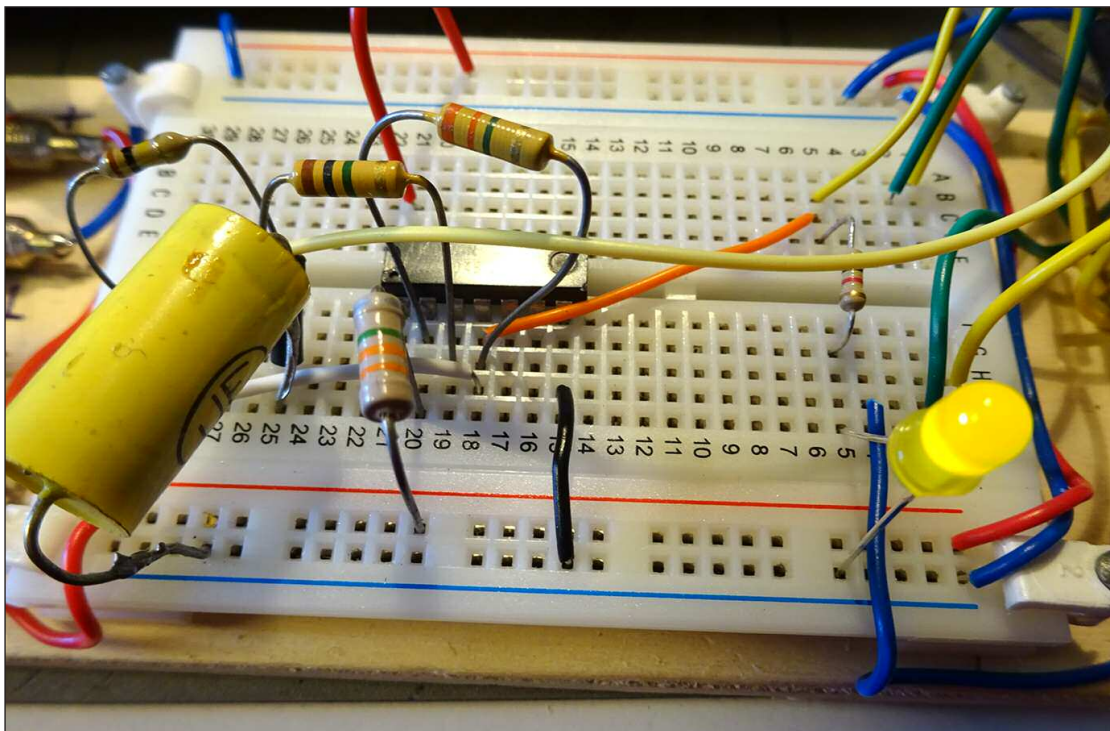
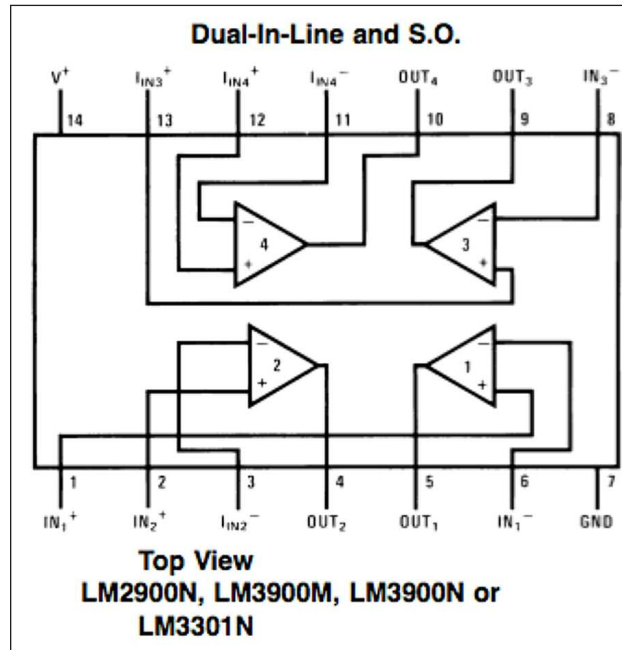


LM3900 testschakeling (2)

Ook geschikt voor andere IC's, met aangepaste aansluitingen en pin configuratie



Er zijn single, dual en Quad opamps:

Op een universele testprint kan een 8 pins (single), een 8 pins (dual) en 14 pins (quad) IC voeten worden gebruikt. In totaal 3 IC voeten.

De single uitvoering krijgt 1 LED, de dual twee en de Quad 4 stuks als indicatie.

E.v.t. kunnen de in- en uitgangspennen naar boven worden uitgevoerd als testclip voor bv. een oscilloscoop aansluiting.

Dezelfde schakeling (5 weerstanden, 1 diode en 1 elco) komt daarmee 7 x terug op het printboard.

8 pins

LM101A (single)

LM201A (single)

LM301A (single)

LM741 (single)

(de TO99 package is de ronde vorm met 8 pins en dus lastiger te plaatsen in een rechte IC voet.)

TL081 (single), TL082 (dual), TL084 (single)

TL084 wordt ook in een 14 pins uitvoering gebracht (Quad)

TL071, TL072 (dual)

TL082 (dual)

LM1458 (dual)

LM4558 (dual)

LM1458 (dual)

14 pins

TL074 (dual)

LM124, LM224, LM324 (quad)

Bij het tekenen van de schakeling dienen de configuraties vooraf te worden uitgezocht, temeer omdat fabrikanten eenzelfde type in diverse behuizingen uitbrengt met diverse aantallen opamps.

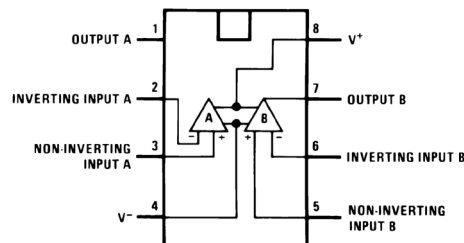
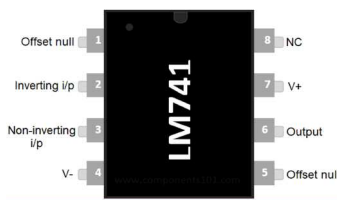
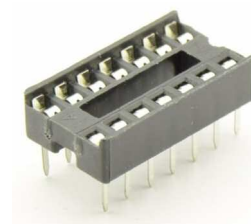
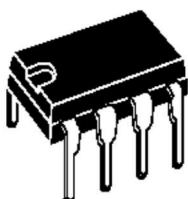
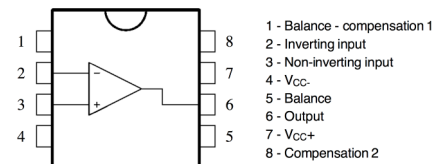
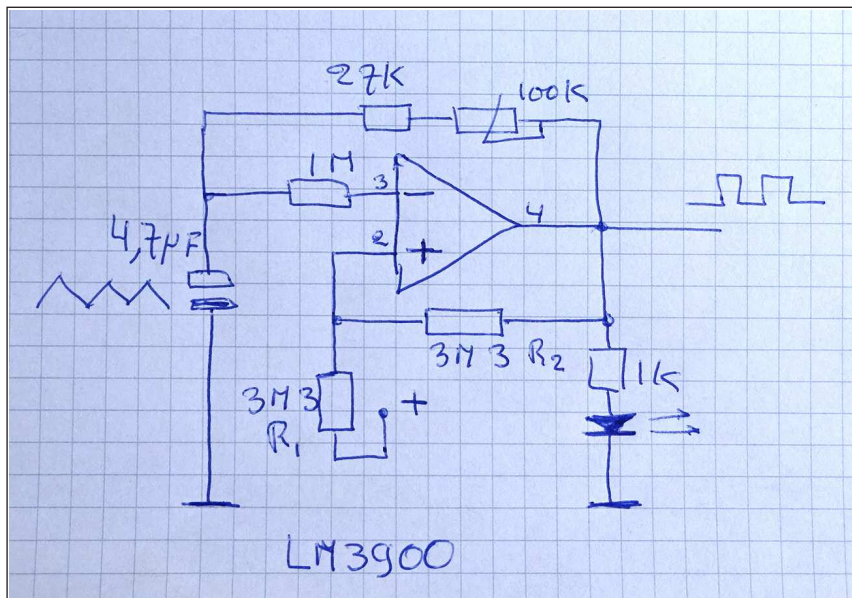


Figure 2. Dual-In-Line Package (Top View)
See Package Number D (R-PDSO-G8) or P (R-PDIP-T8)

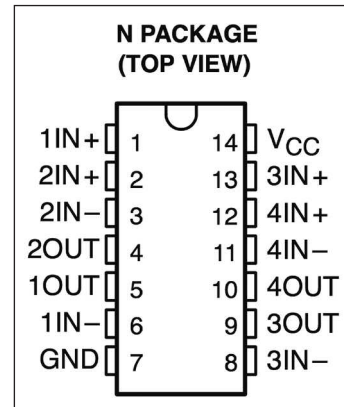




Testschakeling LM3900

knipperende LED als indicatie

Dual IC in 14 pins.



Test schakeling 2

Sluit de te testen IC LM3900 op de voedingsspanning aan.

Pin 14 met de plus en pin 7 met de min.

De test geeft aan of de opamp (CDA) oscilleert en of de uitgang hoog of laag blijft (evt defect).

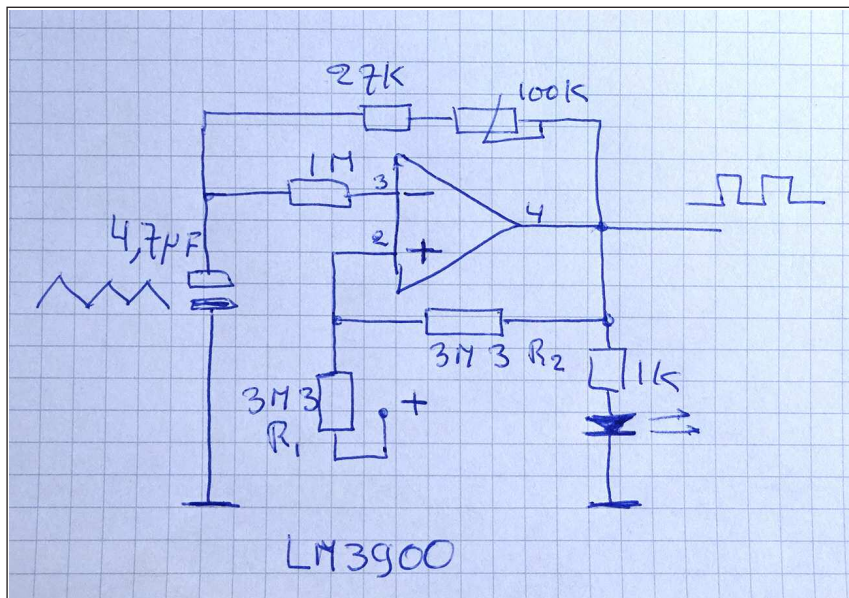
De voedingsspanning voor de LM3900 ligt binnen de opgegeven specificatie 4 Volt - 36 Volt. Bij voedingsspanningen boven de 10 Volt dienen de serieweerstanden met de LED's evenredig te worden verhoogd, aangezien ze te veel stroom zouden trekken en de maximale te leveren stroomsterkte van de uitgang en de LED's in gevaar komt.

Met deze tweede testschakeling zijn alle vier de individuele opamps, na elkaar te testen. Waarbij de eigenlijke testschakeling (om onderdelen te besparen) slechts éénmaal is uitgevoerd. Het is natuurlijk ook mogelijk om deze vier keer uit te voeren, zodat 'direct' kan worden bekeken hoe het staat met de LM3900.

Hier prikken we de 2 ingangen en de 1 uitgang draadjes eenvoudig op de juiste pennen.

Pin configuratie LM3900

+ ingang	- ingang	uitgang
2	3	4
1	6	5
13	8	9
12	11	10



Testschakeling met variabele frequentie instelling 100 kOhm trimmer.

Knipperlicht om de goede werking van bv. LM3900 te controleren, of gewoon als knipperinstallatie te gebruiken.

Er zijn 4 opamps in het IC, waardoor u deze alle vier kan benutten.

De schakeling kan voor een veelvoud van andere opamps worden gebruikt om deze ook op goede werking te testen, zie cover pagina.

De knipperfrequentie wordt zo gekozen dat duidelijk de aan-uit tijd zichtbaar is. Met verandering van de component waardes (weerstand en condensator) zelf in te stellen.

In eerste instantie werd een vaste weerstand in serie met een trimmer gekozen om de gewenste knipperfrequentie te kunnen beoordelen, zie bovenstaand schema.

$R = 27 \text{ kOhm}$ en trimmer 100 kOhm .

Later werd de trimmer en weerstand vervangen door een weerstand van 100 kOhm .

Astabele Multivibrator

We gaan eerst in op het belangrijkste onderdeel van de Astabele Multivibrator: de Schmitt-trigger bekijken. Deze is het essentiële onderdeel van veel oscillatoren.

Middels een weerstand wordt een condensator opgeladen, maar op een gegeven moment moet het laden (en de spanningsverhoging) stoppen om te worden omgezet in de ontladingscyclus.

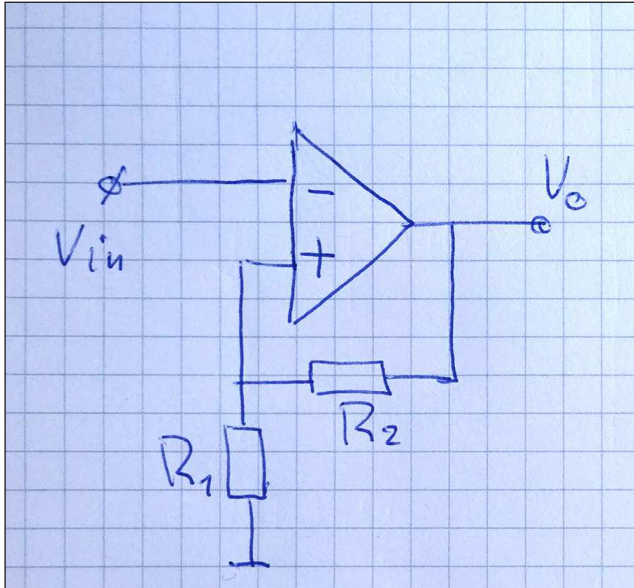
Het ontladen kan middels dezelfde weerstand gebeuren, door een andere schakeling, of zoals bij VCO's met een zaagtand en transistor. De transistor sluit de lading van de condensator in één keer kort (of via een weerstand), waarna een nieuwe laadcyclus kan aanvangen.

Het punt waarop de lading voldoende is en het punt waarbij het ontladen vrijwel gebeurt is, kan met de Schmitt-trigger schakeling worden gestuurd.

SCHMITT-Trigger

In bijgaand principe schema is een opamp als Schmitt-trigger geschakeld met positieve tegenkoppeling. Indien een opamp met positieve tegenkoppeling is uitgerust hebben we vaak met een Schmitt-trigger schakeling te maken.

In de + ingang van de opamp is een spanningsdeler aangebracht. Bij een stroomgestuurde opamp zoals de LM3900 liggen de weerstandswaarden aanzienlijk hoger dan bij normale opamps.



Hier gebruiken we een spanningsdeler bestaande uit 2 x 3,3 MOhm weerstanden.

In de Applicatie Note (1) worden op dezelfde plek zelfs twee stuks 10 MOhm weerstanden gebruikt, waardes die wellicht niet direct uit bestaande weerstandsvorraad voorhanden zijn.

Referentie (1)

LM3900

AN-72 The LM3900: A New Current-Differencing Quad of Plus or Minus Input Amplifiers

* SNOA653.pdf

pagina 22, 7.2 Squarewave generator.

Omdat de uitgang van de opamp gevoed wordt vanuit een positieve aansturing (feedback) zal de uitgang (na het inschakelen) evenwicht zoeken dicht tegen de verzadigingsspanning aan van de + voedingsspanning.

De spanning neemt telkens verder toe door de positieve tegenkoppeling tot verzadiging is bereikt.

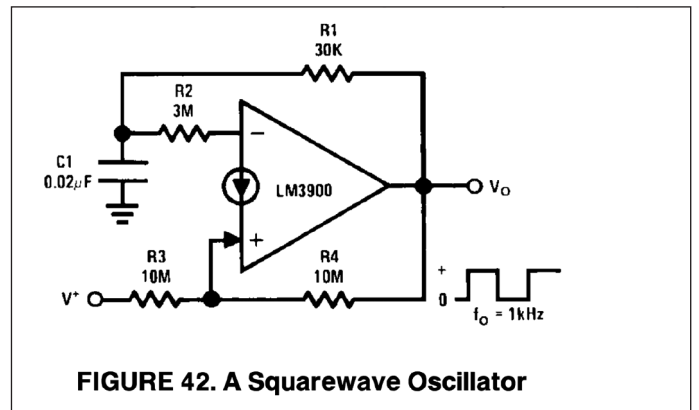


FIGURE 42. A Squarewave Oscillator

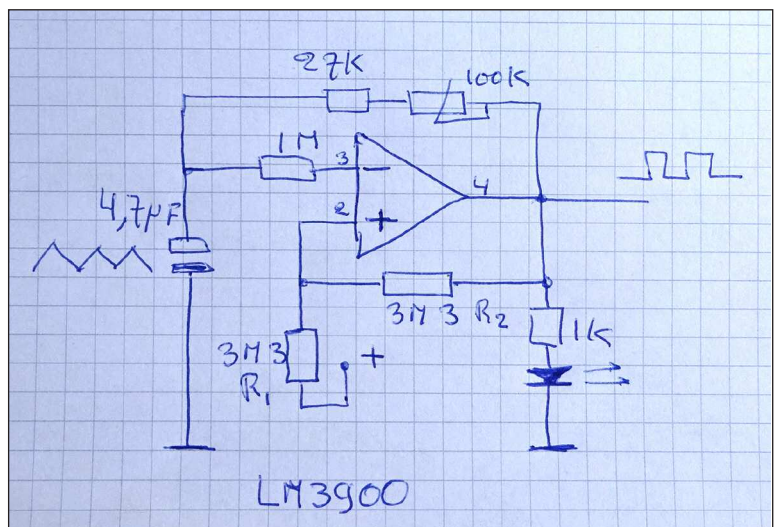
In deze schakeling is

$$V_{ref} = V_{sat} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

V_{ref} staat voor de aangelegde spanning op de positieve + ingang, een referentiespanning.

Dus de spanning over R_1 is bepalend en gelijk aan die van de + ingang. Maar in wezen kunnen we ook over een kleine stroom praten, hetgeen bij de LM3900 beter van toepassing is.

We nemen aan dat na het inschakelen van de voedingsspanning de uitgang de posi-



tieve verzadigingsspanning heeft bereikt (+ V sat).

En dat is het geval als de spanning lager is dan de aangelegde

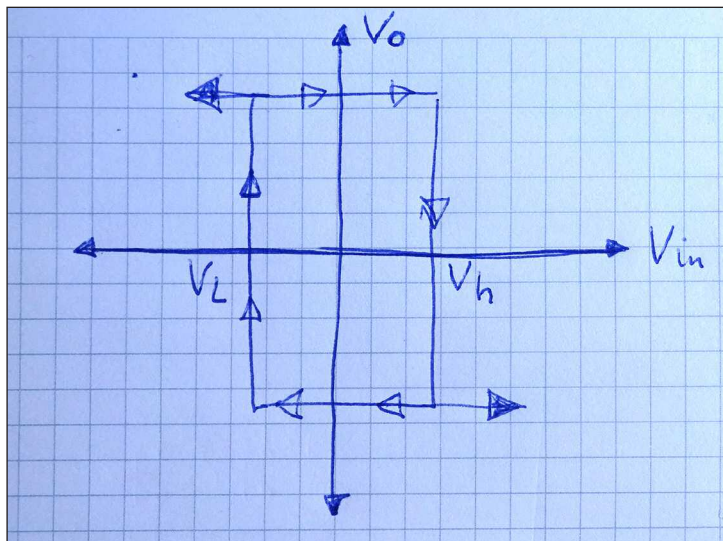
$$V_{ref} = V_{sat} \times \left(\frac{R1}{R1 + R2} \right) .$$

De uitgang van een opamp kan worden bepaald door de open-loop versterking vermenigvuldigd met het verschil van de + en - ingangen.

Als de (spanning) stroom op de - (invertende) ingang hoger is dan de V_p (+ ingang), zal de uitgang in de negatieve verzadiging gaan.

Met behulp van het bekende Schmitt-trigger overdrachtsschema is dat duidelijk.

'Transfer function' van niet inverterende Schmitt trigger.



Hier gaat het om R1 en R2, die dezelfde 3M3 Ohm waarde hebben.

Veranderen we bv. alleen R1 of R2, dan zien we dat de transfer functie / hysteresis mee wijzigt.

Deingangsspanning is langs de horizontale x-as uitgezet.

De bovenste grensspanning wordt met V_h (hoog) aangegeven, de lage grensspanning met V_l (laag).

Indien dezeingangsspanning groter is dan de

V_h zien dat de uitgangsspanning (verticaal langs de y-as) van de hoge positieve spanning zal omschakelen naar de lage verzadigingsspanning.

Zodra de ingang minder is dan de lage grenswaarde V_l zal de uitgangsspanning op zijn beurt van een lage spanning omklappen naar de hoge verzadigingsspanning.

Het oppervlak van de ruitfiguur geeft de hysteresis aan.

Liggen de x-as spanningen dicht bij elkaar, dan zal de aan-uit tijd van de golfvorm in de buurt van de 50% komen te liggen.

Indien er grote verschillen zijn, dan zal de periodetijd duidelijk verschillen, de golfvorm is dan niet symmetrisch meer.

Bij de **positieve** ingang wordt elke spanning/stroom als het ware versterkt naar de uitgang toe.

Bij de **negatieve** ingang worden alle spanningen/stroom die veranderen op de uitgang als het ware tegengewerkt.

Referentie

Schmitt trigger en hysteresis

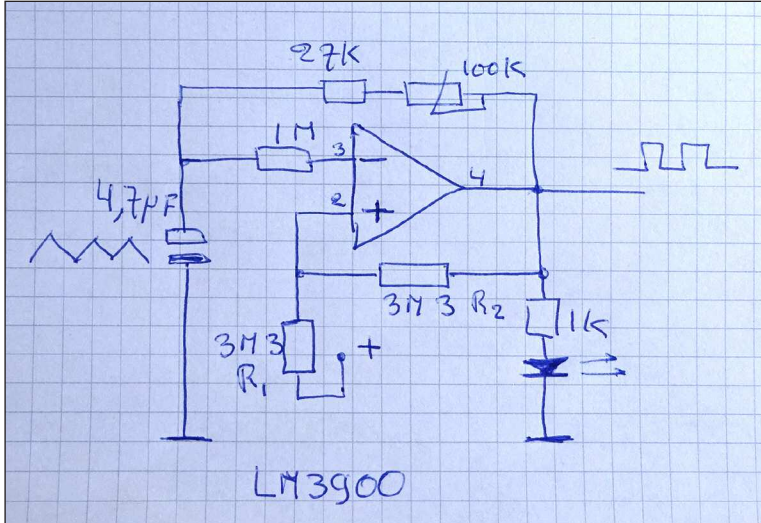
https://en.wikipedia.org/wiki/Schmitt_trigger

R1 wordt van 3M3 vervangen door 1 MOhm weerstand in serie met 5 MOhm trimmer.

Bij het naar nul draaien van de trimmer stopt de oscillatie.

1 MOhm is kennelijk te weinig op deze plek.

Vervangen door 2M2 blijkt nog te laag, 2M7 voldoet wel aan de voorwaarde.



Voedingsspanning 6 Volt, periodetijd 13,6 ms / 73,5 Hz. Pulsverhouding 3,5 : 1.

Opregelen naar 6 MOhm levert een pulsverhouding van

1,3 : 1. met $T = 9,2$ ms $f = 108$ Hz.

7M7 Ohm:

0,9 : 1 met $T = 8,8$ ms $f = 112$ Hz.

Opdraaien van de voedingsspanning tot 9 Volt

7M7 Ohm: 0,76 : 1 met $T = 9,2$ ms $f = 110$ Hz

2M7 Ohm: 2,6 : 1 met $T = 11,6$ ms $f = 86$ Hz

Indien de uitgang net **hoog** is staan R1 en R2 in wezen parallel aan elkaar. Via de bovenste weerstand wordt de condensator opgeladen. De stroom op de - ingang neemt dus geleidelijk toe.

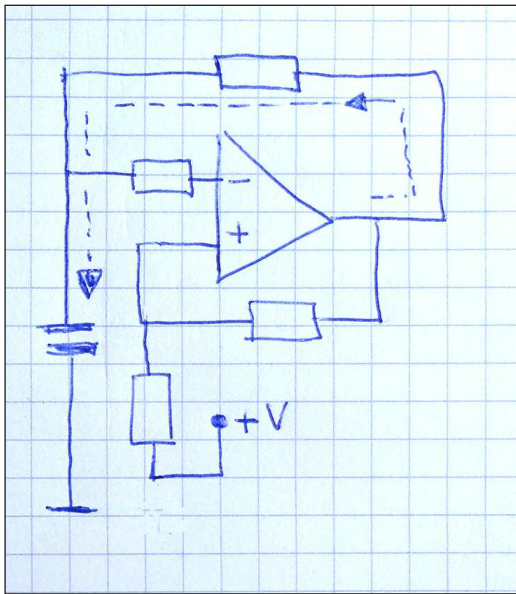
De stroom op de + ingang is dan bij benadering U_B (voedingsspanning) / (3M3 // 3M3).

Bij 6 Volt: 3,63 μ A. Dit is de referentiestroom, waarbij de - ingang wel, of niet de uitgang naar laag zal brengen, afhankelijk van de spanning over condensator C.

Indien de uitgang net **laag** is zal de condensator worden ontladen. De spanning en de stroom richting op de - ingang nemen af.

Er blijft voor de stroomvoorziening naar de + ingang R1 over met de spanningsdeler R2. De stroom wordt dan ongeveer $(U_B / 2) / 3M3 = 3 / 3M3 = 0,9$ μ A. Bij dezelfde waarde zal de - ingang dus 'besluiten' om de uitgang weer omhoog te dwingen.

Hiermee is de basiswerking van de Schmitt-trigger uitgelegd, indien de ingang van buitenaf wordt gevoed. Dat is bij de astabiele multivibrator niet het geval. Daar wordt de - ingang aangestuurd vanuit de opgebouwde spanning over condensator C.



Via de bovenste weerstand R3 wordt de condensator afwisselend op- en ontladen.

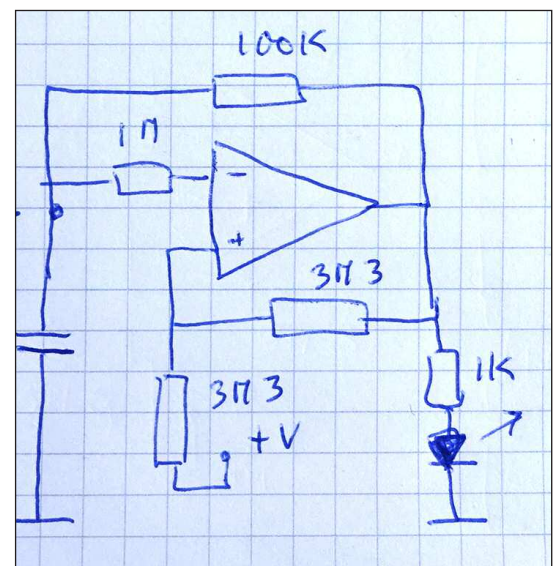
We hebben hier dus de klassieke schakeling van een weerstand, die via een positieve spanning (in dit geval de uitgang van de opamp) de condensator aan het opladen is.

Hoe hoger de weerstandswaarde des te langer duurt het opladen van de condensator en des te meer wordt de condensator met een 'constante' stroom geladen.

Het ontladen gebeurt via dezelfde weg. En dat is weer belangrijk om een goede driehoek-golfvorm te verkrijgen (over de condensator) die prima voor verdere versterking is te gebruiken.

Normaal zouden we duidelijk een holle en bolle RC curve van de spanning over de condensator zien. Door de relatief hoge weerstandswaarde R3 (100 kOhm) met een meer egale stroom toe- en afvoer, waardoor de bogen iets rechter zijn. Met afwijkende pulsverhoudingen komen de bogen echter weer duidelijk naar voren.

De complete schakeling is hier getekend. Waarbij R3 de spanning op de uitgang (wisselend + V_{sat} en - V_{sat}) doorgeeft als laadstroom voor condensator C. We gaan er van uit dat er nauwelijks stroom in de - ingang kan lopen (hoogohmig). Dus de meeste stroom door de weerstand zal uiteindelijk resulteren in de lading- of ontlading van de condensator.



De gestipelde lijn geeft de maximale positieve en negatieve spanning weer. De condensator kan theoretisch dus tegen deze twee grenswaarden aan worden ge- en ontladen. In de praktijk geldt dat 2/3 van de voedingsspanning de grens is en 1/3 van de spanning de ondergrens. Zoals met het bekende IC 555 ook het geval is.

Werking

De periode-tijd van de schakeling is afhankelijk van ondermeer R3 en C, maar ook van de bovenste- en onderste grenswaarde (verzadiging) van de opamp.

Gaan we uit van een 50% pulsverhouding (de helft van de periode hoog en de helft laag).

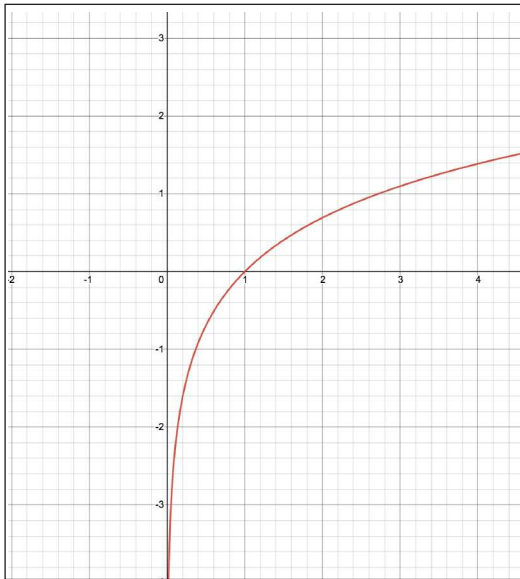
periode tijd T ($T = 1/f$) $T = 2 RC \cdot \ln(1+x)/(1-x)$

(ln = 'logn' in engelse taal)

waarin ln de natuurlijke logaritme is

x = de verhouding van de weerstanden, hier dus $R_1 / R_1 + R_2$.

Bij gelijke weerstanden $x = 0,5$
 $T = 2 RC \cdot \ln(1 + 0,5) / (1 - 0,5)$
 $T = 2 RC \cdot \ln(3)$
 $T = 2 RC \cdot 1,10$
 $e = 2,7183$



$\ln 2 = 0,69$
 $\ln 2,5 = 0,92$
 $\ln e = 1$
 $\ln 3 = 1,10$
 $\ln 4 = 1,39$

Grafiek van de natuurlijke logartime $y(x) = \ln(x)$.

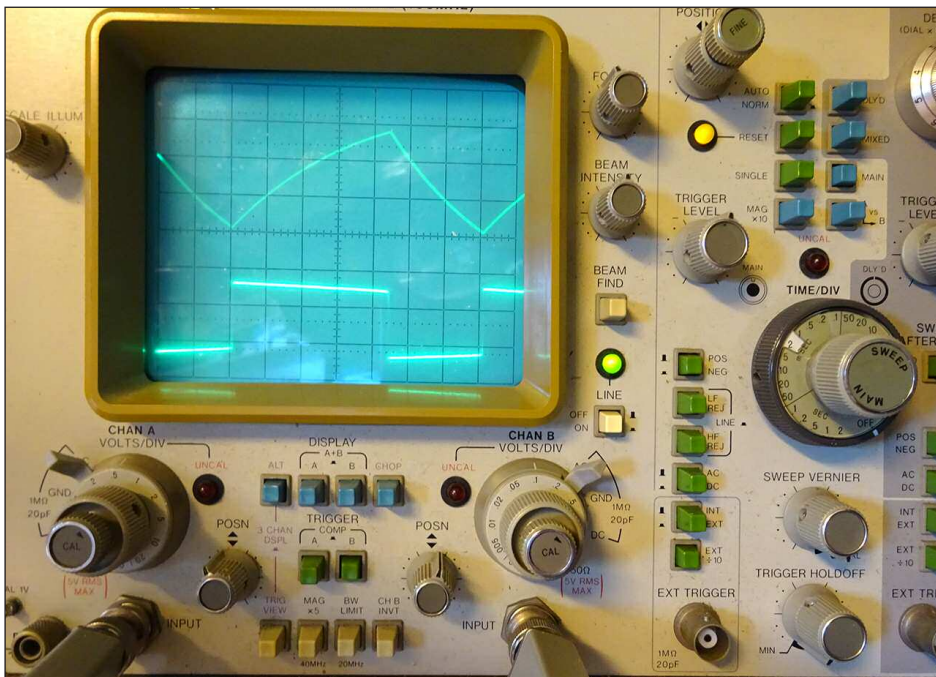
Zie de grafische rekenmachine

<https://www.desmos.com/calculator?lang=nl>

Vullen we de gegevens van de schakeling in:

$T = 2 \times 100 \text{ k} \times 4,7 \text{ uF} \cdot 1,10 = 940 \cdot 1,10 = 1034 \times 10^{-3} = 1,034 \text{ seconde.}$

frequentie $1/T = 0,967 \text{ Hz}$



Oscilloscoopbeeld van de driehoeksspanning over de condensator en de blokspanning aan de uitgang.

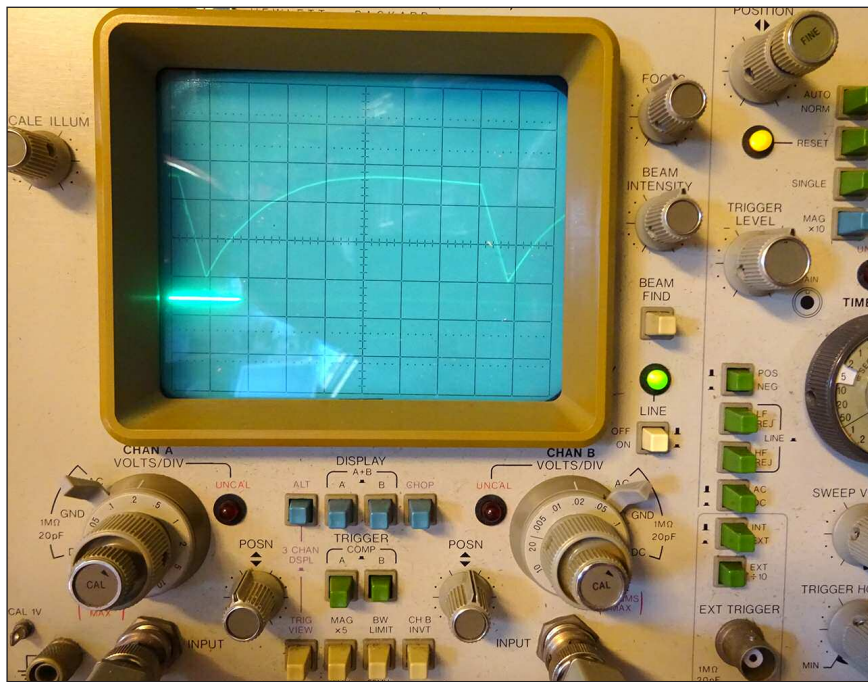
Omdat foto's van langzame aan/uit-tijden lastig op te nemen zijn, is de condensator van $4,7 \text{ uF}$ gewijzigd in 100 nF .

Voedingsspanning 6 Volt .
Pulsverhouding ongeveer $2:1$.

De periodetijd T gemeten is

ca. $14,4 \text{ ms}$ of te wel $69,4 \text{ Hz}$.

Driehoeksspanning ca. $1,5 \text{ V t.t.}$ en de blok op uitgang ca. 5 V top top .



Driehoek en blok bij een lage voedingsspanning van 2,8 Volt.

De pulsverhouding verandert fors. De frequentie verandert vanaf ca. 4 Volt voedingsspanning en hoger niet zo veel meer.

We kunnen de frequentie van buitenaf enigszins sturen door over de condensator een weerstand van 1 MOhm aan te sluiten.

Met 0 Volt op deze DC-ingang is de T (periode tijd).

0 V	17,5 ms	57 Hz
0,5 V	17 ms	58,8 Hz
1 V	16,25 ms	61,5 Hz
2 V	15,5 ms	64,5 Hz
3 V	15 ms	66,6 Hz

Verandering van condensator waarde van 100 nF naar 82 nF

Voedingsspanning 6 Volt

$R = 100 \text{ k}\Omega$

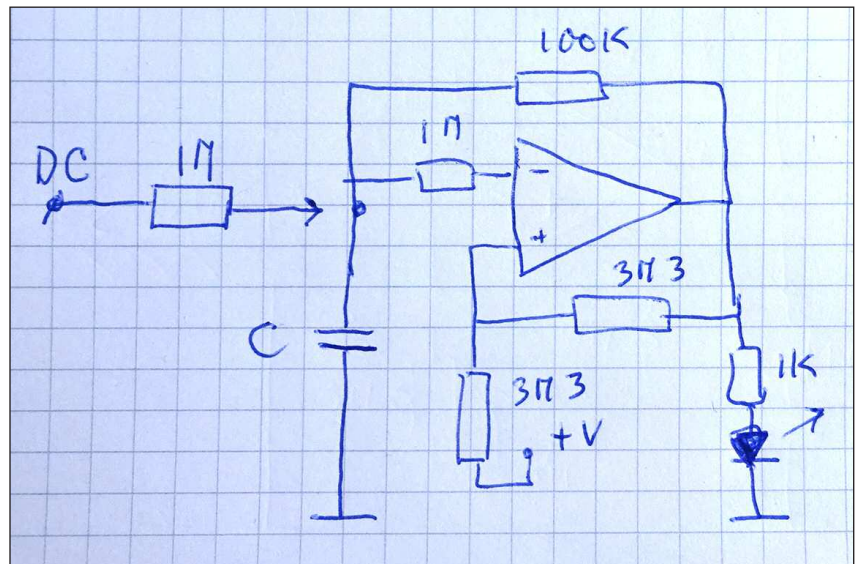
$T = 10 \text{ ms}$ $f = 100 \text{ Hz}$

Verandering van de bovenste R weerstand van 100 kOhm naar 47 kOhm

$C = 82 \text{ nF}$, voedingsspanning 6 Volt:

$T = 4,4 \text{ ms}$ $f = 227 \text{ Hz}$

Bij deze lagere weerstandswaarde gaat de oscillator al bij 2,4 V voedingsspanning 'aan'.



De slew-rate waarde van de LM3900 bedraagt 0,5 V/us (van laag naar hoog), waardoor de uitgangsspanning (een blok) een relatieve langzame stijg- en daaltijd heeft. De schakeling is dan ook bruikbaar in het kilohertz gebied.

Gemeten met 25° C, V 10 V, CL 100 pF en RL 2 kOhm. (Slew rate at unity gain).

De slewrate van hoog naar laag is trager: 20 V / us.

In de Application Note (SNOA653.pdf Texas Instruments) wordt voor de opwekking voor een 1 kHz blokgolf de volgende waarden gebruikt:

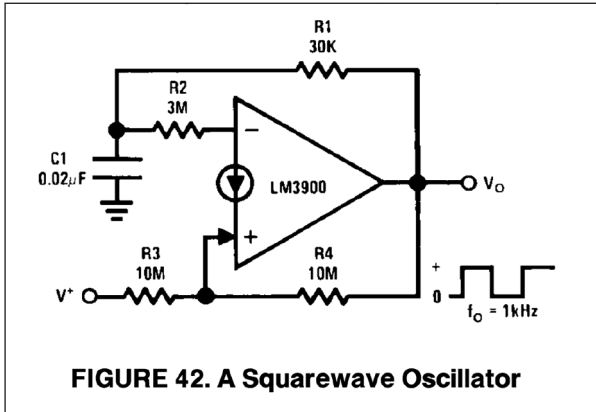
$C = 20 \text{ nF}$

$R1 = 10 \text{ MOhm}$

$R2 = 10 \text{ MOhm}$

R3 = 30 kOhm

R4 = 3 MOhm



Indien we in die schakeling de stroom door R2 bekijken (afhankelijk van de opbouwde condensator spanning) en van R4 even verwaarlozen, dan zal de schakeling worden getriggerd als de stroom daar gelijk is aan die van R3 vanaf de + voedingsspanning gerekend.

En dat gebeurt bij ca. $2/3 + V$.

Het andere schakelpunt is bij $+ V / 3$ van de voedingspanning.

Duidelijk wordt dat de spanning over de condensator niet de vrijwel maximale voedingsspanningszwaai van de blokgolf aan de uitgang kan hebben, maar slechts minder dan een $1/3$ daarvan.

Fig. 5 open loop gain LM3900
SNOA653 Application Note.

