

- Regel de offsetpotentiometer R_{offset} zo af dat de uitgangsspanning van de opamp U_o 0V bedraagt.

2.2.2 Optelling DC-signalen

- Maak de ingangen U_{g1} en U_{g2} los van de massa en verbind U_{g1} met de looper van potentiometer P_1 en U_{g2} met de looper van potentiometer P_2 .
- Stel een tiental representatieve waarden in voor U_{g1} en U_{g2} en meet telkens de uitgangsspanning U_o met een universeelmeter.
- Bereken de theoretische waarde van de uitgangsspanning U_o vertrekkende van de werkelijk ingestelde ingangsspanningen U_{g1} en U_{g2} .
- Stel hier de formule op die je gebruikt voor de theoretische bepaling van de uitgangsspanning U_o i.f.v. de ingangsspanningen U_{g1} en U_{g2} .

$$R_1 = R_2 = R_f = 10k\Omega$$

$$\Rightarrow U_o = -(U_{g1} + U_{g2})$$

- Noteer de bekomen meetresultaten en de theoretisch berekende waarden in de volgende tabel.

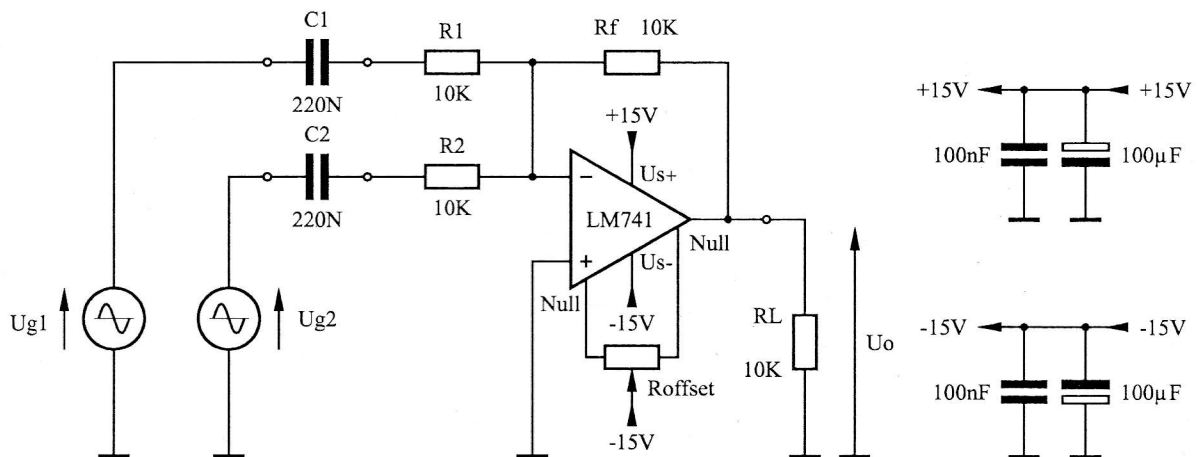
U_{g1} (V)	U_{g2} (V)	$U_o(\text{gemeten})$ (V)	$U_o(\text{berekend})$ (V)
-2,17	-5,05	-7,18	-7,22
-2,17	5,05	-2,89	-2,88
2,17	-5,05	2,87	2,88
2,17	5,05	-7,19	-7,22
0	0	0	0
0	1,05	-1,04	-1,05
0	-1,04	1,04	1,04
1,04	0	-1,03	-1,04
-2,99	0	0,99	0,99
0,51	-1,30	0,79	0,79

- Besluiten.

De uitgang geeft steeds de geïnverteerde som van de ingangssignalen. Dit is heel precies, theoretische en praktische waarden liggen heel dicht bijeen. (grootste $\Delta U_o = 0,04$ V)

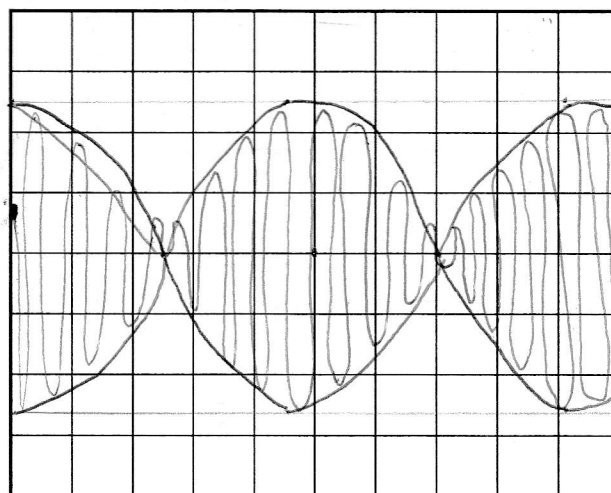
3 Dynamische werking

3.1 Schema



3.2 Metingen

- Bouw de schakeling volgens bovenstaand schema. Vergeet niet de weerstanden R_3 , R_4 , R_5 , R_6 , P_1 en P_2 uit de vorige meting te verwijderen.
- Sluit twee sinusgeneratoren aan en stel de eerste generator U_{g1} in op 50kHz, 1.5V_{pp} en de tweede generator op 54kHz, 1.5V_{pp}.
- Meet het uitgangssignaal U_o van deze versterkerschakeling met de oscilloscoop. Het zal daarbij nodig zijn om wat te experimenteren met de triggering van de oscilloscoop om tot een goede weergave van het signaal te komen.
- Teken de gemeten signalen nauwkeurig over op het volgende scoopbeeld. Kies de instellingen van de oscilloscoop zodanig dat je een volledig scoopbeeld krijgt. Vergeet niet de gebruikte scoopinstellingen (V/div en time/div) te vermelden.



CH1: 0.5 V/div
time: 50 µs/div

- Geef een verklaring van het bekomen resultaat.

Doordat de 2^{de} ingang sneller oscilleert (hogere f).
gaat de eerste ingang steeds beginnen verschuiven in fase.
na een bepaalde periode zal deze weer in fase komen
(knipen). De signalen verschuiven lichtjes van fase.
 \Rightarrow omhullende sinus

- Herneem deze meting met de volgende ingangssignalen:

Generator 1: sinus

$f : 50\text{kHz}$

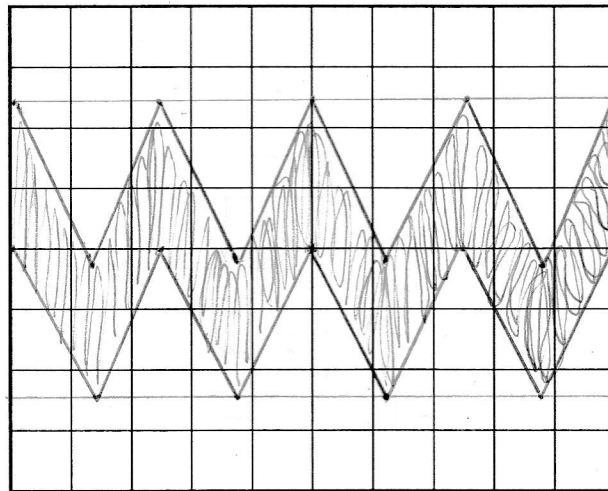
$U_{g1} : 1.5V_{pp}$

Generator 2: driehoek

$f : 2\text{kHz}$

$U_{g2} : 1.5V_{pp}$

- Neem het resultaat over op het volgende scoopscherm.



CH1: 0.5V/div

time: 0.2ms/div

- Verklaring en besluiten.

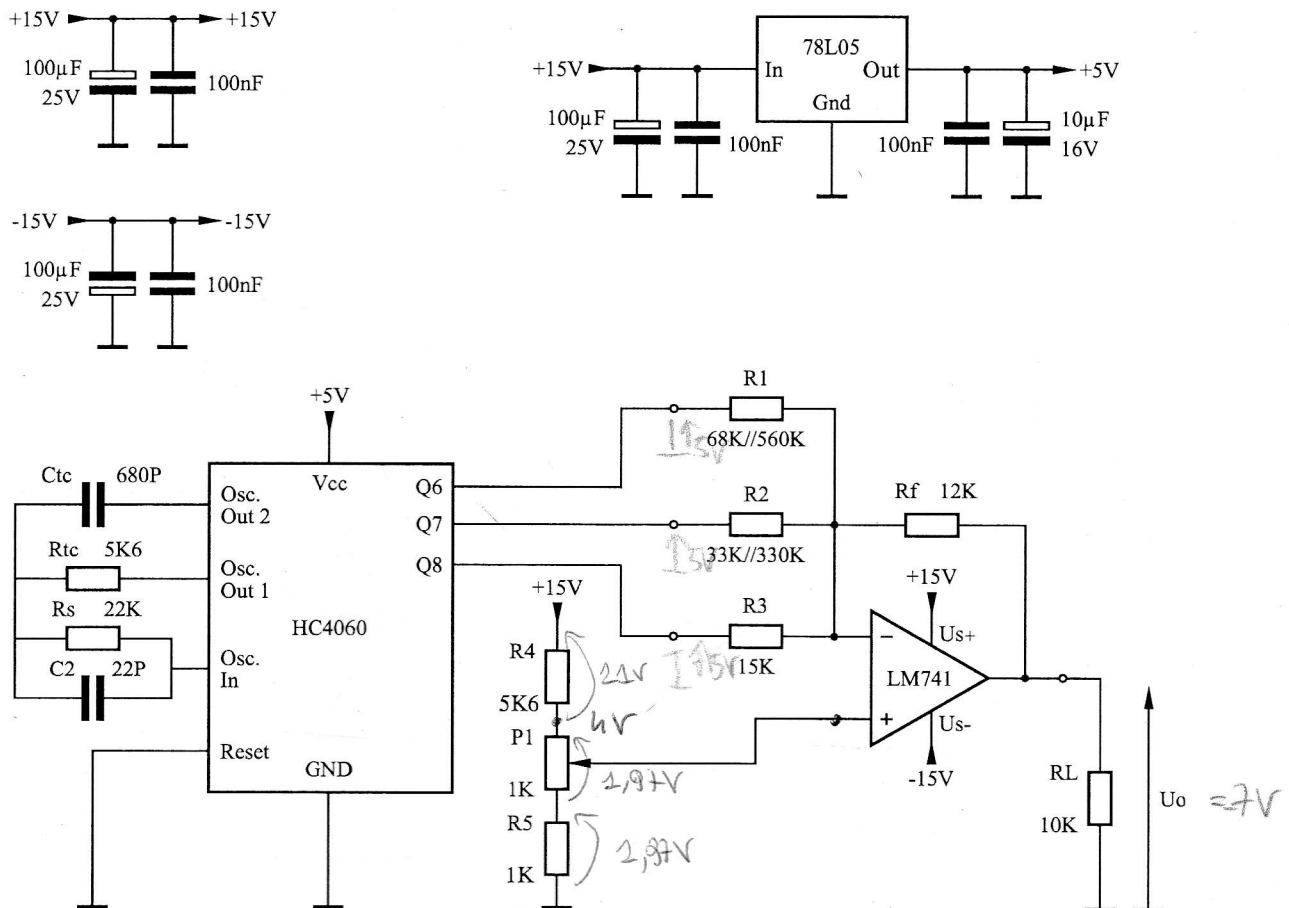
De driehoeksgolf oscilleert zeer traag en de sinus
zeer snel, de sinus zet zich vast op het trage
oscilleert van de driehoek.

4 Trapspanningsgenerator

4.1 Schema

Bij deze opgave is het de bedoeling om een trapspanning te bekomen die varieert tussen 0V en 7V. De realisatie van dit signaal zal gebeuren d.m.v. een inverterende sommator met drie ingangen die gestuurd wordt met pulsen die afkomstig zijn uit een reeks flip-flops.

De flip-flops die dienst doen als tweedelers zijn in cascade geschakeld vertrekkende van een vaste referentie-oscillator. Er zijn acht verschillende niveaus in de trapspanning gewenst d.w.z. dat er drie bits zullen voor nodig zijn. Voor de oscillator samen met de flip-flops gebruiken we een IC van het type HC4060. Dit is een high speed CMOS 14-stage binary ripple counter met ingebouwde oscillator. We kiezen een oscillatiefrequentie van ongeveer 100kHz. Voor de aansturing van de inverterende sommator gebruiken we de uitgangen Q₆, Q₇ en Q₈. Merk op dat bij de gebruikte inverterende sommator het nulpunt verschoven is via de schakeling rond potentiometer P₁.



4.2 Berekeningen

- Men stelt voorop dat de gewenste trapspanning uit 8 verschillende niveaus moet bestaan. Het is de uiteindelijke bedoeling om een dalende trapspanning te bekomen met als hoogste niveau 7V en als laagste 0V. Het spanningsverschil tussen twee opeenvolgende trappen moet een constante zijn en bedraagt dus exact 1V. Op bovenstaand schema is ook duidelijk te zien dat de voedingsspanning van het IC HC4060 5V bedraagt. Bepaal aan de hand van deze gegevens de theoretische waarde van de weerstanden R₁, R₂ en R₃ uit de inverterende sommatorschakeling om tot de gewenste trapspanning te komen. Hierbij is gegeven dat R_f een waarde heeft van 12K.

- Berekeningen:

$$U_0 = - \left(\frac{R_f}{R_1} U_{g1} + \frac{R_f}{R_2} U_{g2} + \frac{R_f}{R_3} U_{g3} \right)$$

Voor $U_0 = -7V \Rightarrow -7V = - \left(\frac{12k\Omega}{4R_3} \cdot 5V + \frac{12k\Omega}{2R_3} \cdot 5V + \frac{12k\Omega}{R_3} \cdot 5V \right)$

$U_{g1} = U_{g2} = U_{g3} = 5V$

$4R_3$

$\Leftrightarrow R_3 = 12k\Omega \cdot 5V \cdot \frac{7}{4} \cdot \frac{1}{7V} = 15k\Omega$

- De weerstanden R_1 en R_2 die in deze schakeling werden voorzien zijn respectievelijk $68k\Omega$ in parallel met $560k\Omega$ en $33k\Omega$ in parallel met $330k\Omega$. De gebruikte weerstand R_3 bedraagt $15K$. Vergelijk de theoretisch berekende waarden met de praktisch gebruikte waarden.

Component	Theoretisch	Praktisch
R_1	$60k\Omega$	$60,64k\Omega$
R_2	$30k\Omega$	$30,00k\Omega$
R_3	$15k\Omega$	$15k\Omega$

$$= \frac{68k\Omega \cdot 560k\Omega}{68k\Omega + 560k\Omega}$$

$$= \frac{33k\Omega \cdot 330k\Omega}{33k\Omega + 330k\Omega}$$

- Daar men gebruik maakt van een inverterende sommatoren zou de opgewekte trapspanning aan de uitgang van de opamp variëren tussen $0V$ (Q_6 , Q_7 en Q_8 op $0V$) en $-7V$ (Q_6 , Q_7 en Q_8 op $5V$). Om een trapspanning te bekomen die verloopt tussen de $+7V$ en $0V$ zal het dus nodig zijn om een DC-verschuiving van $+7V$ op het uitgangssignaal toe te passen. Deze DC-verschuiving wordt veroorzaakt door het circuit bestaande uit R_4 , R_5 en P_1 .
- Bepaal theoretisch op welke waarde de spanning op de loper van potentiometer P_1 moet worden ingesteld.

$? = U_{g1} \cdot \frac{R_5}{R_4 + R_5} + U_{g2} \cdot \frac{R_4}{R_4 + R_5}$

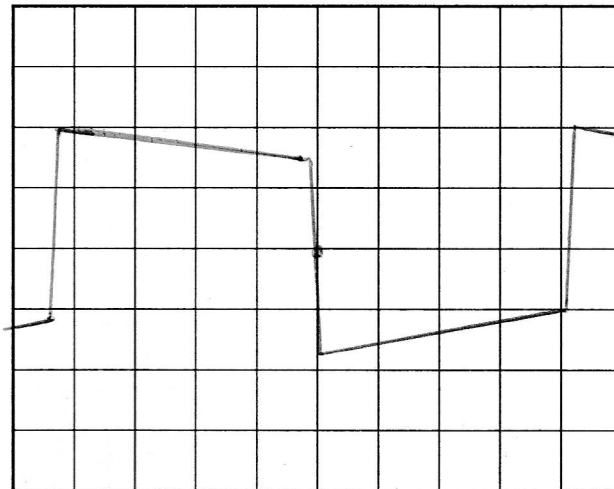
- Voor het opwekken van het oscillatorsignaal wordt bij deze toepassing gekozen voor een RC-oscillator configuratie. Zoek in de datagegevens van het IC HC4060 op hoe je de frequentie van het oscillatorsignaal moet bepalen en voer de nodige berekeningen uit.

$$f = \frac{1}{3 R_{TC} C_{TC}} = \frac{1}{3 \cdot 22k\Omega \cdot 22pF} = 87,5kHz$$

(datasheet) $5,6$

4.3 Metingen

- Bouw de volledige schakeling maar sluit de telleruitgangen Q₆, Q₇ en Q₈ nog niet aan.
- Meet met de oscilloscoop het oscillatorsignaal Osc. 2 en teken dit signaal over.

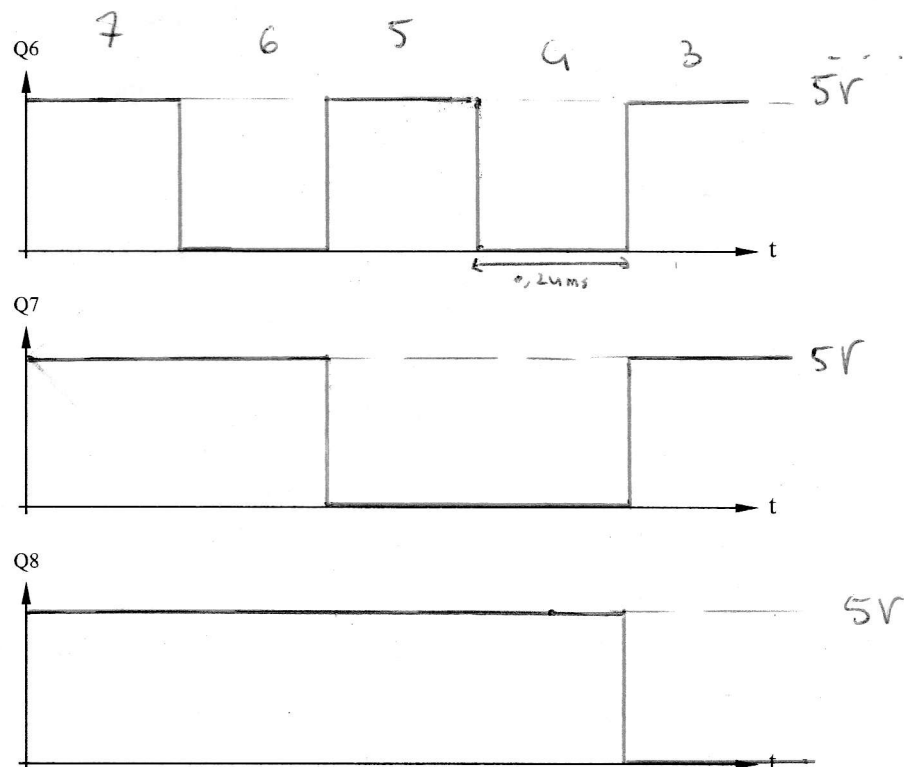


CH1 5mV/div
time 1μs/div

- Bepaal de frequentie van het oscillatorsignaal en vergelijk met de theoretische waarde.

$$T = 8,4 \text{ divs} \rightarrow \frac{1 \mu\text{s}}{\text{div}} \Rightarrow f = \frac{1}{8,4 \mu\text{s}} = 120 \text{ kHz}$$

- Meet eveneens met de scoop de signalen Q₆, Q₇ en Q₈ en teken deze onder elkaar in hun juiste tijdsverband.



- Verklaar deze signalen.

we tellen binair van 7 naar 0.

- Stel de potentiometer P_1 in op middenstand.
- Sluit alleen de telleruitgang Q_6 aan en meet de amplitude van het uitgangssignaal U_o .

amplitude is 1V

- Vervolgens sluit je alleen de telleruitgang Q_7 aan en meet je de amplitude van het uitgangssignaal U_o .

amplitude is 2V

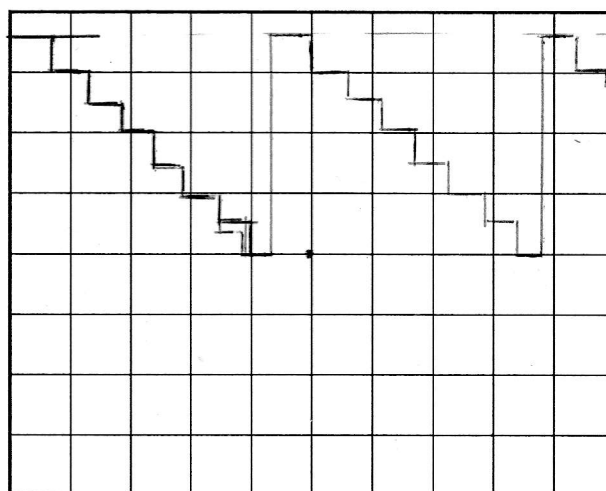
- Verder sluit je alleen de telleruitgang Q_8 aan en meet je de amplitude van het uitgangssignaal U_o .

amplitude is 4V

- Verklaar de drie gemeten resultaten.

Dit zijn de logische gewichten van de IC-uitgangen.
spanningsdeling van $R_1 / R_2 / R_3$ met R_f .

- Vervolledig nu de schakeling door de telleruitgangen Q_6 , Q_7 en Q_8 aan te sluiten aan de inverterende sommatoren.
- Meet met de oscilloscoop het uitgangssignaal U_o en stel potentiometer P_1 zo in dat de onderkant van het trapsignaal juist op 0V ligt. Geef het resultaat nauwkeurig weer op het bijhorende oscillogram (scoopinstellingen noteren a.u.b.).



CH1: 2V/div

Time: 0.5ms/div

- Controleer of de spanningsniveaus juist liggen.

- Meet met de multimeter de gelijkspanning op de looper van potentiometer P_1 en vergelijk met de theoretisch berekende waarde.

we meten 2,92V

5 Besluiten

Geef een overzicht van de besluiten die je hebt gevonden bij het uitvoeren van de proeven op een inverterende sommator.