIP}$  over de bipolaire transistor indien  $I_{BIAS}$  met 1% toeneemt. Voor de stroomversterkingsfactor van de bipolaire transistor geldt dat  $\beta_F > 100$ . Verder geldt dat  $kT/q = 26 \text{ mV}$ .

**kies het goede antwoord**

$\Delta U_{BIP} =$

0,26	0,72	1,1	2,4	8,9	26	mV
A	B	C	D	E	F	

**Opgave 1.3(b)**

Hoeveel verandert de spanning  $U_{FET}$  over de MOSFET indien  $I_{BIAS}$  met 1% toeneemt. Voor de drainstroom van de MOSFET geldt de bekende vergelijking voor het verzadigingsgebied voor het geval dat  $U_{GS} > U_t$ :

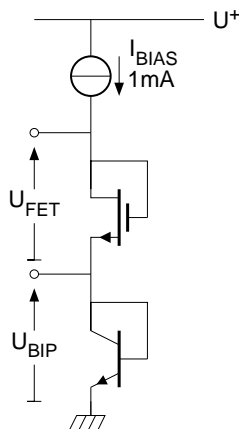


Figure 1.43: Fig. V1.3 Een schakeling met een MOSFET en een bipolaire transistor.

$$I_D = \frac{\beta}{2}(U_{GS} - U_t)^2, \text{ voor } U_{GS} > U_t$$

waarin  $U_t$  de drempelspanning is. Gegeven is dat  $W/L = 10$  en  $KP = 40 \times 10^{-6}$  A/V<sup>2</sup> en  $\beta \Delta KP \frac{W}{L}$ .

**kies het goede antwoord:**

$\Delta U_{FET} =$

0,26	1	3	6	11	26	mV
A	B	C	D	E	F	

### Afsnijffrequenties

#### Opgave 1.4(a)

Van een bipolaire npn-transistor zijn de volgende gegevens bekend: base-transit time  $\tau_F = 300 \times 10^{-12}$ s, emitter-junctiecapaciteit  $C_{je} = 0,5$  pF, collector-junctiecapaciteit  $C_{jc}(= C_{\mu}) = 1$  pF,  $\beta_F = 100$ . De temperatuur is zodanig dat  $kT/q = 26$  mV.

Hoeveel bedraagt de afsnijffrequentie  $f_T$  bij een collectorstroom  $I_C$  van 0,1 mA.

kies het goede antwoord

$f_T =$

20	75	110	230	690	1100	MHz
A	B	C	D	E	F	

## Combinatietransistoren

### Opgave 1.5(a)<sup>3</sup>

De verschilversterker van Fig. V1.4 is opgebouwd met Darlingtonschakelingen als ingangstransistoren. De klein-sigitaal stroomversterkingsfactor  $\beta_F$  van de transistoren is gelijk aan de groot-sigitaal stroomversterkingsfactor  $B_F$ . Er geldt dat

$$\beta_F = B_F \simeq 100.$$

Voor alle transistoren geldt dat  $kT/q = 26$  mV. Het Early-effect mag in deze opgave verwaarloosd worden.

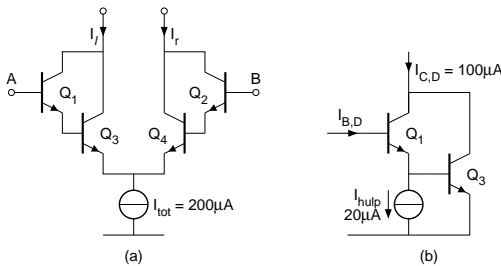


Figure 1.44: Fig. V1.4 Darlingtonschakelingen.

De onderlinge ongelijkheid in de stroomversterkingsfactoren kan maximaal 10% bedragen. Bereken hoeveel deze ongelijkheid kan bijdragen in de offsetspanning.

Opmerking:

De offsetspanning is het spanningsverschil aan de twee ingangsklemmen A en B waarvoor geldt dat  $I_\ell = I_r$ .

kies het goede antwoord

De bijdrage tot de offsetspanning is maximaal

0,5	1	2,5	5	10	25	mV
A	B	C	D	E	F	

### Opgave 1.5(b)

Om de offsetspanning te verminderen worden  $Q_1$  en  $Q_2$  ingesteld met onafhankelijke stroombronnen  $I_{hulp} = 20 \mu\text{A}$ . In fig. V1.5 is één van de hierdoor verkregen combinaties weergegeven. Hoe groot is de klein-sigitaal stroomversterkingsfactor  $\beta_D = \partial I_{C,D} / \partial I_{B,D}$  van de combinatie van fig. V1.5, indien gegeven is dat  $I_{C,D} = 100 \mu\text{A}$ .

kies het goede antwoord

$\beta_D =$	30	50	1000	3300	5000	$10^4$
	A	B	C	D	E	F

### Opgave 1.5(c)

De stroombron  $I_{hulp}$  wordt vervangen door een weerstand van 21 k $\Omega$  (fig. V1.5). De basis-emitterspanning van  $Q_3$  bij de gegeven instelling met  $I_{C,D} = 130 \mu\text{A}$

<sup>3</sup>Bij opgave 1.5(a) wordt tevens gebruik gemaakt van de leerstof uit de hoofdstukken 4 en 6

bedraagt 630 mV. Bereken nu nogmaals de klein-sigitaal stroomversterking  $\beta_D$ , indien  $\frac{kT}{q} = 26$  mV.

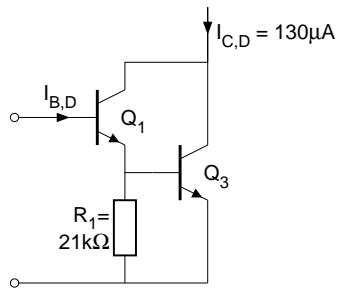


Figure 1.45: Fig. V1.5 Een Darlingtonschakeling met instelweerstand.

**kies het goede antwoord**

$\beta_D =$

25	40	900	2900	4500	$10^4$
A	B	C	D	E	F

## 8.4 Vraagstukken bij hoofdstuk 8

### Thema's

#### Relaxatie-oscillatoren

- Beïnvloeding van amplitude en frequentie met de
  - drempelniveau's
  - de op- en ontladstromen
  - ladingsoverdracht

#### Harmonische oscillatoren

- Amplitude- en frequentieregeling in
  - 2-integratoroscillatoren
  - Wienbrug-oscillatoren
  - Colpitt-oscillatoren
- Het kristal als resonator.
- Het benodigde type versterker voor een bepaald filter.

#### Relaxatie-oscillatoren

##### Vraag 8.1(a)

Gegeven is een relaxatieoscillator volgens het schema van Fig. V8.1.

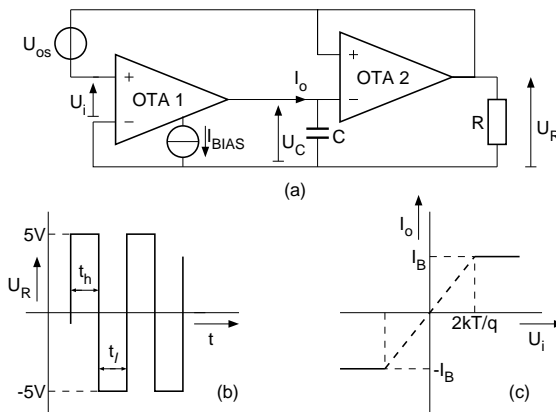


Figure 8.23: Fig. V8.1 Een eenvoudige relaxatie-oscillator.

De twee OTA's hebben een overdrachtsfunctie welke in asymptotische benadering en voor het geval dat de offsetspanning  $U_{OS} = 0$  is weergegeven in Fig. V8.1(c). De uitgangsspanning is blokvormig, waarbij  $t_h$  en  $t_l$  de tijdsintervallen zijn waarin dit signaal respectievelijk hoog en laag is (Fig. V8.1(b)).

De offsetspanning van OTA 1 bedraagt 10 mV en kan gemodelleerd worden als een externe spanningsbron  $U_{OS}$  (Fig. V8.1(a)).

Ga na wat de invloed van deze offsetspanning is op  $U_C$  en  $U_R$ .

#### kies het goede antwoord

Als gevolg van  $U_{OS}$

- A Verandert de frequentie met een factor  $1 + U_{OS}/(I_B R)$
- B Verandert de frequentie met een factor  $1 + U_{OS}/(2kT/q)$
- C Verandert de verhouding  $t_h/t_l$  met een factor  $1 + U_{OS}/(I_B R)$
- D Verandert de verhouding  $t_h/t_l$  met een factor  $1 + U_{OS}/(2kT/q)$
- E Verandert de amplitude van  $U_R$  met een factor  $1 + U_{OS}/(I_B R)$
- F Treedt er geen verandering op in  $U_C$  en  $U_R$

**Vraag 8.1(b)**

De offsetspanning is nihil. De uitgangsstroom  $I_o$  van OTA1 is echter evenredig met een regelbare instelstroom  $I_{BIAS} = I_B$ . Ga na wat de invloed is van het verkleinen van deze instelstroom met een factor 10 op de frequentie dan wel op de verhouding  $t_h/t_l$ .

**kies het goede antwoord**

De frequentie wordt

10 x zo groot	10 x zo klein	$\sqrt{10}$ x zo groot	$\sqrt{10}$ x zo klein
A	B	C	D

De verhouding  $t_h/t_l$  wordt

10 x zo groot	10 x zo klein	$\sqrt{10}$ x zo groot	$\sqrt{10}$ x zo klein
E	F	G	H

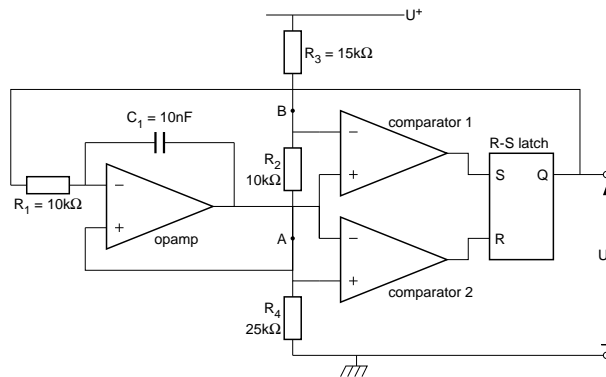
**SLECHTS ÉÉN VAN DE MOGELIJKHEDEN A t/m H IS GOED****Opgave 8.2(a)**

Figure 8.24: Fig. V8.2 Een relaxatie-oscillator met twee vaste drempelniveaus.

Er wordt een relaxatieoscillator gebouwd volgens het schema van Fig. V8.2. De gehele schakeling wordt gevoed met een enkele voedingsspanning van  $U^+$ . Alle componenten mogen als ideaal worden beschouwd. De waarheidstabel van de R-S latch is als volgt:

R	S	Q
0	0	houdtoestand
1	0	0
0	1	1
1	1	x (mag niet voorkomen)

Indien  $Q = 1$  dan is de uitgangsspanning van de latch =  $U^+$ .

Indien  $Q = 0$  dan is de uitgangsspanning van de latch  $= 0$  V.

De voedingsspanning  $U^+$  stijgt van 5 V naar 6 V. Wat gebeurt er met de frequentie  $f_o$  van de oscillator?

**kies het goede antwoord**

De frequentie  $f_o$

stijgt met			blijft gelijk	daalt met			%
30	20	10		10	20	30	
A	B	C	D	E	F	G	

**Opgave 8.2(b)**

Indien  $U^+ = 5$  V, hoeveel bedraagt dan de periodeduur  $t_o = t_{opl} + t_{ont}$  van de oscillator.

**kies het goede antwoord**

De periodeduur is gelijk aan

35	45	50	60	70	80	$\mu s$
A	B	C	D	E	F	

**Opgave 8.3(a)**

Gegeven is een relaxatieoscillator volgens het schema van Fig. V8.3(a). De opamp, de comparator en de inverter mogen als ideaal worden beschouwd. De signalen  $U_1$ ,  $U_2$  en  $U_3$  hebben de vormen zoals getoond in Fig. V8.3(b).

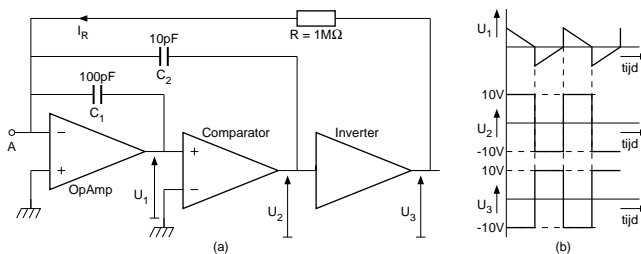


Figure 8.25: Fig. V8.3 Een ladingssprongoscillator.

De schuine hellingen in het signaal  $U_1$  worden veroorzaakt doordat de stroom  $I_R$  door de weerstand wordt geïntegreerd door de capaciteit  $C_1$ . De stappen in het signaal  $U_1$  worden veroorzaakt door de plotselinge ladingsverschuiving in  $C_2$  bij het omslaan van de comparator.

Hoe groot is de oscillatorfrequentie  $f$ .

kies het goede antwoord

$f =$

0,5	1	2,5	5	10	25	kHz
A	B	C	D	E	F	

**Opgave 8.3(b)**

De stroom  $I_R$  bedraagt  $+1\mu A$  of  $-1\mu A$ . Aan de ingang van de integrator wordt op punt A een gelijkstroom toegevoerd van  $0,5\mu A$ . Ga na wat het effect daarvan is op het uitgangssignaal  $U_3$ .

kies het goede antwoord

- A De verhouding  $t_1/t_2$  van de "HOOG" en de "LAAG" tijden is nu een factor 3.
- B De frequentie wordt 3 x zo hoog
- C De frequentie wordt 3 x zo laag
- D De frequentie wordt 2 x zo hoog
- E De frequentie wordt 2 x zo laag
- F De invloed van de gelijkstroom is nihil

## Twee-integratoroscillatoren

### Opgave 8.4(a)

Gegeven is een harmonische oscillator volgens het blokschema van onderstaande figuur (Fig. V8.4). De amplituderegeling is in deze figuur niet aangegeven. De integratoren bestaan uit condensatoren. De twee bipolaire OTA's functioneren als  $U/I$  omzetter en hebben een frequentieonafhankelijke overdracht  $g_1$  en  $g_2$ . Indien  $C_1 = 1\mu\text{F}$ ,  $C_2 = 100\text{ nF}$ ,  $g_1 = 10\text{ mA/V}$  en  $g_2 = 4\text{ mA/V}$  bereken dan de uitgangsfrequentie  $f_o$  in Hz ( $I_{hulp} = 0$ ).

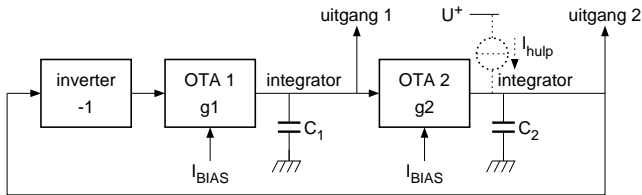


Figure 8.26: Fig. V8.4 Een twee-integratoroscillator.

kies het goede antwoord

$f_o =$	3200	4100	4900	6900	14500	17000	Hz
	A	B	C	D	E	F	

### Opgave 8.4(b)

Ten behoeve van de instelling van de OTA2 injecteert men een gelijkstroom  $I_{hulp} = 0,1\text{ mA}$  bij de uitgang van OTA2. Ga na wat de invloed daarvan is op de oscillator-frequentie. Er mag aangenomen worden dat de OTA's nog steeds in het lineaire gebied met overdrachtsfactoren  $g_1$  en  $g_2$  werken.

kies het goede antwoord

- A De frequentie wordt verhoogd met een factor  $\frac{qI_{hulp}}{kTg_2}$ .
- B De frequentie wordt verhoogd met een factor  $\frac{qI_{hulp}}{kT\sqrt{g_1g_2}}$ .
- C De frequentie verandert niet: de gelijkstroom  $I_{hulp}$  verdwijnt in de uitgang van OTA2.
- D Op het sinusvormige uitgangssignaal is nu een driehoekvormig signaal gesuperponeerd met een frequentie  $\frac{qI_{hulp}}{4kTC}$ .
- E Op het sinusvormige uitgangssignaal is een driehoekvormig signaal gesuperponeerd met een frequentie  $\frac{I_{hulp}}{4CU^+}$ , waarin  $U^+$  de voedingsspanning is.

## Resonatoroscillatoren

### Opgave 8.5(a)

In een oscillator met een hoekfrequentie  $\omega_o$  wordt een LC parallelkring als resonator toegepast (Fig. V8.5). De verliezen van deze resonator zijn gepresenteerd met de conductantie  $G$ .

De transconductantie  $g_m$  van het versterkerelement wordt onder invloed van een niet getekend- regelcircuit zodanig geregeld, dat de amplitude van het gegenereerde signaal  $U_i$  bij goede benadering sinusvormig en stabiel is. De versterker mag als traagheidsloos worden beschouwd.

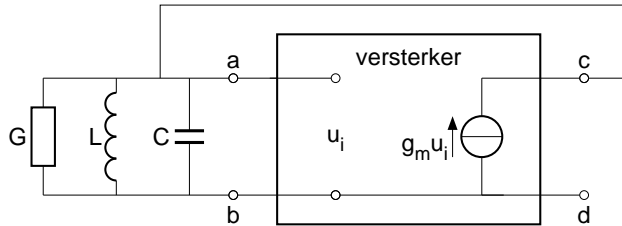


Figure 8.27: Fig. V8.5 Een LC-oscillator.

Tijdens het opstarten van de oscillator "groeit" de amplitude van het oscillator-sigitaal aan tot een stationaire waarde. Ga na aan welke eis de transconductantie  $g_m$  tijdens het aangroeien moet voldoen om de oscillator goed te laten functioneren.

### kies het goede antwoord

Er moet gelden dat  $g_m$

$> \frac{G}{LC}$	$> G$	$> \frac{G}{\omega_o C}$	$> \omega_o LG$	$> \frac{G^2}{\omega_o C}$	$G^2 \omega_o L$
A	B	C	D	E	F

### Opgave 8.5(b)

In de onderstaande figuur (Fig. V8.6) zijn een zestal versterkerconfiguraties aangegeven; de instelcircuits zijn hierbij niet getekend. Welke daarvan is het meest geschikt voor het oscillatorcircuit van Fig. V8.5. Controleer hierbij ook op de al dan niet benodigde inversie. De letters bij de aansluitklemmen corresponderen met die in Fig. V8.5.

Het meest geschikt is de configuratie

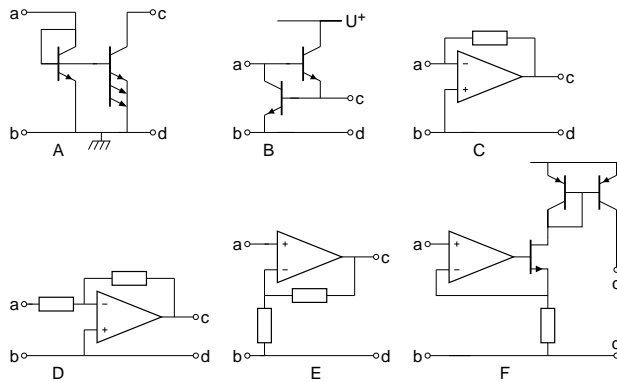


Figure 8.28: Fig. V8.6 Versterkerconfiguraties.

**Opgave 8.6(a)**

Gegeven is de Colpitt oscillator volgens het schema van Fig. V8.7(a).

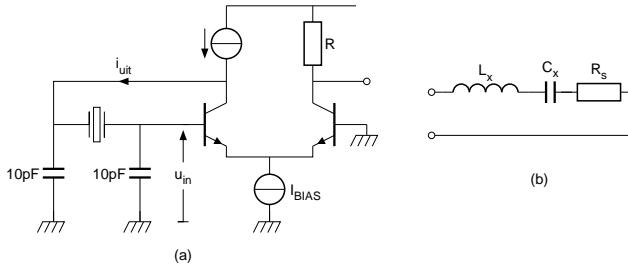


Figure 8.29: Fig. V8.7 Een Colpitt-oscillator.

Het amplitude-begrenzende circuit is niet aangegeven. Aangenomen mag worden dat de transistoren in het lineaire gebied zijn ingesteld. Het kristal mag in deze opgave beschouwd worden als een seriekring volgens het model van Fig. V8.7(b), waarbij gegeven is dat  $R_s = 32\Omega$  en  $f_x = 1/(2\pi\sqrt{L_x C_x}) = 10$  MHz. De kwaliteitsfactor van het kristal is  $Q = 10^6$ . De invloeden van het Early effect, de basisstromen en de parasitaire capaciteiten van de transistoren mogen in deze opgave verwaarloosd worden.

Bereken de parameter  $L_x$  van het kristal.

**kies het goede antwoord**

$L_x =$

0,5	6	10	16	32	40	H
A	B	C	D	E	F	

**Opgave 8.6(b)**

Voor een kristal met dezelfde resonantiefrequentie  $f_x$  maar een andere kwaliteitsfactor wordt berekend dat  $C_x = 20 \cdot 10^{-15} F$ . De oscillatorfrequentie wijkt enigszins af van  $f_x$ . Bereken de grootte en het teken van deze afwijking.

**kies het goede antwoord**

De oscillatorfrequentie is

0,05	0,2	0,6	1	% hoger dan $f_x$
A	B	C	D	

## RC-Oscillatoren

### Opgave 8.7(a)

Gegeven is een Wienbrug oscillator volgens het schema van Fig. V8.8. De instelcircuiten zijn in dit schema niet aangegeven.

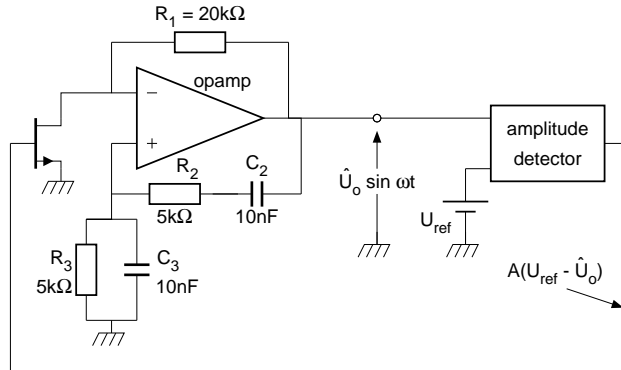


Figure 8.30: Fig. V8.8 Een Wienbrug-oscillator.

De amplitudedetector meet de amplitude  $\hat{U}_0$  van de uitgangsspanning; vergelijkt deze met een referentiespanning  $U_{ref}$  en levert de d.c. gate-sourcespanning voor de JFET. De JFET werkt als regelbare weerstand met een zodanige differentiaalweerstand dat  $\hat{U}_0 = U_{ref}$ .

Hoe groot is de oscillatorfrequentie  $f_0 (= \frac{\omega_0}{2\pi})$

kies het goede antwoord

De frequentie  $f_o =$

$\frac{10^4}{8\pi}$	$\frac{10^4}{\pi}$	$10^4$	$2\pi \cdot 10^4$	$8\pi \cdot 10^4$	$10^6$	Hz
A	B	C	D	E	F	

### Opgave 8.7(b)

Hoe groot is de differentiaalweerstand van de FET in de stationaire toestand. De differentiaalweerstand bedraagt:

kies het goede antwoord

1,667	2,5	5	$\frac{10}{2\pi}$	10	20	kΩ
A	B	C	D	E	F	