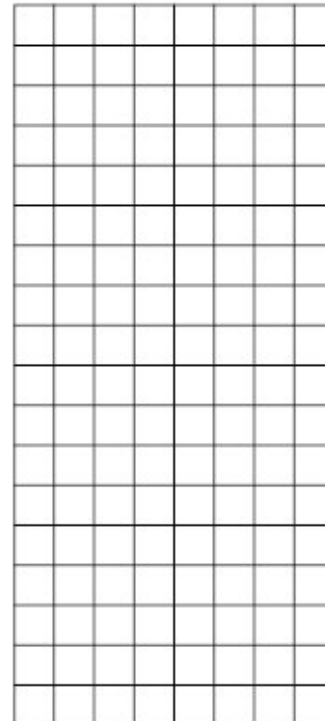
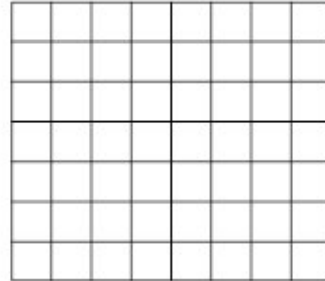


# G E B R U I K S A A N W I J Z I N G



Bestnr. 19 22 97

**Conrad leerpakket  
elektronica speciaal**



Alle rechten, ook vertalingen, voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een automatische gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van CONRAD ELECTRONIC BENELUX B.V.

Nadruk, ook als uittreksel is niet toegestaan. Druk- en vertaalfouten voorbehouden. Deze gebruiksaanwijzing voldoet aan de technische eisen bij het in druk gaan. Wijzigingen in de techniek en uitvoering voorbehouden.

© Copyright 2011 by CONRAD ELECTRONIC BENELUX B.V.

Internet: [www.conrad.nl](http://www.conrad.nl) of [www.conrad.be](http://www.conrad.be)

Impressum  
© 2011 Franzis Verlag GmbH, D-85586 Poing  
www.elo-web.de

Auteur: Burkhard Kainka  
ISBN 978-3-645-10073-1

Geproduceerd in opdracht van de firma Conrad Electronic SE, Klaus-Conrad-Str. 1 , D-92240 Hirschau

Alle rechten voorbehouden, ook die van de fotomechanische weergave en het bewaren in elektronische geheugens. Het maken en verspreiden van kopieën op papier, gegevensdragers of op internet, in het bijzonder als PDF, is uitsluitend toegestaan met toestemming van de uitgeverij en kan anders strafrechtelijke gevolgen hebben.

De meeste productbenamingen van hard- en software en de bedrijfslogo's, die in dit boek genoemd worden, zijn in de regel geregistreerde handelsmerken en moeten zodanig in acht worden genomen. De uitgeverij handhaaft voor de productbenamingen hoofdzakelijk de schrijfwijze van de fabrikant.

Alle in dit boek gepresenteerde schakelingen en programma's zijn met de grootste zorgvuldigheid ontwikkeld, gecontroleerd en getest. Niettemin kunnen fouten in het boek en in de software niet helemaal uitgesloten worden. De uitgeverij en de auteur zijn niet aansprakelijk voor fouten en de eventuele gevolgen hiervan.



Elektrische en elektronische apparaten mogen niet als huishoudelijk afval verwijderd worden. Als het apparaat aan het einde van zijn levensduur is, dient u het te verwijderen volgens de geldende wettelijke voorschriften. Breng het naar een plaats waar elektrische en elektronische apparatuur gerecycled worden. Informeer bij uw gemeente over het voor u geldende afvalbrengpunt.



Dit product is overeenkomstig de geldende CE-richtlijnen, indien het volgens de bijgeleverde handleiding gebruikt wordt. Deze handleiding hoort bij dit product en moet meegegeven worden wanneer u het product doorgeeft aan derden.

# Leerpakket elektronica speciaal

<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>4</b>
	1.1 Experimenteerbord	5
	1.2 Batterij	6
	1.3 Lichtdiodes	7
	1.4 Weerstanden	7
	1.5 Condensatoren	8
	1.6 Toetsschakelaar	9
	1.7 Viervoudige NAND-poort	10
	1.8 Tweevoudig JK-flipflop 4027	11
<b>2</b>	<b>Inverter</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>Aanraakschakelaar</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>NAND-basisfunctie</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>AND- poort</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>OR-poort</b>	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>NOR-poort</b>	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>RS-flipflop</b>	<b>24</b>
<b>9</b>	<b>Knipperlicht</b>	<b>27</b>
<b>10</b>	<b>Dubbele knipperlicht</b>	<b>29</b>
<b>11</b>	<b>Variabele frequentie</b>	<b>31</b>
<b>12</b>	<b>Frequentiedeler</b>	<b>33</b>
<b>13</b>	<b>Deler door vier</b>	<b>36</b>
<b>14</b>	<b>Stop and Go</b>	<b>39</b>
<b>15</b>	<b>Set en Reset</b>	<b>41</b>
<b>16</b>	<b>JK-flipflop</b>	<b>43</b>
<b>17</b>	<b>Schuifregister</b>	<b>46</b>
<b>18</b>	<b>Faseverschuiving 90°</b>	<b>49</b>
<b>19</b>	<b>Bit- decoder</b>	<b>52</b>
<b>20</b>	<b>Een uit vier</b>	<b>54</b>
<b>21</b>	<b>Synchrone teller</b>	<b>56</b>

# 1 Introductie

Digitale elektronica is de basis voor de moderne computertechniek. Digitaal betekent dat er alleen een duidelijk AAN of UIT in een schakeling bestaat, echter geen tussenstappen zoals half of driekwart, zoals dit bekend is bij de analoge elektronica. Op het eerste gezicht heeft men dus minder mogelijkheden.

Wanneer echter vele digitale leidingen gelijktijdig gebruikt worden, zijn er in totaal heel veel verschillende toestanden. Elk afzonderlijke toestand wordt als één bit genoemd. Een 8-bit-systeem kan tegelijkertijd 256 toestanden weergeven, een 16-bit-systeem al 65.636 ( $=2$  hoog 16) toestanden. Als er dan nog alle toestanden snel wisselen, kunnen enorme gegevens verwerkt worden en complexe systemen bijv. internet realiseren.

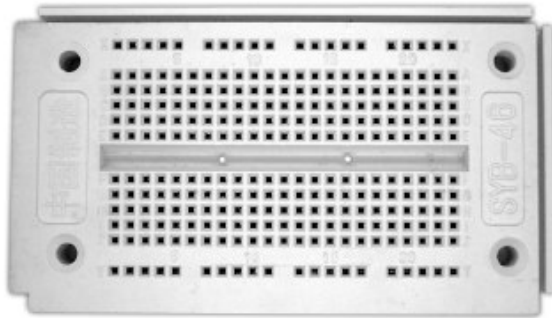
De eerste experimenten voor de digitale elektronica kunnen het beste met eenvoudige componenten uitgevoerd worden. Een typische basismodule is een poort, dus een schakeling met ingangen en een uitgang. De toestand aan de ingangen bepaald wat er op de uitgang gebeurt. Een typisch voorbeeld is de NAND-poort. De in het leerpakket gebruikte viervoudige NAND-poort 4011 kent al talrijke schakelvarianties. Uit meerdere NAND-poorten kunnen schakelingen met andere functies opgebouwd worden. Zelfs een hele computer is er uiteindelijk uit zulke basisfuncties opgebouwd.

Uit poorten kunnen bijv. flipflops of geheugenmodules opgebouwd worden, die de laatst ingenomen toestand aanhouden. Een iets meer complexe flipflop is de JK-flipflop, deze is intern eveneens uit poortfuncties opgebouwd. Bij dit leerpakket is een dubbele JK- flipflop 4027 bijgevoegd. De beide IC's horen bij de CMOS- familie 4000 en mogen met een voedingsspanning tussen 3 V en 15 V werken. Hierdoor zijn ze uitstekend geschikt voor eenvoudige experimenten en voor een batterijvoeding van 9 V.

Hier zullen we eerst de onderdelen voorstellen. De afzonderlijke experimenten worden op een experimenteerbord uitgevoerd. Voor elke proef is er een schakelschema en een opbouwfoto. De foto is telkens alleen bedoeld als voorstel. De onderdelen kunnen ook anders geplaatst worden. De aansluitdraden van de enkele onderdelen zijn voor een beter overzicht voor de foto's deels ingekort. U moet de aansluitdraden echter niet inkorten, zodat ze ook voor andere proeven gebruikt kunnen worden.

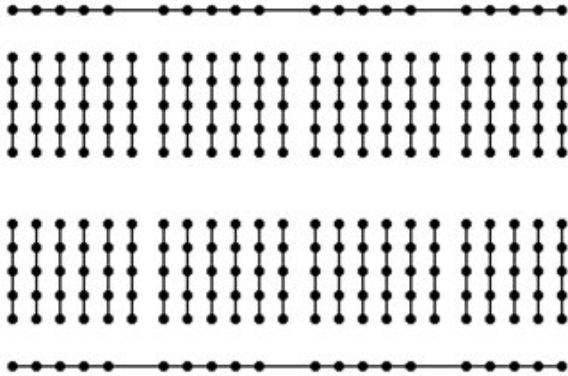
## 1.1 Experimenteerbord

Alle proeven worden opgebouwd op een laboratorium- experimenteerbord. Het bord met in totaal 270 contacten in een raster van 2,54 mm zorgt voor zekere verbindingen van de componenten.



**Afb. 1:** Het experimenteerveld

Het experimenteerbord heeft in het midden 230 contacten, die telkens door verticale stroken met 5 contacten geleidend onderling verbonden zijn. Bovendien zijn er aan de rand 40 contacten voor de voeding, die uit twee horizontale stroken met contactveren en elk 20 contacten bestaan. Het experimenteerbord beschikt daarmee over twee onafhankelijke voedingsrails. Afbeelding 2 toont alle interne verbindingen. U ziet duidelijk de korte contactstroken in het midden en de lange voedingsrails op de rand.



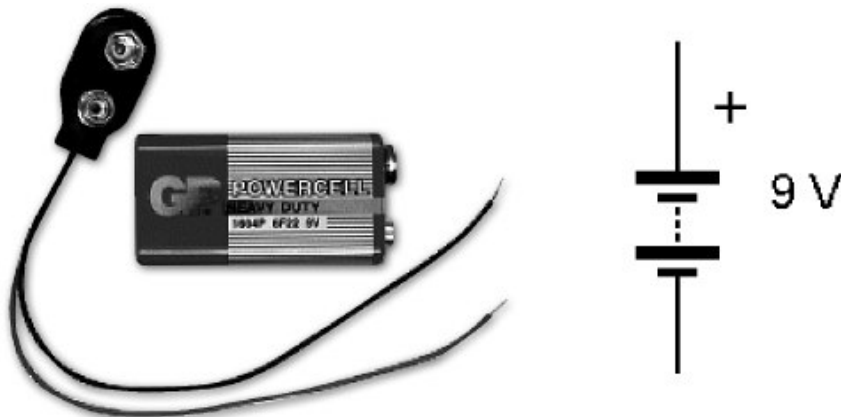
**Afb. 2:** De interne contactstroken

Het insteken van de onderdelen vergt relatief veel kracht. De aansluitdraden knikken daardoor gemakkelijk om. Belangrijk is, dat de draden exact van boven af ingebracht worden. Een pincet of een kleine tang kan daarbij nuttig zijn. Een draad wordt zo kort mogelijk boven het bord vastgehouden en dan verticaal naar beneden gedrukt. Op die manier kunt u ook gevoelige aansluitdraden zoals de vertinde uiteinden van de batterijclips inzetten.

Voor de proeven heeft u kortere en langere stukjes draad nodig, die u op lengte moet afknippen van de meegeleverde schakeldraad. Om de isolatie te verwijderen van de draaduiteinden, bleek het praktisch, de isolatie met een scherp mesje rondom in te snijden.

## 1.2 Batterij

Het volgende overzicht toont de onderdelen zoals ze er in werkelijkheid uitzien en als schakelsymbolen zoals ze in de schakelschema's gebruikt worden. In plaats van een batterij kan bijv. ook een stekernetvoeding gebruikt worden.



**Afb. 3:** De batterij en het bijbehorende schakelsymbool

Gebruik geen alkalinebatterij en geen accu, maar alleen eenvoudige zink-koolbatterijen.

Weliswaar heeft een alkalinebatterij een langere levensduur, maar heeft een uitslaggevend nadeel: ze levert (net als een accu) in geval van een fout (bijv. een kortsluiting) zeer hoge stromen van boven 5 A, die de dunne draden of de batterij zelf sterk kunnen verhitten. De kortsluitstroom van een zink-koolbatterij daarentegen is meestal kleiner dan 1 A. Hiermede kunnen wel gevoelige onderdelen vernield worden, maar er bestaat geen gevaar op verbranden.

De meegeleverde batterijclip heeft een aansluitkabel met soepele uiteinden. De kabeleinden zijn gestript en vertind. Op die manier zijn ze stijf genoeg, om ze in de contacten van het experimenteerbord te steken. Toch kan het gebeuren dat ze door veel gebruik hun vorm verliezen. Er wordt aanbevolen, de batterij aangesloten te laten en alleen de clip van de batterij af te trekken.

### 1.3 Lichtdiodes

Het leerpakket bevat vier rode LED's. Bij alle lichtdiodes moet principieel op de polariteit gelet worden. De minaansluiting noemt men de kathode en is de kortere aansluitdraad. De plusaansluiting is de anode. Binnen in de LED ziet u een kelkvormige houder voor het LED-kristal, die op de kathode is aangesloten. De anode-aansluiting is met een extreem dun draadje verbonden met een contact op de bovenzijde van het kristal. Let op: anders dan bij gloeilampjes mogen LED's nooit direct op een batterij aangesloten worden. Er is altijd een voorweerstand nodig.



Afb. 4: De lichtdiode

### 1.4 Weerstanden

De weerstanden in het leerpakket zijn koelfilmweerstand met een tolerantie van  $\pm 5\%$ . Het weerstandsmateriaal is op een keramisch staafje opgebracht en voorzien van een

beschermingslaag. De weerstandswaarden zijn door de opgedrukte gekleurde ringen gecodeerd. Naast de weerstandswaarde is ook de nauwkeurigheid aangegeven.



**Afb. 5:** Een weerstand

Weerstanden met een tolerantie van  $\pm 5\%$  zijn er in waarden van de E24-reeks, waarbij elke decade 24 waarden bevat met elk een ongeveer gelijkmatige afstand tot de volgende waarde.

**Tabel 1:** De weerstandswaarden volgens de normreeks E24

1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6
1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0
3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1
5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1

De kleurcode wordt gelezen, uitgaande van de ring die het dichtst bij de rand van de weerstand ligt. De eerste twee ringen staan voor twee cijfers, de derde ring voor de vermenigvuldigingsfactor van de weerstandswaarde in ohm. Een vierde ring geeft de tolerantie aan.



**Tabel 2:** De kleurcode bij weerstanden

Kleur	Ring 1 1e cijfer	Ring 2 2e cijfer	Ring 3 multiplicator	Ring 4 tolerantie
zwart		0	1	
bruin	1	1	10	1 %
rood	2	2	100	2 %
oranje	3	3	1.000	
geel	4	4	10.000	
groen	5	5	100.000	0,5 %
blauw	6	6	1.000.000	
violet	7	7	10.000.000	
grijs	8	8		
wit	9	9		
goud			0,1	5 %
zilver			0,01	10 %

Een weerstand met de gekleurde ringen geel, violet, bruin en goud heeft de waarde  $470 \Omega$  bij een tolerantie van 5 %. In het leerpakket bevinden zich weerstanden met de volgende waarden:

1 k $\Omega$         bruin, zwart, rood  
10 k $\Omega$         bruin, zwart, oranje  
100 k $\Omega$         bruin, zwart, geel  
2,2 M $\Omega$         rood, rood, groen

### 1.5 Condensatoren

Een condensator bestaat uit twee metalen platen en een isolatielaag. Als hier een elektrische spanning op wordt aangesloten, vormt zich tussen de condensatorplaten een elektrisch krachtveld, waarin energie is opgeslagen. De capaciteit van een condensator wordt gemeten in Farad (F). Het isolatiemateriaal (diëlektricum) vergroot de capaciteit tegenover lucht-isolatie.

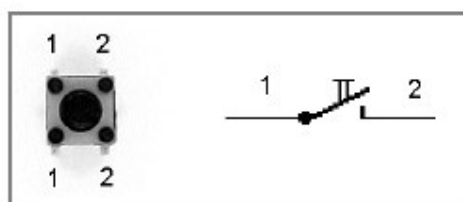
De keramische schijfcondensator is van speciaal keramisch materiaal, waarmee een grote capaciteit, bij een kleine afmeting, bereikt kan worden. Het leerpakket bevat een keramische schijfcondensator met 100 nF (opdruk 104, 100.000 pF).



**Afb. 6:** Een keramische condensator

### 1.6 Toetsschakelaar

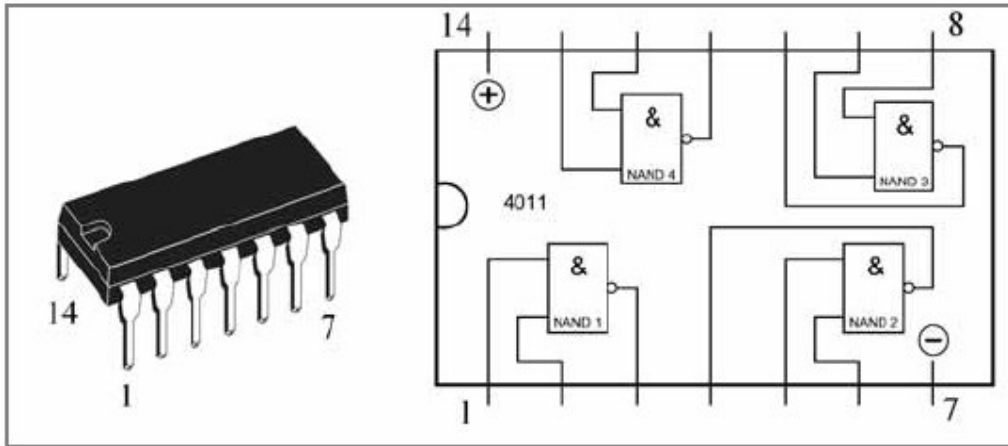
De toetsschakelaar in het leerpakket bevat een sluitcontact met twee aansluitingen die telkens dubbel uitgeleid zijn.



**Afb. 7:** De toetsschakelaar

### 1.7 Viervoudige NAND-poort 4011

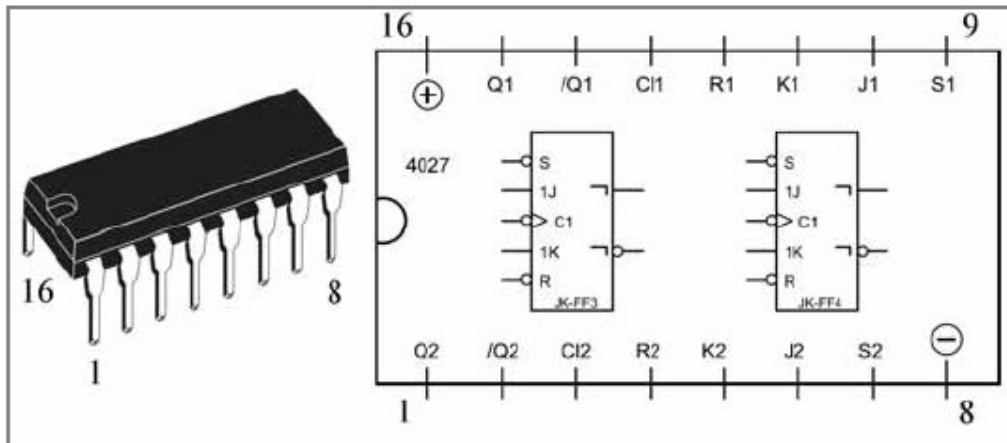
Een geïntegreerde schakeling (IC) bevat vele componenten in een behuizing. Bij de 4011 gaat het om een CMOS-IC met vier NAND-poorten. De IC is goed beschermd tegen elektrostatische ontladingen en hoeft niet met extra voorzichtigheid behandeld worden. Let er op dat de voedingsspanning juist aangesloten wordt. Als de IC verkeerd om geplaatst wordt, zal deze sterk verhit raken en vernield worden. Bij de eerste keer inzetten in het experimenteerbord moeten de 14 aansluitpinnen parallel uitgelijnd worden.



Afb. 8: De CMOS-IC 4011

### 1.8 Tweevoudig JK- flipflop 4027

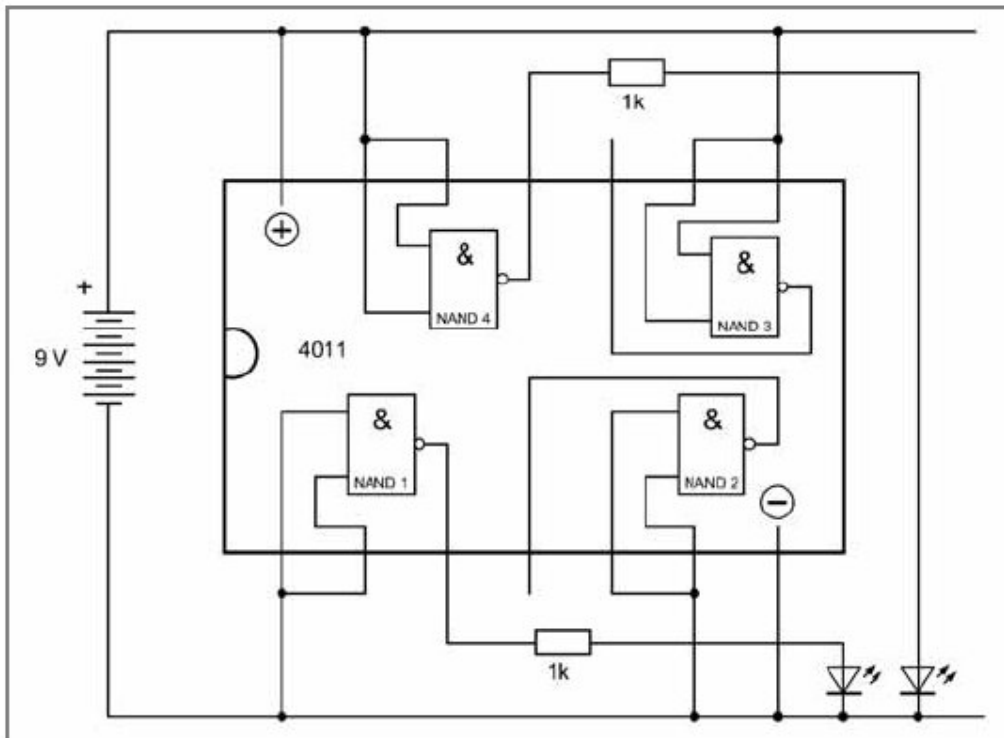
De 4027 is een CMOS-IC met 16 aansluitingen. Het bevat twee onafhankelijke JK-flipflops. Zoals bij alle IC's is vooral op een correcte aansluiting van de voedingsspanning te letten. De voedingsspanning mag bij alle IC's uit de 40xx-reeks tussen 3 V en 15 V bedragen.



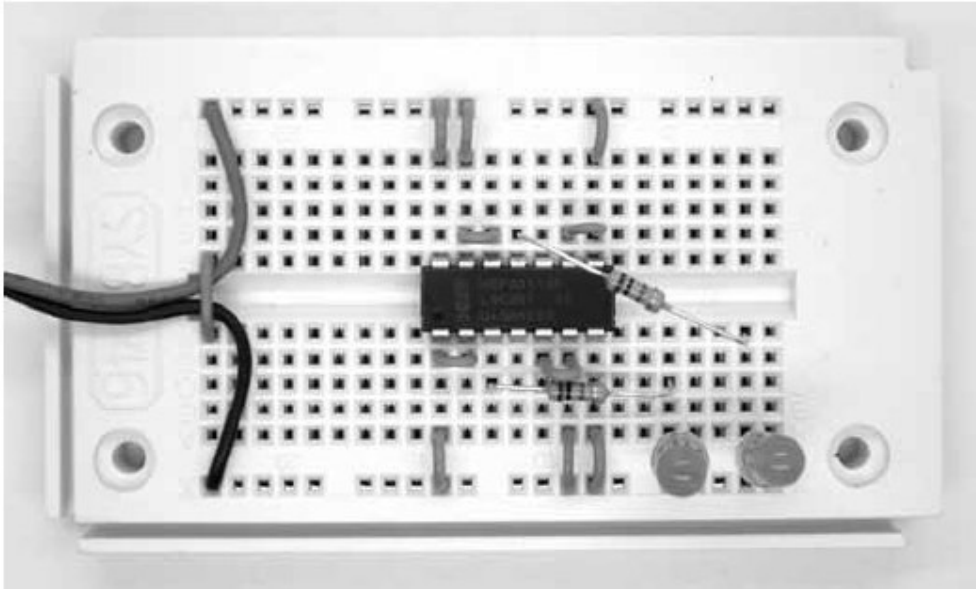
Afb. 9: De CMOS-IC 4027

## 2 Inverter

De CMOS-IC 4011 bevat vier onafhankelijke NAND-poorten met elk twee ingangen. Een eerste proef toont het gebruik van de IC aan een batterijspanning van 9 V en de aansluiting van LED's. Bij het inbouwen moet beslist op de juiste polariteit gelet worden. De plusaansluiting wordt ook als Vcc gekenmerkt, de minusaansluiting als GND. Bij alle CMOS-IC's moet in acht worden genomen dat niet gebruikte ingangen met Vcc of met GND verbonden moeten worden. Open ingangen kunnen een verhoogd stroomverbruik of foutieve functies van de schakeling veroorzaken. Open uitgangen daarentegen zijn wel toegestaan.

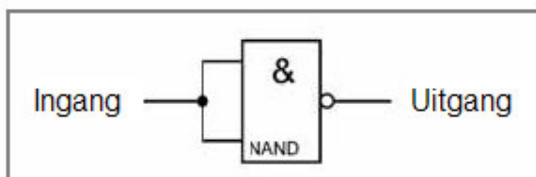


**Afb. 10:** Proefschakeling met NAND-poorten



**Afb. 11:** Opbouw op het experimenteerbord

De schakeling gebruikt alleen twee van de vier NAND-poorten (NAND 1 en NAND 4). Beide ingangen zijn telkens verbonden. Hierdoor wordt de NAND-poort een inverter. Een ingangstoestand "nul" wordt tot een uitgangstoestand "één" en andersom. Op de uitgang is telkens een LED met een voorweerstand aangesloten. Bij dit experiment gaat de linker LED oplichten, terwijl de rechter LED donker blijft.



**Afb. 12:** Een NAND-poort als inverter

De functie van de schakeling kan als zogenaamde waarheidstabel weergegeven worden. Bij de onderste poort (NAND 1) ligt de ingang aan GND (0), de uitgang is daarom ingeschakeld (1). Bij de bovenste poort (NAND 4) ligt de ingang aan Vcc (1), de uitgang is daarom uit (0).

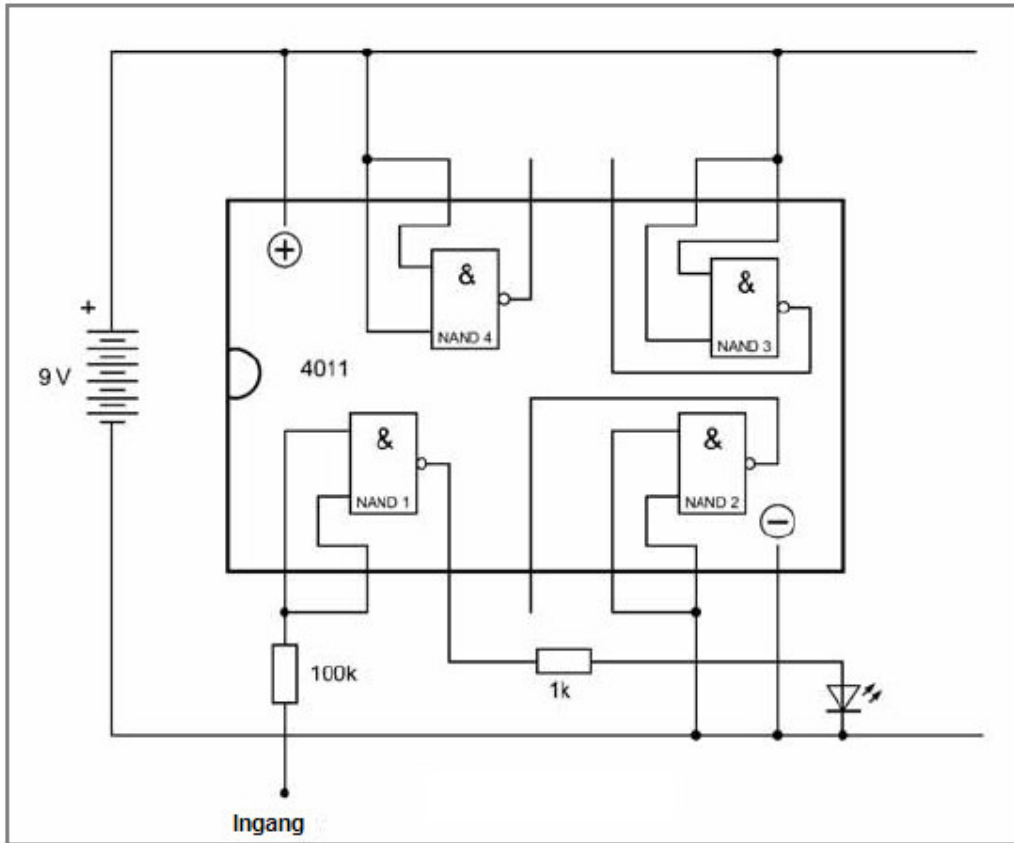
<i>Ingang</i>	<i>Uitgang</i>
0	1
1	0

### 3 Aanrakingsschakelaar

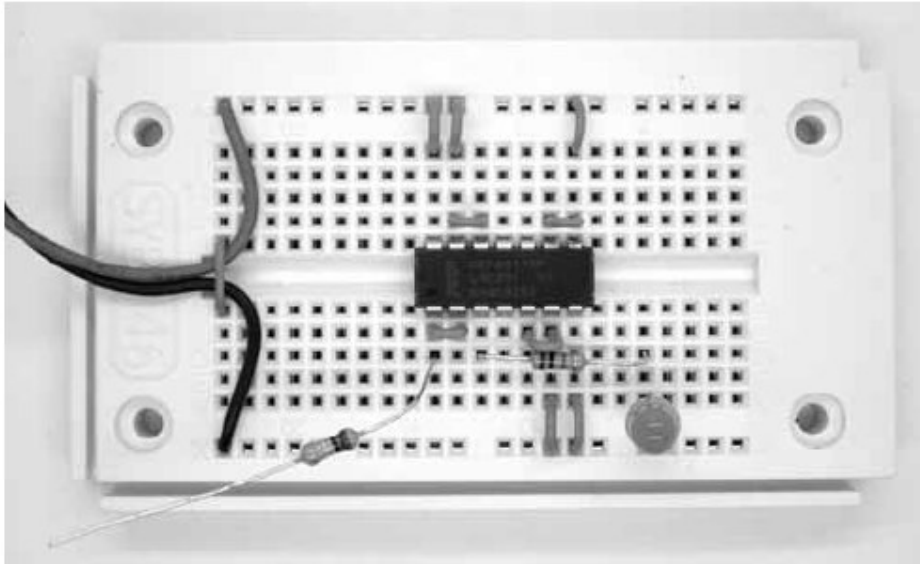
Deze proef gebruikt een poort als inverter met open ingang. De ingang krijgt een beschermingsweerstand van 100 k $\Omega$  en mag met de vinger aangeraakt worden. Als u sterk elektrisch opgeladen bent, begrensd de beschermingsweerstand de ontlaadstroom.

De uitgangstoestand van deze schakeling kan niet voorspelt worden, omdat de ingang extreem hoogohmig is en een toevallige oplading kan dragen. Als de ingangsspanning duidelijk boven de halve bedrijfsspanning (4,5 V) ligt, geldt de toestand als 1, is deze duidelijk lager, geldt 0. Daadwerkelijk is er ook een gemiddelde ingangsspanning, waarbij de uitgang eveneens in het midden ligt. De digitale schakeling werkt dan net als een analoge versterker. Deze toestand moet echter in een normaal geval vermeden worden, omdat de IC dan duidelijk meer stroom benodigd. Bovendien kan een onbepaalde ingangstoestand de functie van de digitale schakeling storen. Open ingangen moeten vermeden worden. Dit experiment laat wel zien hoe een open ingang reageert.

Vaak is een lichte aanraking met de vinger voldoende om de toestand te veranderen. Meestal bezit uw lichaam door de geringe capacatieve koppeling met de omliggende netleidingen enige wisselspanning. Op de uitgang is dan een snel 50-Hz flikkerende LED te zien. Als de ingang losgelaten wordt blijft de laatste toestand enige tijd behouden.



**Afb. 13:** Inverter met open ingang



**Afb. 14:** Opbouw met aanrakingscontact

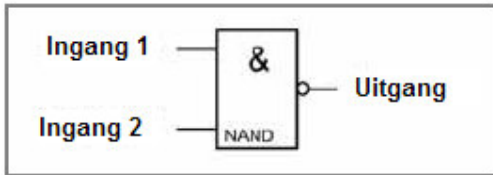
#### 4 NAND- basisfunctie

In dit experiment wordt de eigenlijke functie van de NAND-poort onderzocht. Hier gaat het om een EN-functie (Engels AND) met daaropvolgende invertering. Voor de EN-functie (AND) geldt: alleen wanneer ingang 1 EN ingang 2 "aan" zijn is ook de uitgang "aan".

Overeenkomstig geldt voor de NAND-functie: alleen wanneer ingang 1 EN ingang 2 aan zijn, is de uitgang uit. Dit toont ook de waarheidstabel van de NAND-poort.

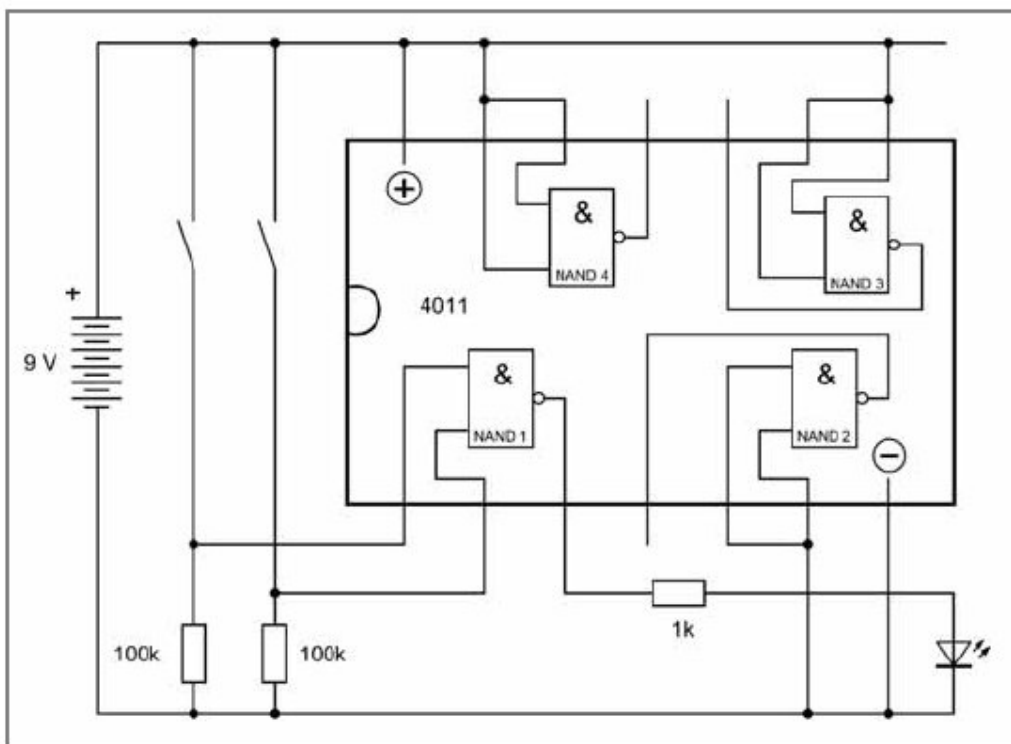
<i>Ingang 1</i>	<i>Ingang 2</i>	<i>Uitgang</i>
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



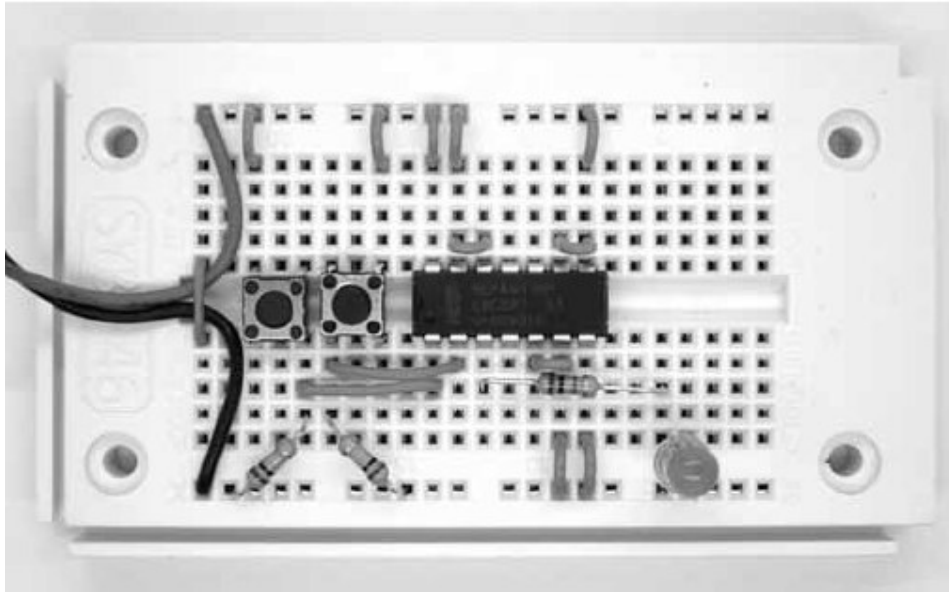


**Afb. 15:** Aansluitingen van een NAND-poort

De schakeling gebruikt twee weerstanden met 100 k $\Omega$ , om de rusttoestand nul te maken. Met de toetschakelaars kan telkens een 1- toestand ingeschakeld worden. In dat geval is de LED in rusttoestand aan. Alleen als beide toetsen tegelijkertijd ingedrukt worden, gaat deze uit.



**Afb. 16:** Schakelaar aan de ingangen

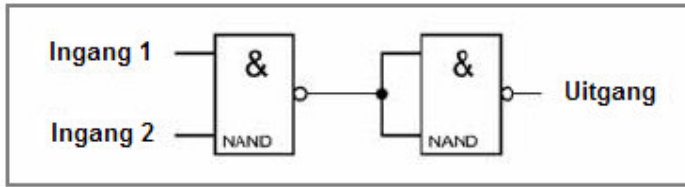


**Afb. 17:** Opbouw met toetsschakelaars

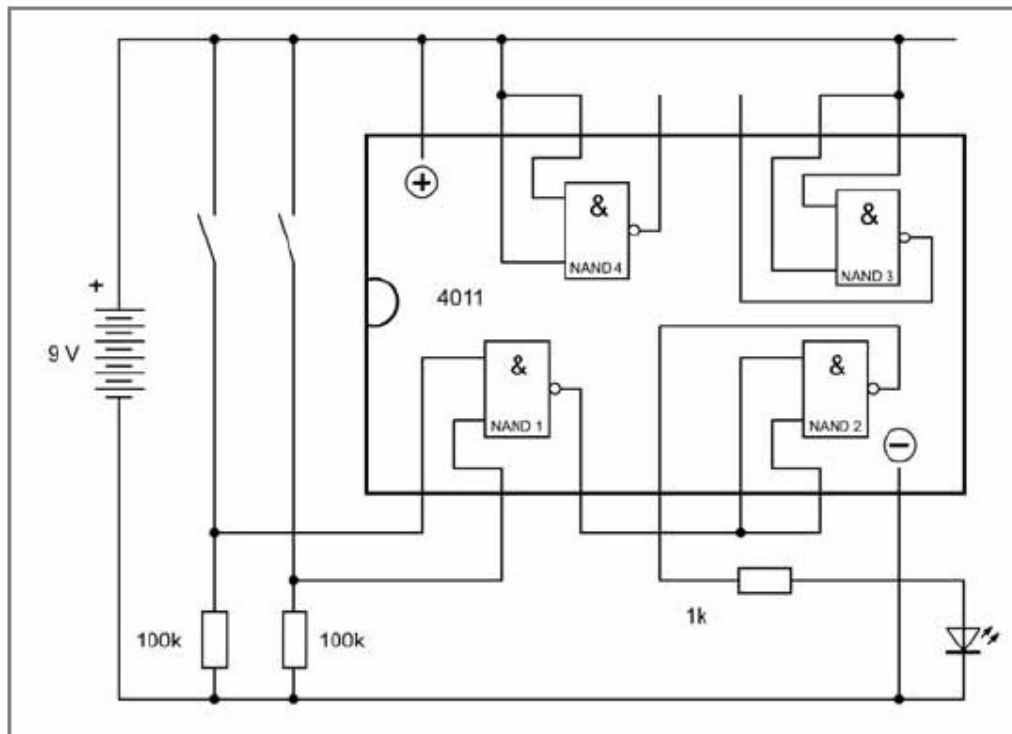
## 5 AND-poort

Door een opvolgende inversie kan uit een NAND-poort een AND-schakeling gebouwd worden. Deze keer is de regel: alleen wanneer beide schakelaars gesloten zijn, gaat de LED aan.

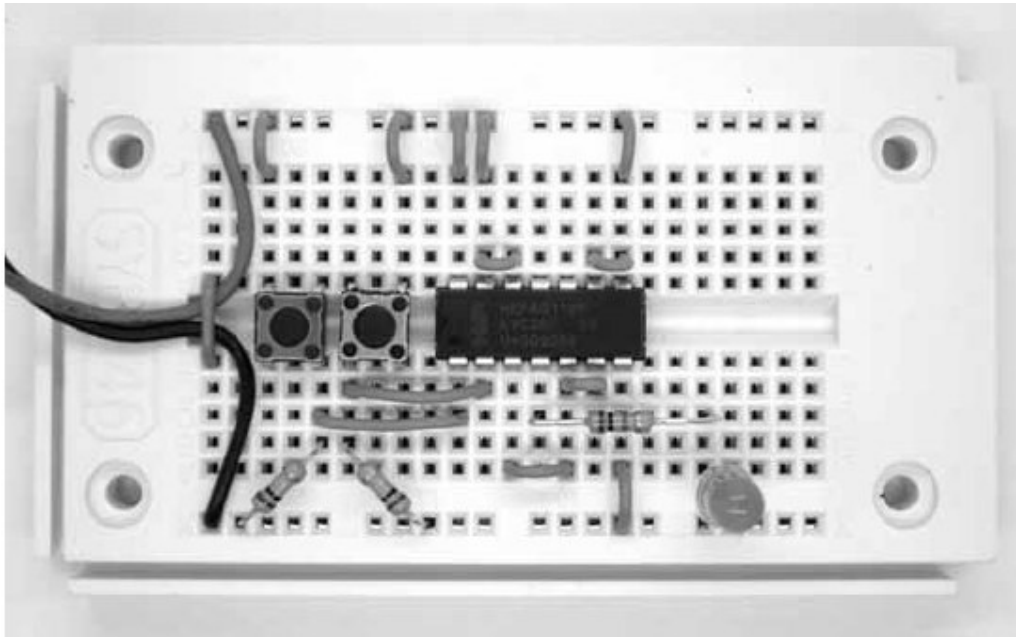
<i>Ingang 1</i>	<i>Ingang 2</i>	<i>Uitgang</i>
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



**Afb. 18:** AND- poort



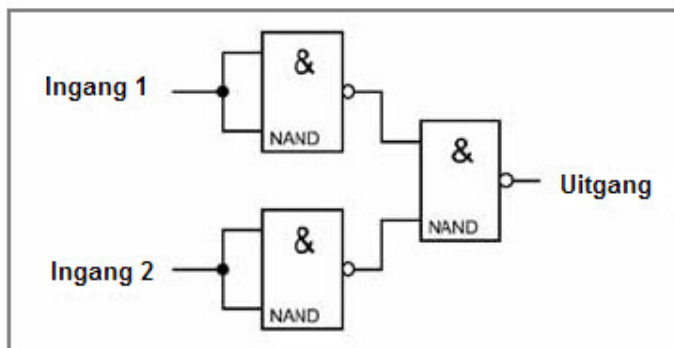
**Afb. 19:** AND- proefschakeling



Afb. 20: Opbouw van de AND- schakeling

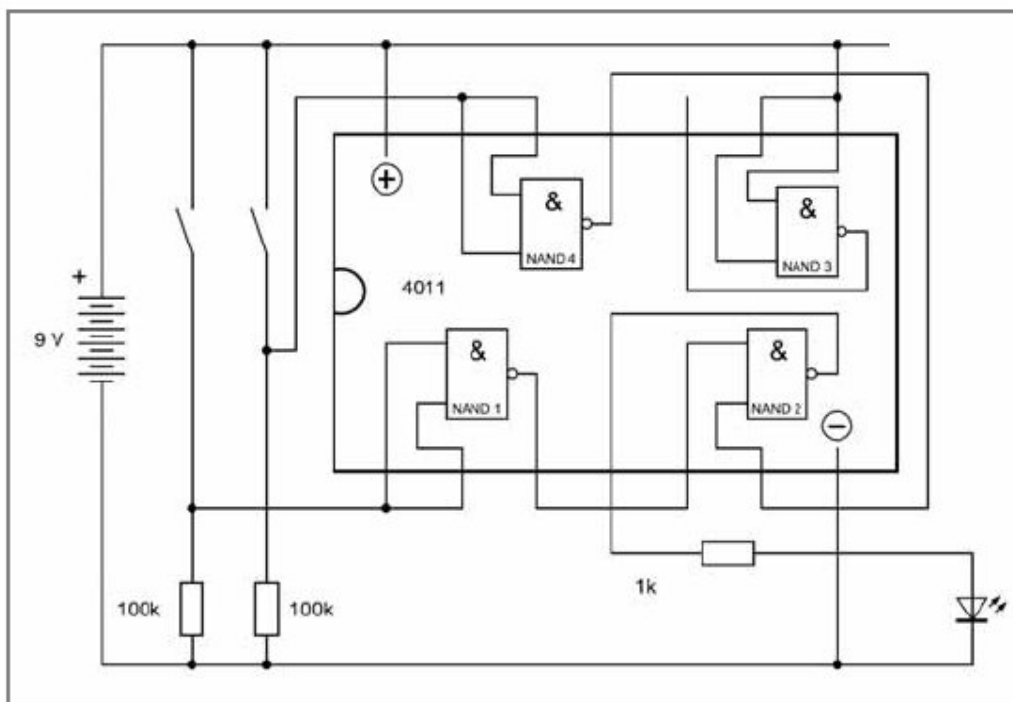
## 6 OR- poort

Als er eerst beide ingangen van een NAND- poort geïnverteerd worden, ontstaat een OF- poort. De OF-functie (Engels =OR) is: als de ingang 1 OF ingang 2 OF beide aan zijn, dan is de uitgang aan.

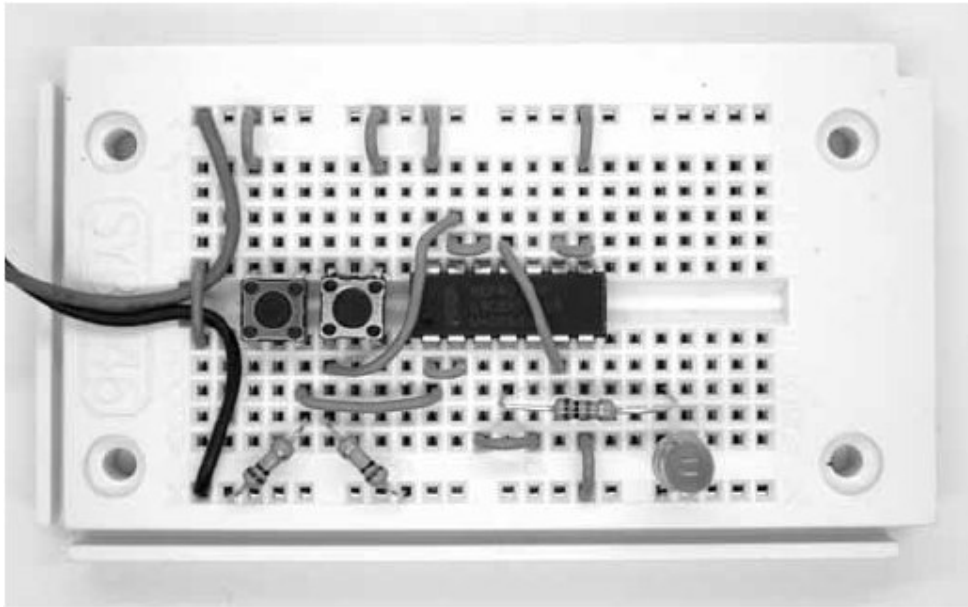


Afb. 21: OF- schakeling

<i>Ingang 1</i>	<i>Ingang 2</i>	<i>Uitgang</i>
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



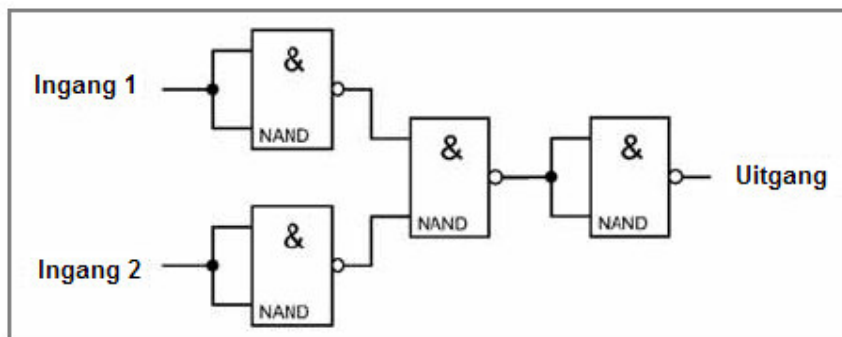
**Afb. 22:** Bedrading van de OR- schakeling



**Afb. 23:** Proef van de OR- schakeling

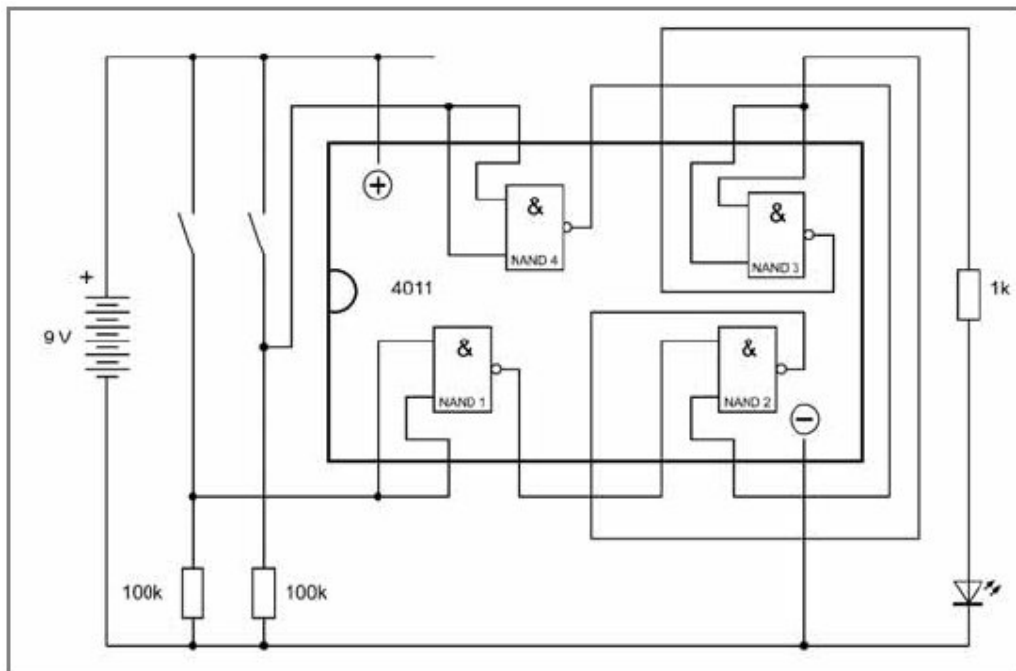
## 7 NOR- poort

Een verdere inverter achter de OR- poort produceert een Niet-OR- functie (NOR). Om een NOR-poort te maken zijn alle vier NAND-poorten in het 4011 nodig.

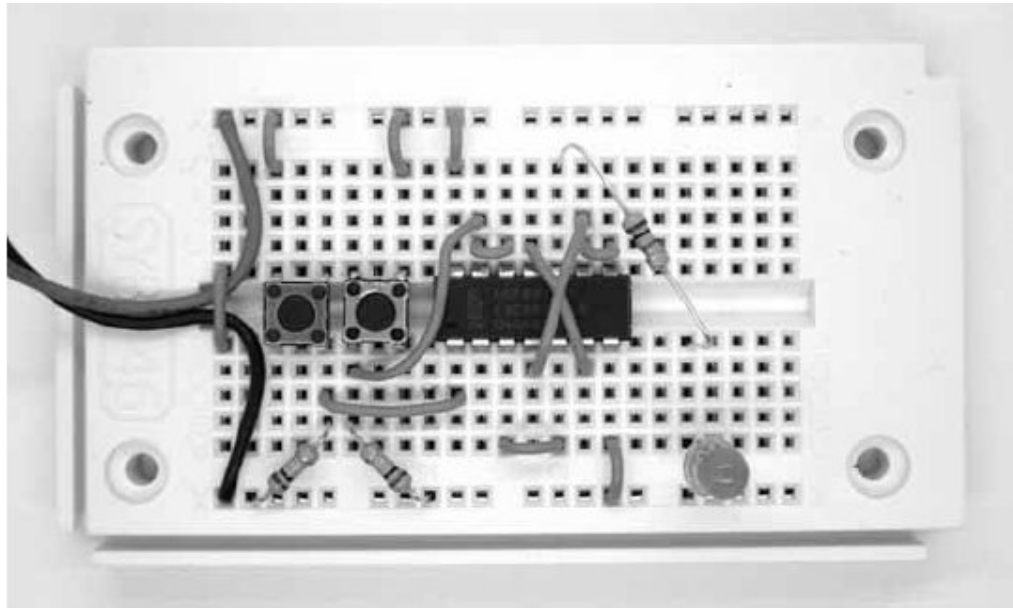


**Afb. 24:** Opbouw van een NOR-poort

<i>Ingang 1</i>	<i>Ingang 2</i>	<i>Uitgang</i>
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



**Afb. 25:** Bedrading van het NOR-experiment



**Afb. 26:** Test van de NOR- schakeling

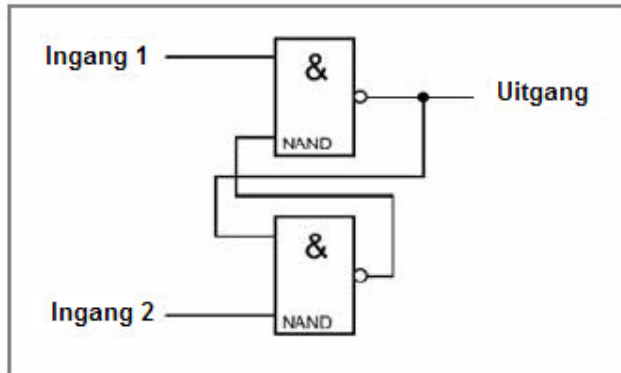
## 8 RS-flipflop

Een flipflop is een schakeling die vanzelf een van de twee toestanden vast kan houden. Een digitale toestand kan dus opgeslagen worden. Door bepaalde ingangstoestanden kan de uitgang omgeschakeld worden. Het RS-flipflop heeft twee ingangen, reset (R) en set (S). In rusttoestand zijn beide ingangen hoog ( $R=1$ ,  $S=1$ ). De uitgang is dan onbepaald (X) en is afhankelijk van de voorgeschiedenis. Schakelt men R op 0, dan wordt de uitgang uitgeschakeld. Schakelt men daarentegen S op nul, zal hij ingeschakeld worden.

<i>Ingang 1</i>	<i>Ingang 2</i>	<i>Uitgang</i>
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	x

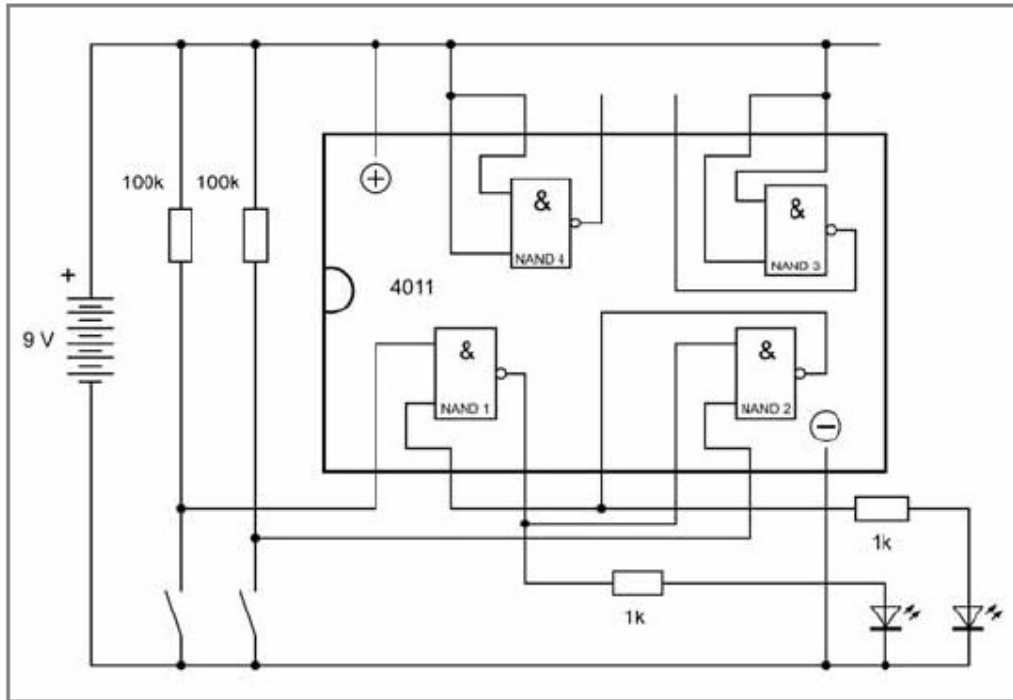


De RS-flipflop kan met twee NAND-poorten opgebouwd worden waarbij de uitgangen telkens op een ingang van de andere poort teruggekoppeld worden. De terugkoppeling zorgt er voor, dat een eenmaal aanwezige toestand behouden blijft.

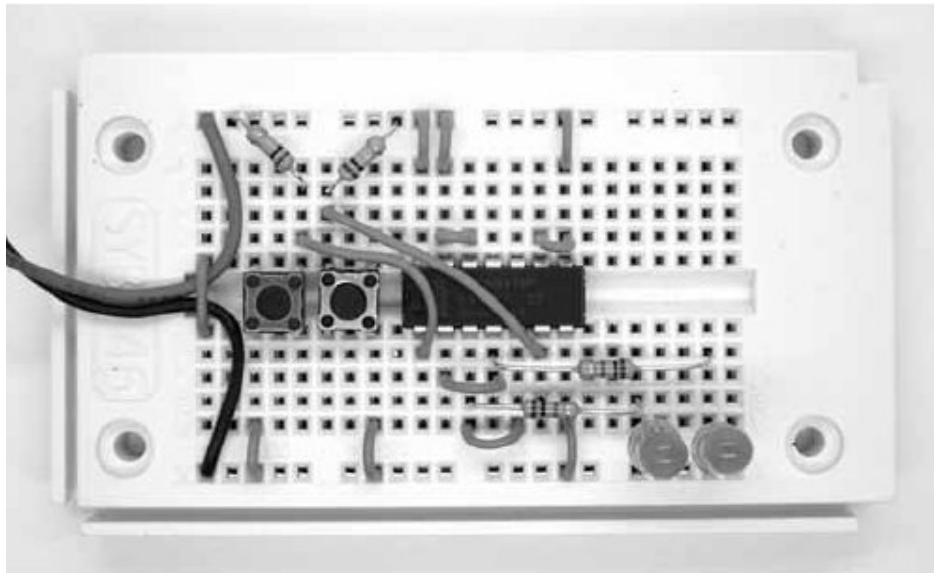


**Afb. 27:** Basisprincipe van de RS-flipflop

In de daadwerkelijk opgebouwde schakeling worden beide uitgangen met LED's verbonden. Op de uitgang van NAND 2 verschijnt steeds de geïnverteerde toestand van NAND 1. Twee weerstanden tegen  $V_{cc}$  zorgen voor de rusttoestand 1. De toetschakelaars kunnen een 0- toestand afdwingen en daardoor de uitgangstoestand veranderen. Bij het inschakelen van de voeding gaat een van de twee LED's oplichten – maar welke kan niet voorspelt worden. Met beide toetsen kan dan tussen beide toestanden omgeschakeld worden.



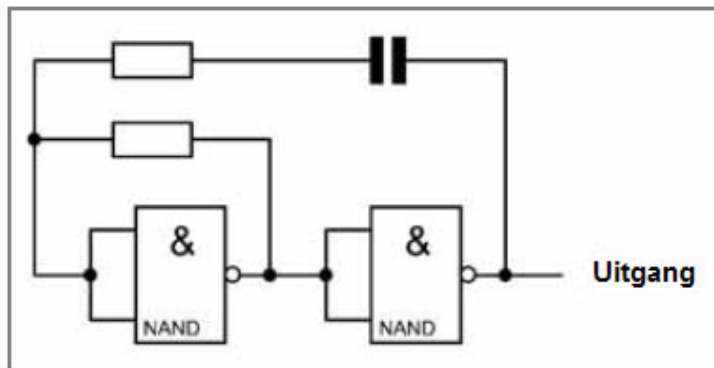
**Afb. 28:** Schakelschema van de RS-flipflop



**Afb. 29:** Opbouw met R- en S- toetsen

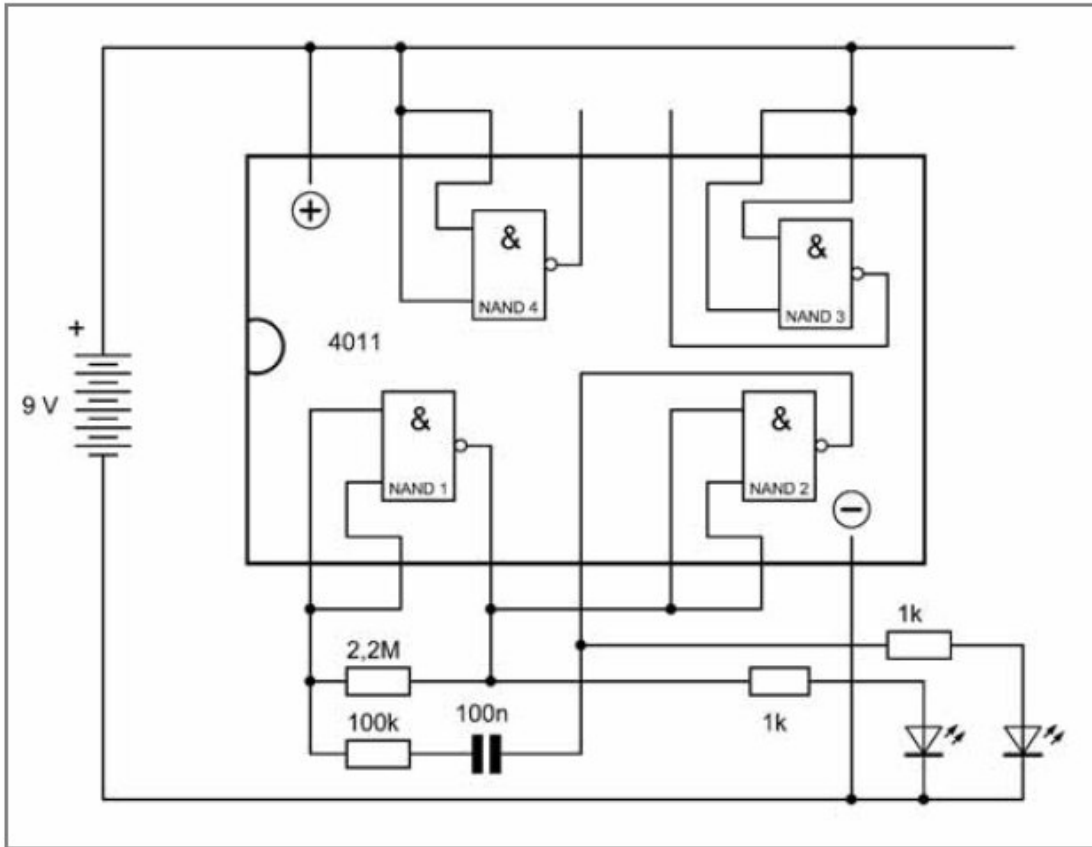
## 9 Knipperschakeling

Met twee NAND-poorten, twee weerstanden en een condensator kan een astabiele flipflop opgebouwd worden, welke vanzelf heen en weer schakelt. Zoals bij een RS-flipflop wordt hier een terugkoppeling toegepast. Een toestand is echter alleen zo lang stabiel, zolang de condensator geladen wordt. Daarna wisselt de uitgangstoestand. Streng genomen is dit geen digitale schakeling omdat deingangsspanning van de linker poort zich langzamerhand verandert. Uiteindelijk ontstaat op de uitgang toch een digitale signaal, welke periodiek wisselt.

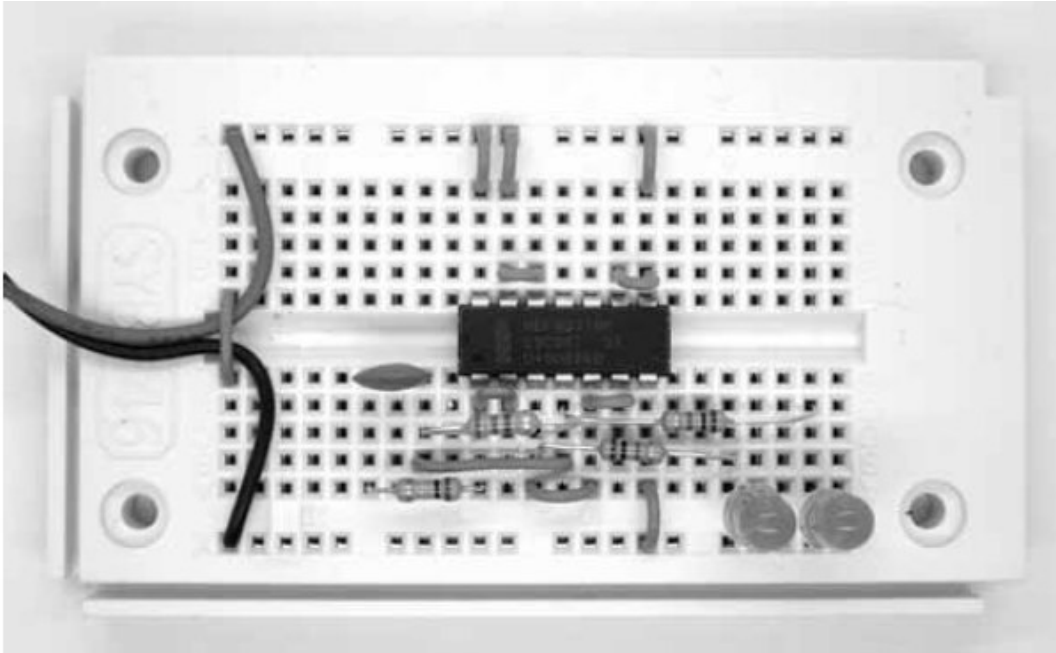


**Afb. 30:** Astabiele flipflop

In de praktische schakeling werden twee NAND-poorten voorzien van LED's, die vervolgens afwisselend knipperen. De weerstanden en de condensator zijn zo gekozen, dat er een goed zichtbaar knipperen met een frequentie van ca. 2 Hz ontstaat. De schakeling hier wordt verderop ook als klokbron voor complexere schakelingen toegepast.



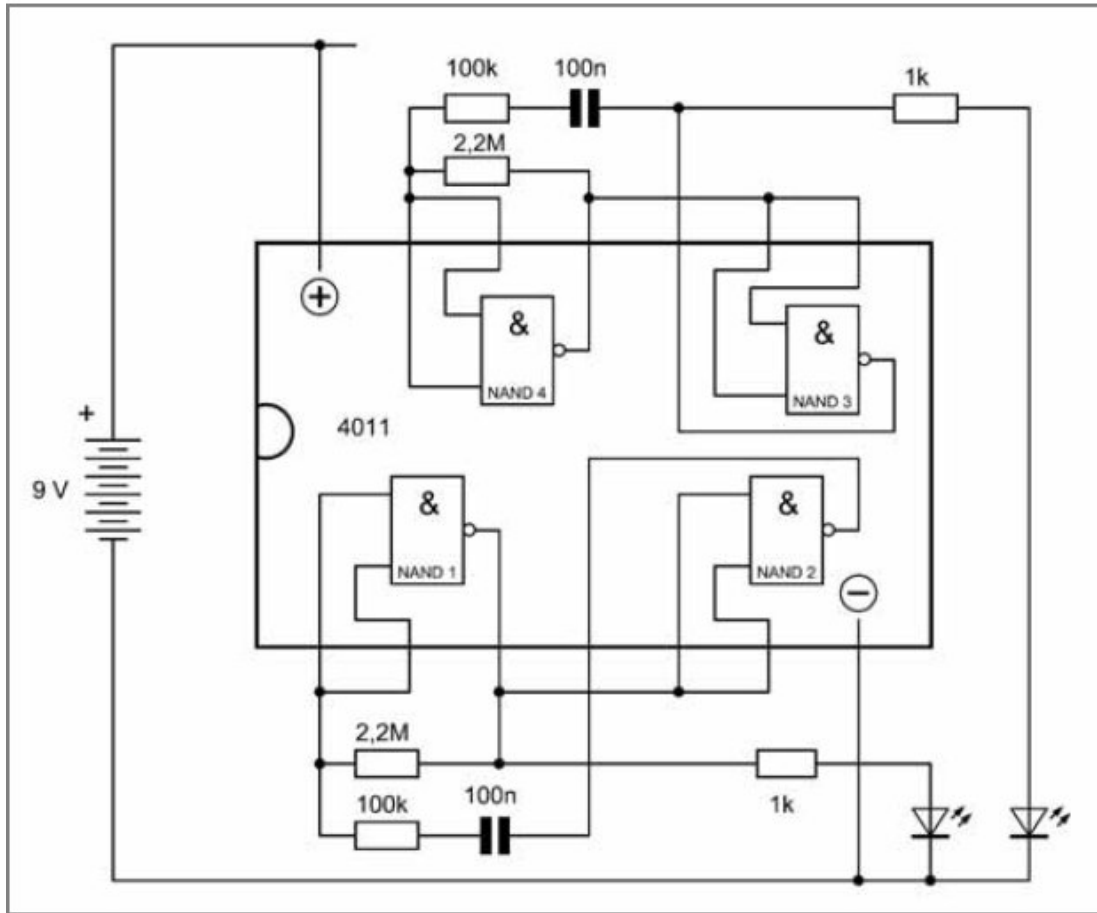
**Afb. 31:** Knipperlicht met twee LED's



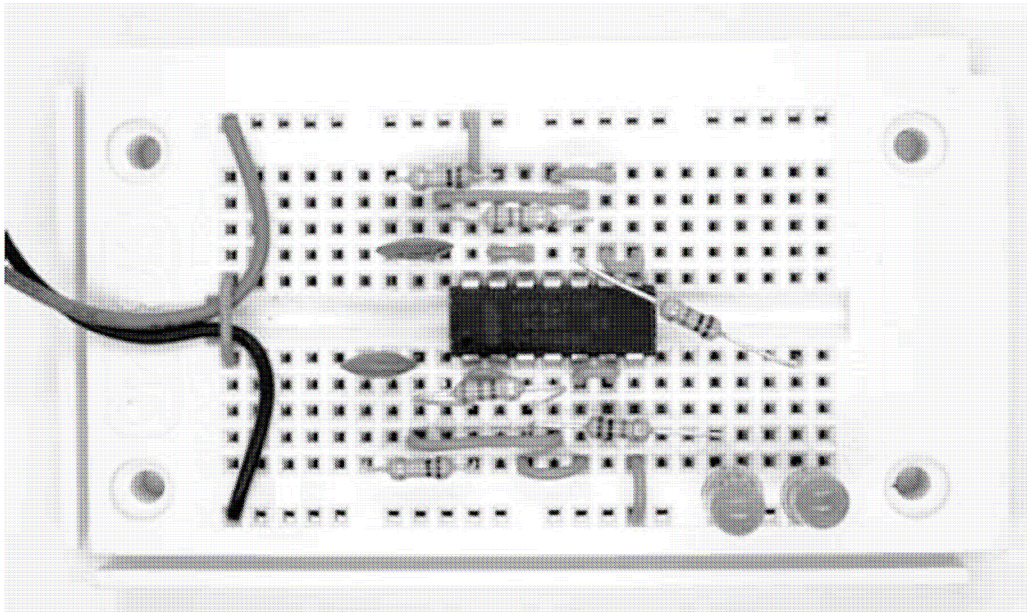
**Afb. 32:** Opbouw van een wisselend knipperlicht

## 10 Dubbele knipperlicht

Met vier poorten kunnen tegelijkertijd twee onafhankelijke knipperschakelingen opgebouwd worden. Theoretisch zouden deze met dezelfde frequentie werken. In de praktijk echter leiden geringe componententoleranties er toe, dat beide schakelingen niet exact synchron werken. Als u een van de condensatoren met de vinger aanraakt, leidt een lichte opwarming tot een geringe vermindering van de capaciteit. De desbetreffende knipperlicht loopt dan iets vlugger.



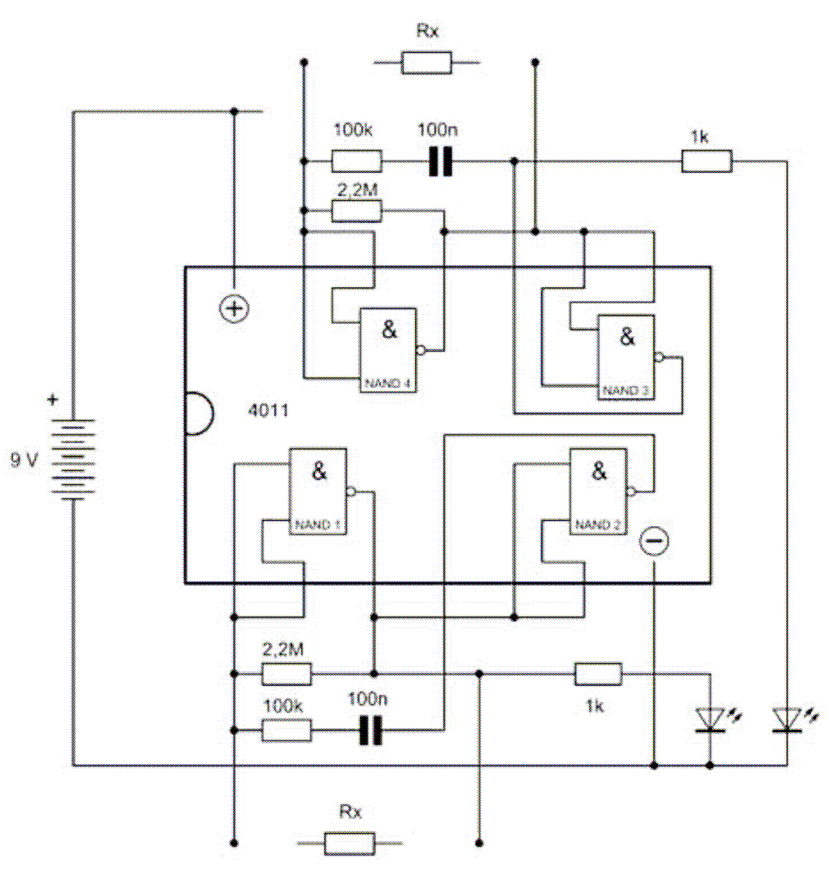
**Afb. 33:** Twee identieke knipperlichten



**Afb. 34:** Onafhankelijk knipperschakeling

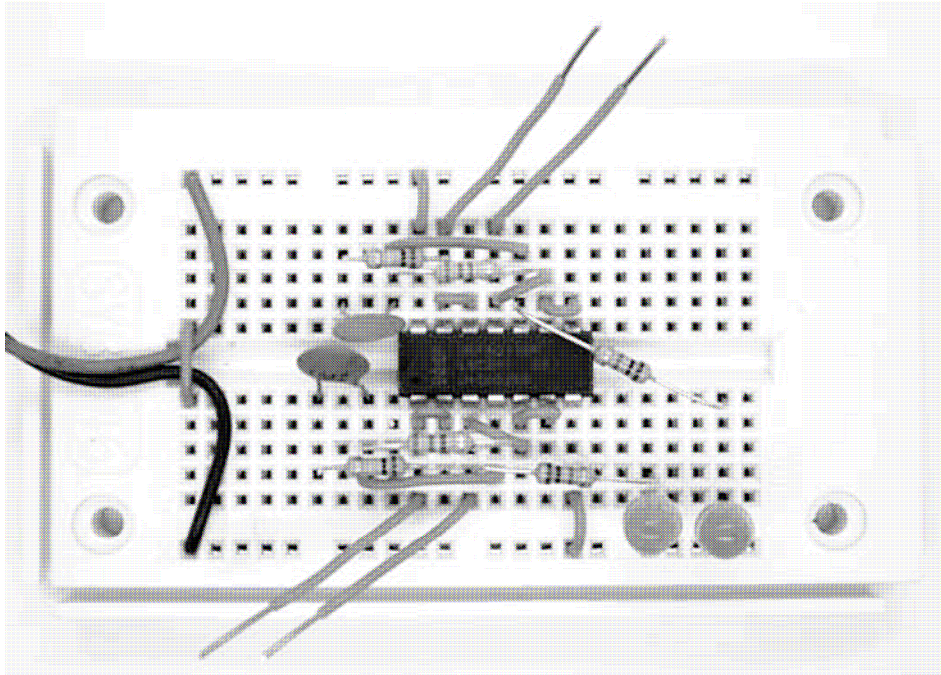
## 11 Variabele frequentie

De frequentie van beide knipperlichten laten zich verregaand variëren, als een externe weerstand bij de 2,2-M $\Omega$ - weerstand in de schakeling parallel geschakeld wordt. Hiertoe wordt de huidweerstand toegepast. Een lichte aanraking van beide draadeinden leidt tot een verhoging van de frequentie. Met de oscillatoren laten zich huidweerstand van twee personen vergelijken.



**Afb. 35:** Veranderlijke knipperfrequentie

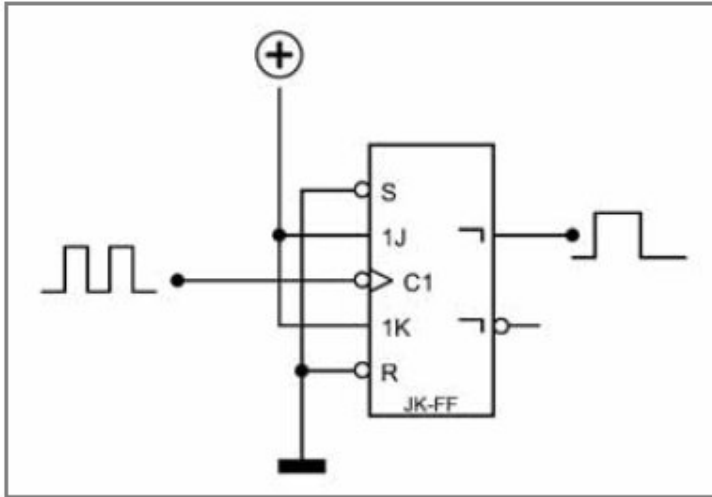




**Afb. 36:** Opbouw met vingercontacten

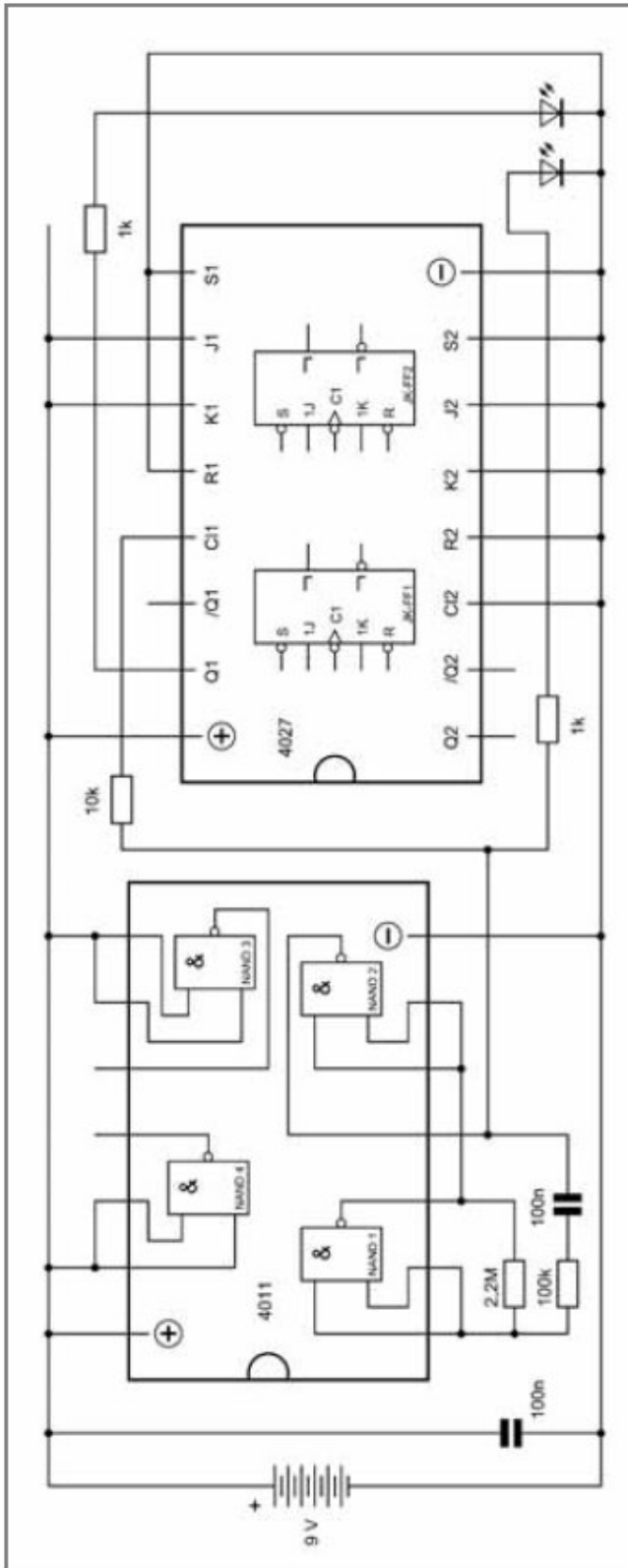
## 12 Frequentiedeler

De CMOS-IC 4027 bezit twee onafhankelijk JK- flipflops. Een JK- flipflop is een relatief complexe en een veelzijdig te gebruiken schakeling. Bij de eerste proef wordt het IC als toggle- flipflop toegepast. De ingangen R en S moeten hiertoe met GND verbonden worden, de ingangen J en K met Vcc. "Toggelen" betekent omschakelen. De uitgangstoestand verandert zich bij elke 0-1-toestandswissel op de klokingang (Clock, C), dus bij iedere positieve klokflank. In het resultaat ontstaat op de uitgang een rechthoeksignaal met een halve klokfrequentie.



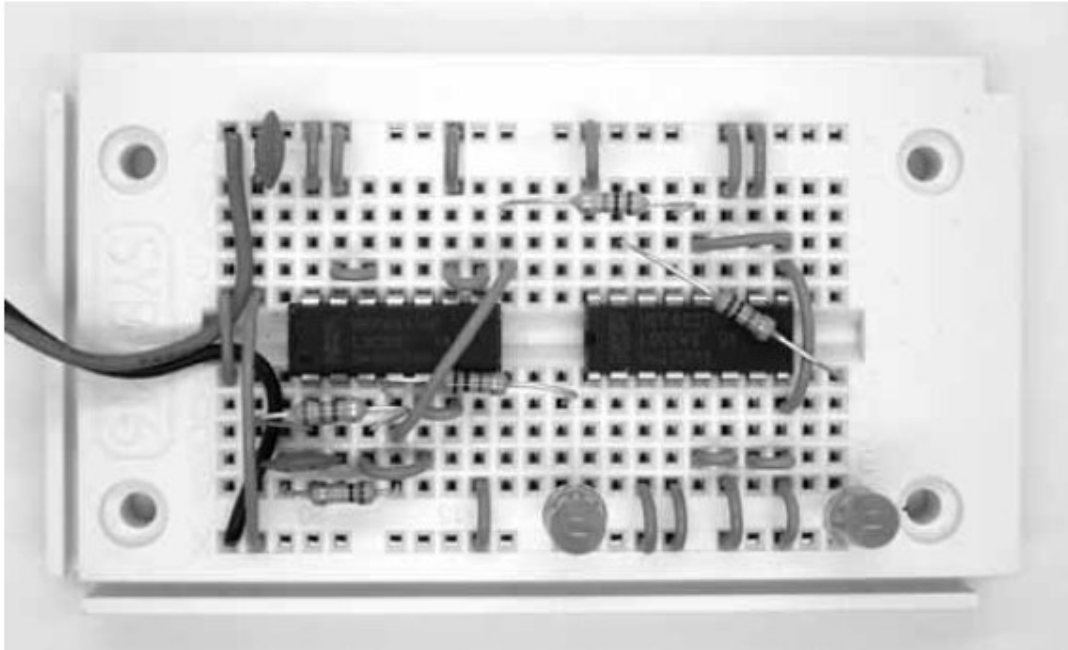
**Afb. 37:** JK-flipflop als toggle-flipflop

Schakelingen met flipflops zijn gevoelig voor stoorsignalen. Een condensator tussen Vcc en GND voorkomt storingen die zich via de voedingsspanning zouden kunnen uitbreiden. Voor een hoge betrouwbaarheid van de schakeling is bijkomend een weerstand van 10 kΩ ingevoegd in de klokleiding.



**Afb. 38:** Gebruik van de toggle- flipflop

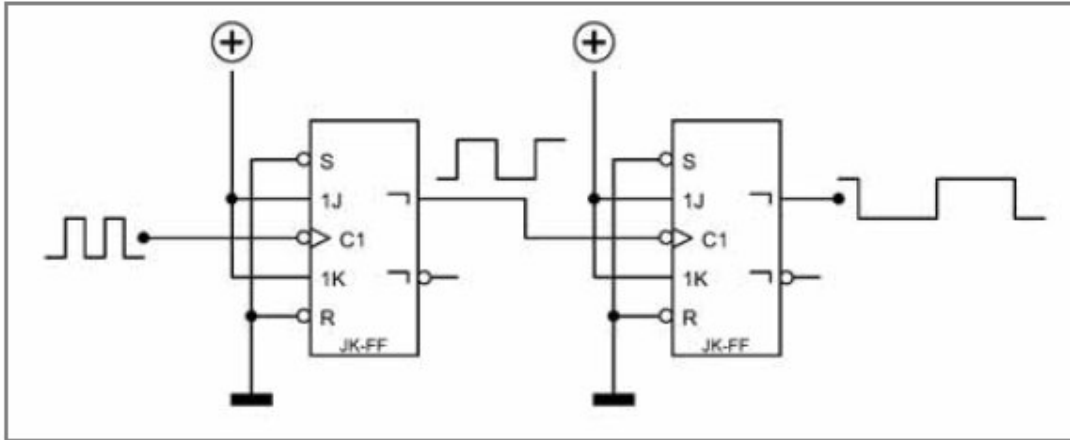
Bij dit experiment wordt het kloksignaal alsook het uitgangssignaal van de flipflop via LED's aangeduid. Duidelijk is te zien dat de uitgangstoestand zich slechts half zo snel verandert als het kloksignaal.



**Afb. 39:** Aanduiding van de basisfrequentie en de halve frequentie

### 13 Deler door vier

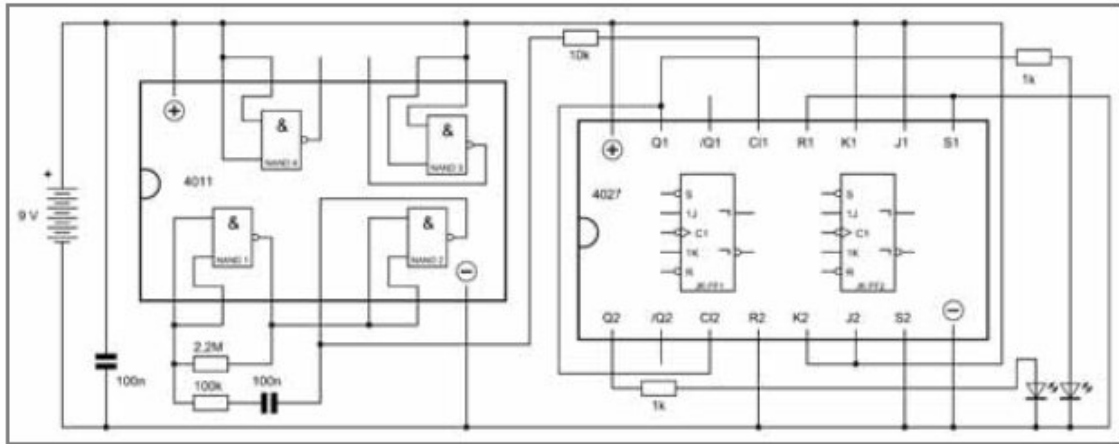
Twee toggle- flipflops laten zich achter elkaar schakelen. De Q- uitgang van de eerste flipflop stuurt de C- ingang van de tweede flipflop. In totaal wordt daarbij de ingangsfrequentie door vier gedeeld.



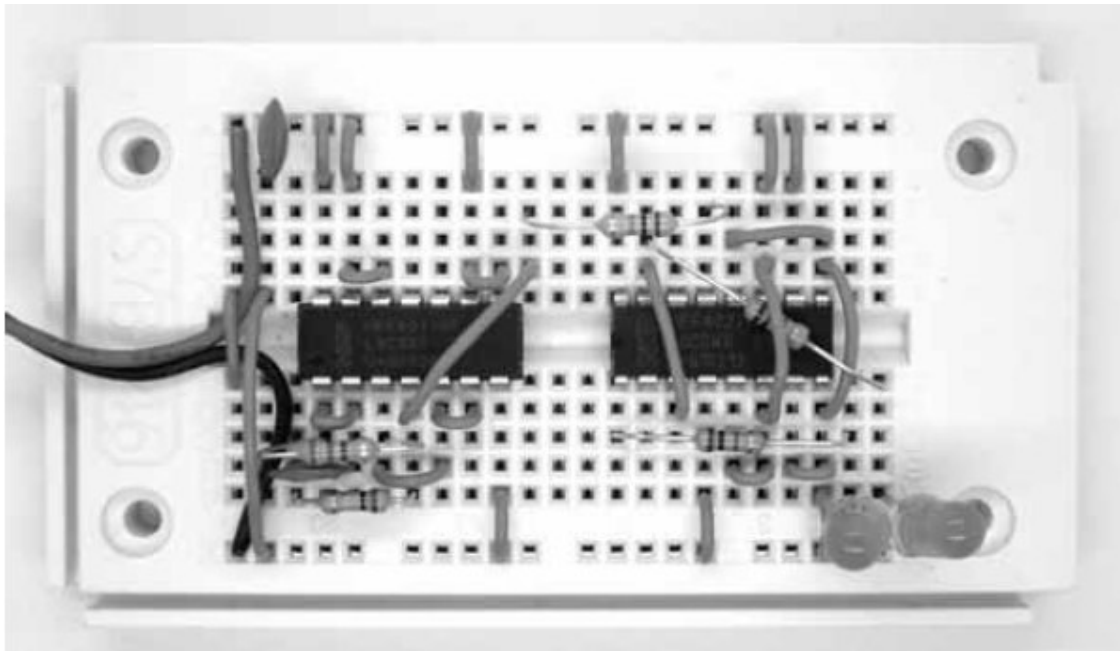
**Afb. 40:** Twee deler achter elkaar

<i>Klokimpuls</i>	<i>Uitgang 2</i>	<i>Uitgang 1</i>	<i>Tellerstand</i>
0	0	0	0
1	1	1	3
0	1	1	3
1	1	0	2
0	1	0	2
1	0	1	1
0	0	1	1
1	0	0	0
0	0	0	0

Eveneens kan de schakeling als teller gezien worden, wanneer men de uitgangstoestanden als bits van een digitaal getal bekijkt. De toestand op uitgang 1 moet dan rechts staan. Er resulteren dan de binaire getallen 00, 11, 10, 01, 00. De schakeling telt dus achterwaarts: 0, 3, 3, 1, 0 enz. De reden hiervoor is dat de klokingang op de positieve flank reageert.



**Afb. 41:** Gedeeld door 2 en door 4

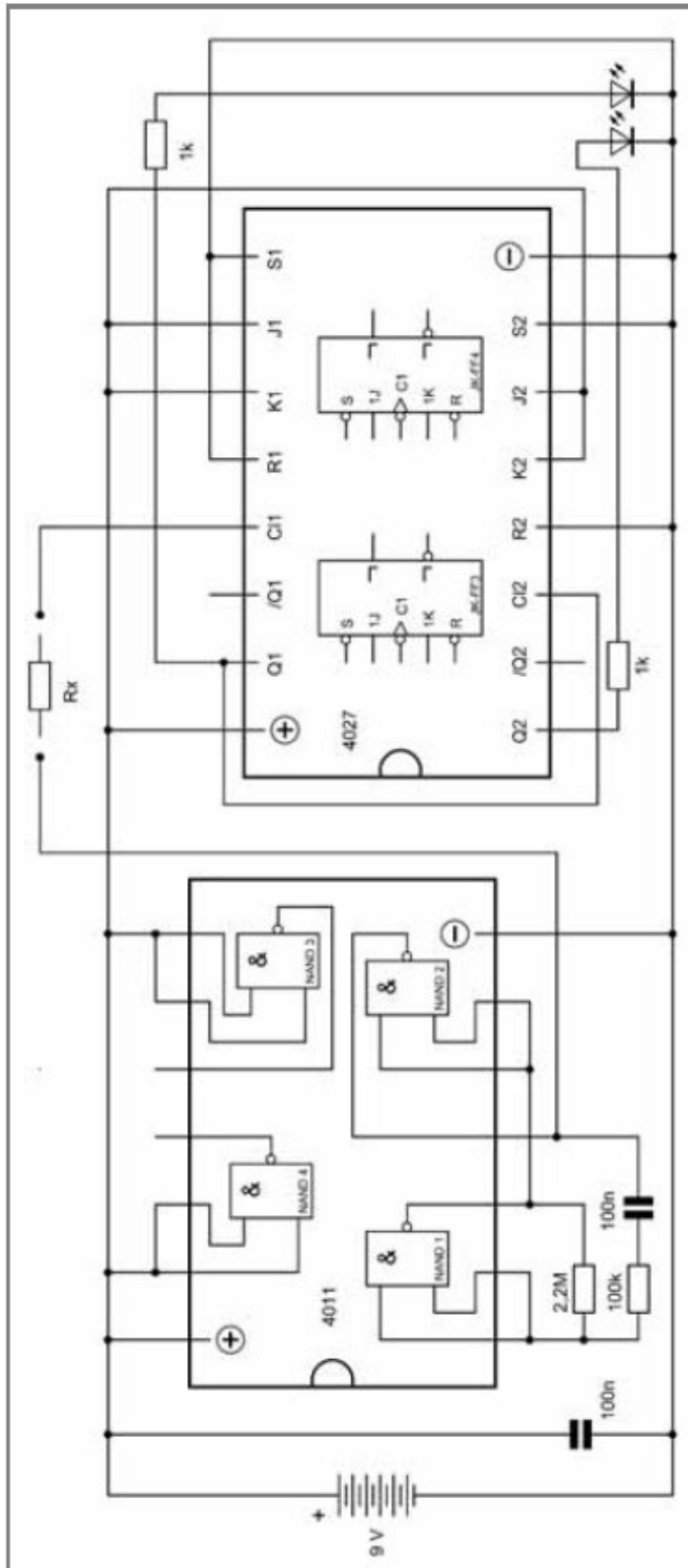


**Afb. 42:** Opbouw van een binaire teller

Deze schakeling uit achter elkaar geschakelde toggle- flipflops wordt ook asynchrone teller of ripple-counter genoemd. De telkens volgende trap schakelt pas na een vertraging van een paar nanoseconden over, dit is voor het oog echter niet zichtbaar.

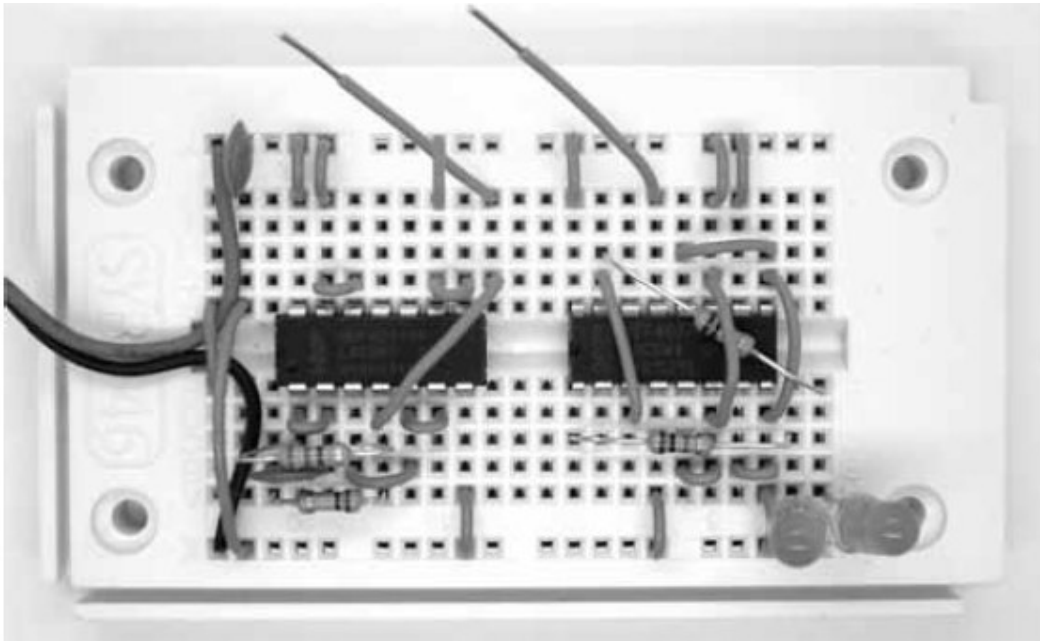
## 14 Stop and go

Gebruik in plaats van de 10-k $\Omega$ -weerstand twee draden met open einden. De weerstand Rx wordt dan bijv. door aanraken gevormd. Schakel het kloksignaal, door met de vinger aan te raken, aan en uit. U kunt de teller hiermede laten lopen en stoppen. Probeer een keer de uitgangen precies bij toestand 1 te bevroeren. Nog een mogelijkheid is, dat u alleen de klokingang aanraakt. Dit geeft dan meestal een 50-Hz-bromsignaal als klokimpuls. Deze frequentie wordt in totaal door 4 gedeeld. De laatste uitgang flinkt met 12,5 Hz goed zichtbaar. Deze schakeling kan als toevalsgenerator, zoals een dobbelsteen gebruikt worden. De beide LED's tonen telkens het gegooide binaire getal.



**Afb. 43:** Onderbroken klokimpuls- leiding



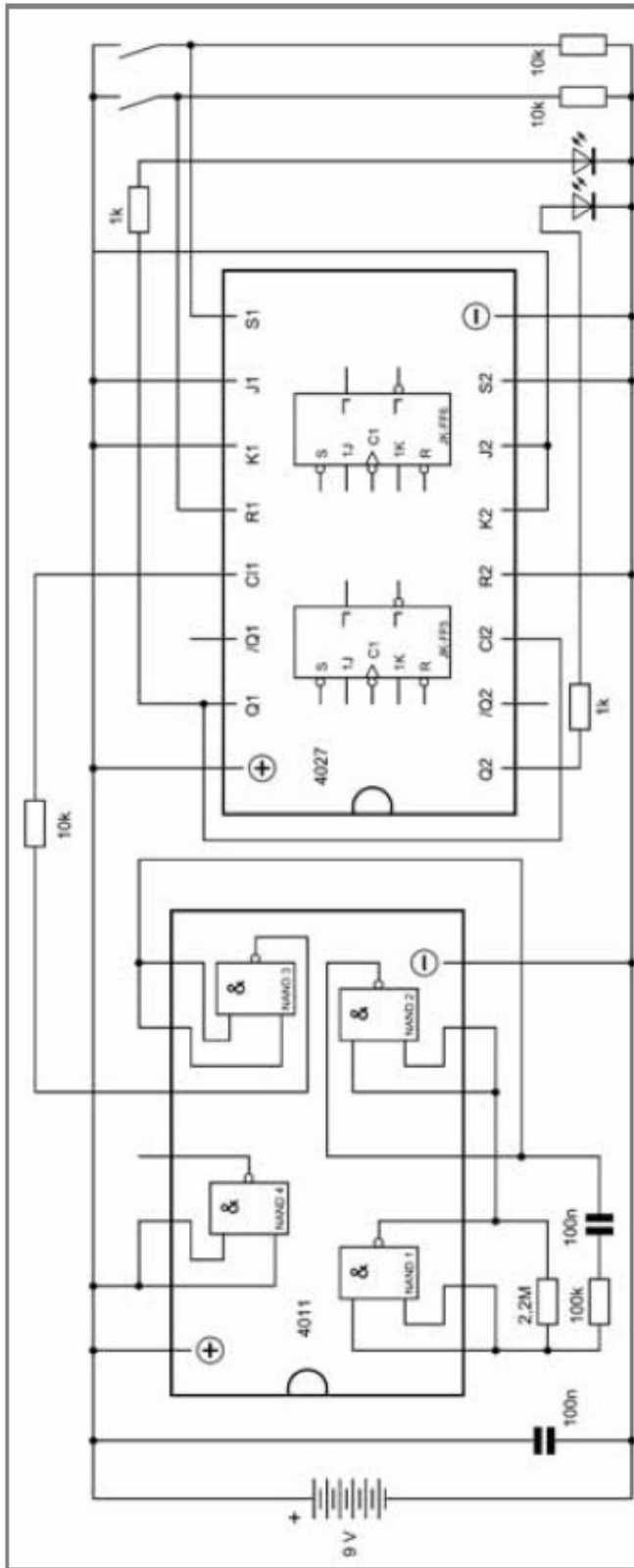


**Afb. 44:** Teller met aanrakingscontacten

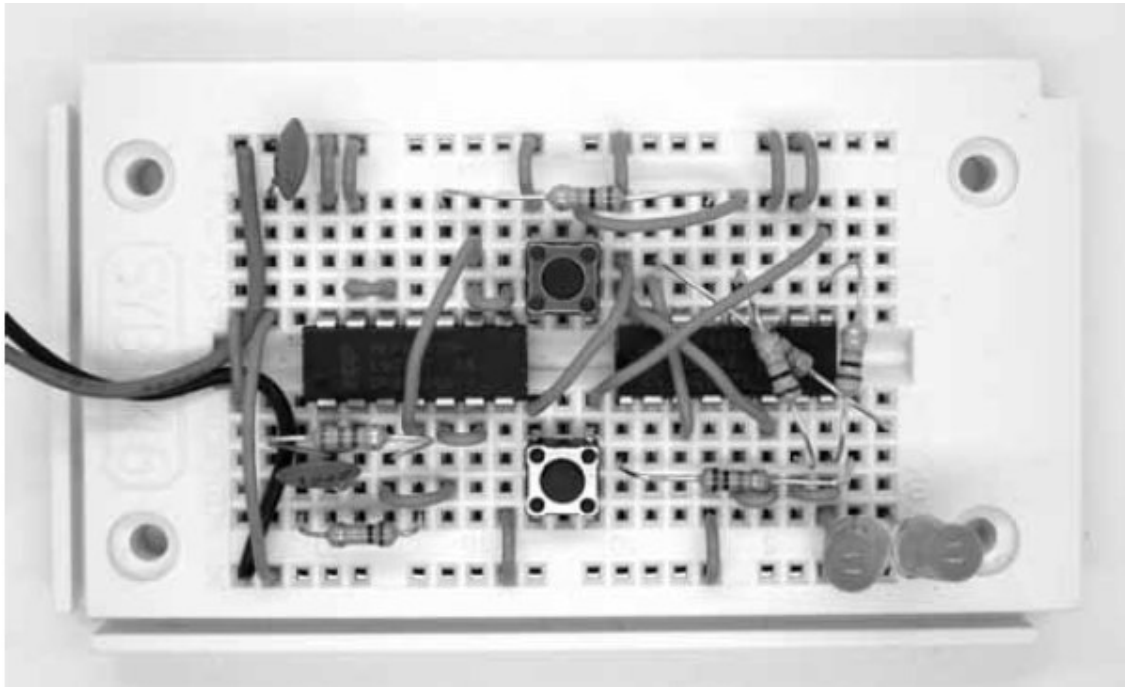
## 15 Set en reset

De ingangen R en S kunnen, net zoals bij een RS-flipflop gebruikt worden. Ze worden bediend via twee schakelaars. Bijkomend zijn de ingangen met weerstanden met GND voorzien, die het rustniveau Nul vastleggen. De eerste tellertrap kan nu naar wens gewist (R) of gezet (S) worden. Zolang er een van de toetsen ingedrukt wordt, blijft de teller in de overeenkomstige toestand staan. Daardoor verandert ook de toestand van de tweede tellertrap niet meer.

De klokgenerator werd in deze schakeling met een verdere buffertrap in de vorm van een inverter met NAND 3 uitgebreid. Deze maatregel verbetert de veiligheid tegen storingen, wat voor sommige van de volgende experimenten eveneens belangrijk is.



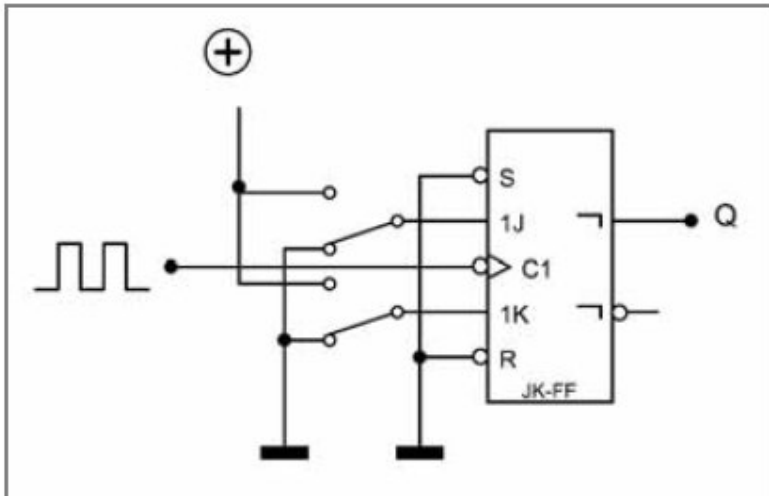
**Afb. 45:** Set en reset voor de eerste teller



**Afb. 46:** Inbouw van de toetsen

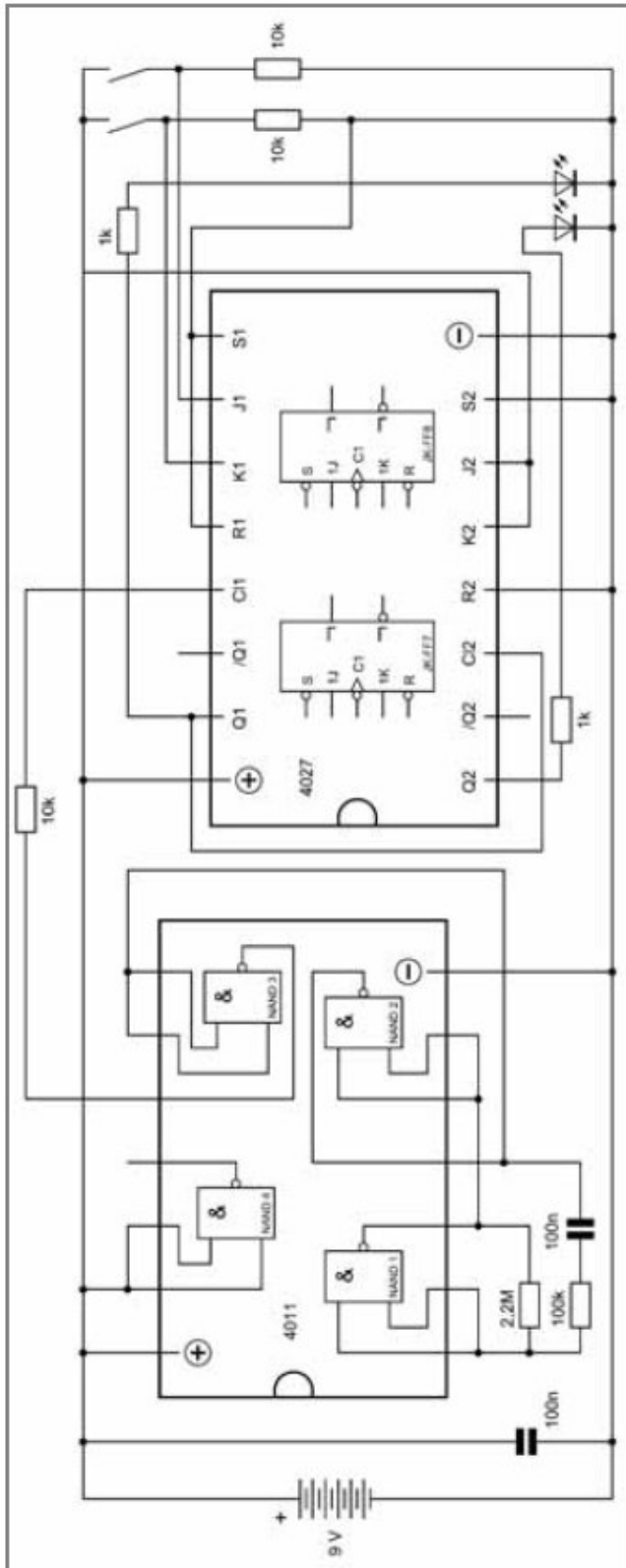
## 16 JK-flipflop

De ingangen J en K geven aan de JK-flipflop de naam. Ze worden nu nauwkeuriger onderzocht. Verbindt hiertoe de twee toetsen met de bijbehorende weerstanden met de ingangen J en K van de bovenste flipflop. Met aangelegde klokimpuls kunnen nu alle toestanden van J en K getest worden. Een functie is reeds uit de voorafgaande proeven bekend: met  $J = 1$  en  $K = 1$  schakelt de uitgang bij elke positieve flank van de klokimpuls over (toggle). Nu gaat u ook de andere toestanden testen. Met  $J = 0$  en  $K = 0$  behoud uitgang Q zijn toestand, de flipflop reageert dus niet op klokimpulsen: Als beide ingangen J en K ongelijk zijn, neemt de flipflop bij de volgende klokimpuls de J- toestand aan Q over. Principieel verschijnt op de geïnverteerde uitgang /Q de tegenover Q geïnverteerde toestand.

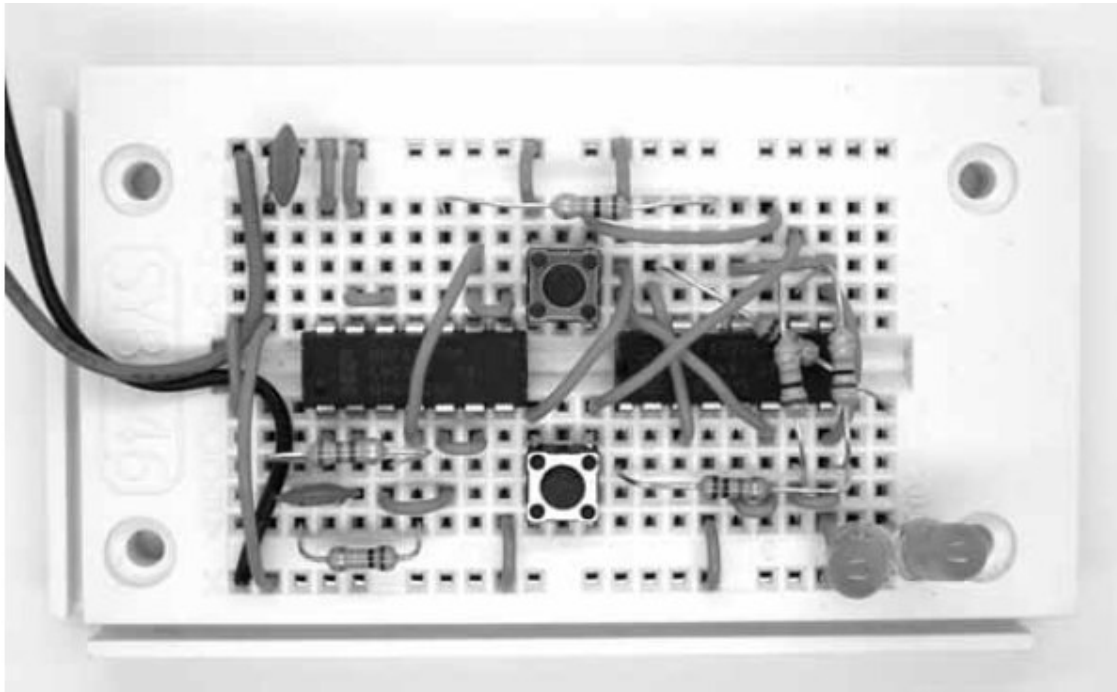


**Afb. 47:** Werkingsprincipe van de JK-flipflop

<i>Ingang J</i>	<i>Ingang K</i>	<i>Ingang C</i>	<i>Uitgang Q</i>	<i>Uitgang /Q</i>
0	0	0-1	<i>onveranderd</i>	<i>onveranderd</i>
0	1	0-1	0	1
1	0	0-1	1	0
1	1	0-1	<i>toggle</i>	<i>toggle</i>



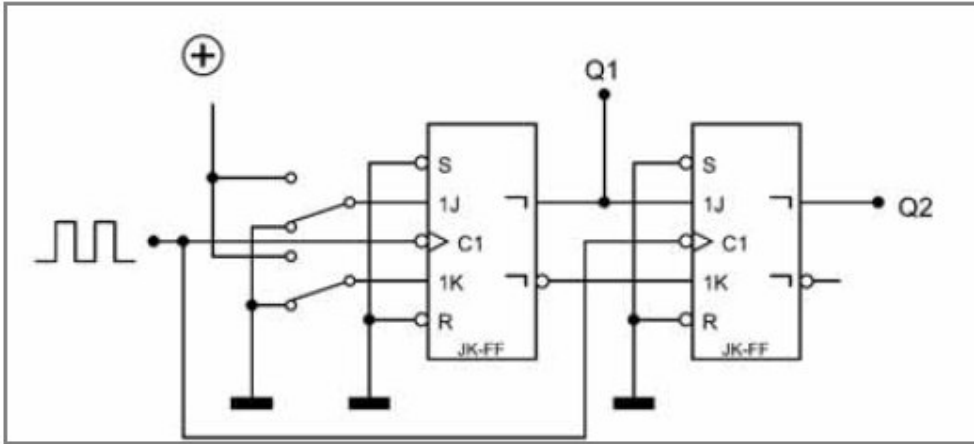
**Afb. 48:** Proefschakeling voor het JK-flipflop



**Afb. 49:** Toetsen aan J en K

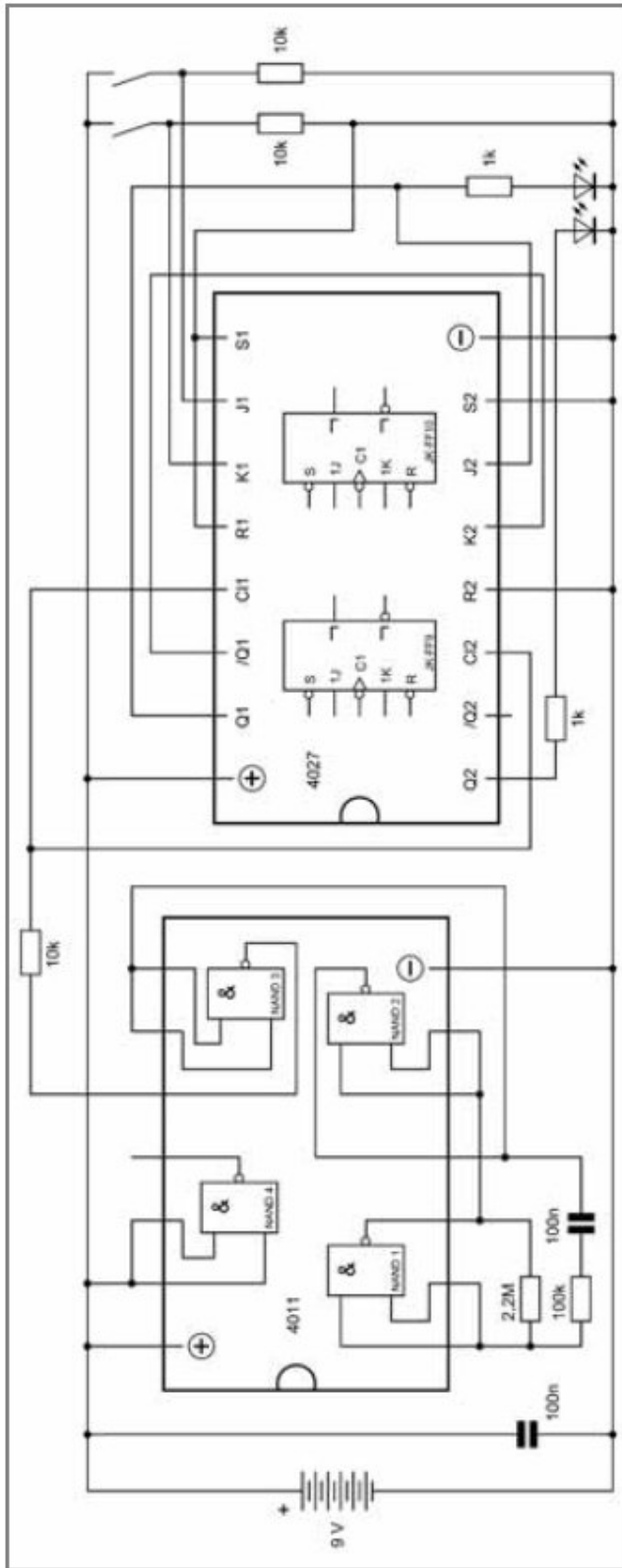
## 17 Schuifregister

Een schuifregister schuift de ingangstoestanden bij elke klokimpuls om een stap verder. Met de 4027 laten zich twee stappen opbouwen. Het kloksignaal wordt nu parallel aan beide klokingangen gelegd. Op de ingang heeft men weer twee toetsen aan J en K. Beslissend is de verbinding naar de volgende stap. Q is gekoppeld aan J en /Q. Bij een positieve klok-flank neemt de eerste flipflop de ongelijke toestanden aan J en K over. Gelijktijdig neemt de tweede JK-flipflop nog de oude toestanden van het eerste flipflop over omdat de nieuwe toestanden eerst met een kleine tijdsvertraging naar de klok-flank werkzaam worden.



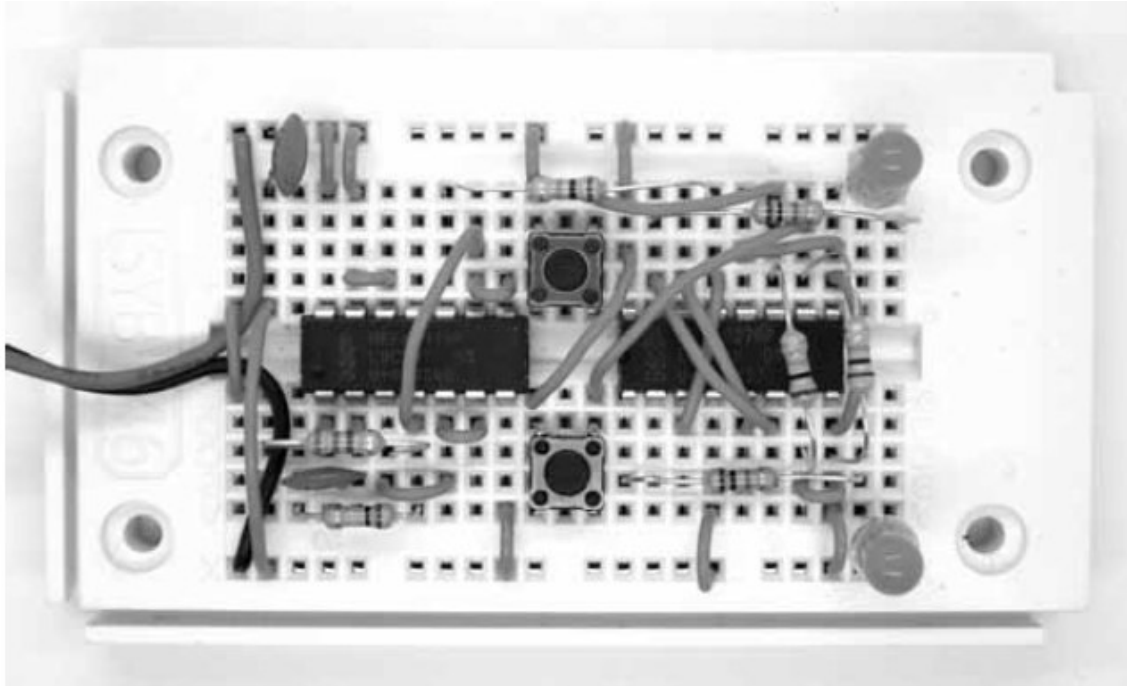
**Afb. 50:** JK-flipflop als schuifregister

In rusttoestand zijn beide ingangen J en K 0 (nul). Druk nu op de J- toets- De 1-toestand wordt bij de volgende klokimpuls aan Q1 overgenomen en bij de daarop volgende ook aan Q2. Men kan duidelijk de vertraging van een klokimpuls herkennen. Laat de toets los. Omdat nu beide ingangen J en K bij de eerste stap 0 zijn, verandert zich de uitgang niet. Beide uitgangen blijven dus aan. Druk nu op de K- toets. Hiermede wordt Q1 bij de volgende klokimpuls 0, en met een vertraging van een klokimpuls volgt ook Q2. Als u op beide toetsen J en K drukt, gaat de eerste flipflop heen en weer (toggle). Het tweede volgt de toestanden met een klokimpuls vertraging. Uiteindelijk krijgt men een wisselend knipperlicht.



**Afb. 51:** Testschakeling voor het schuifregister

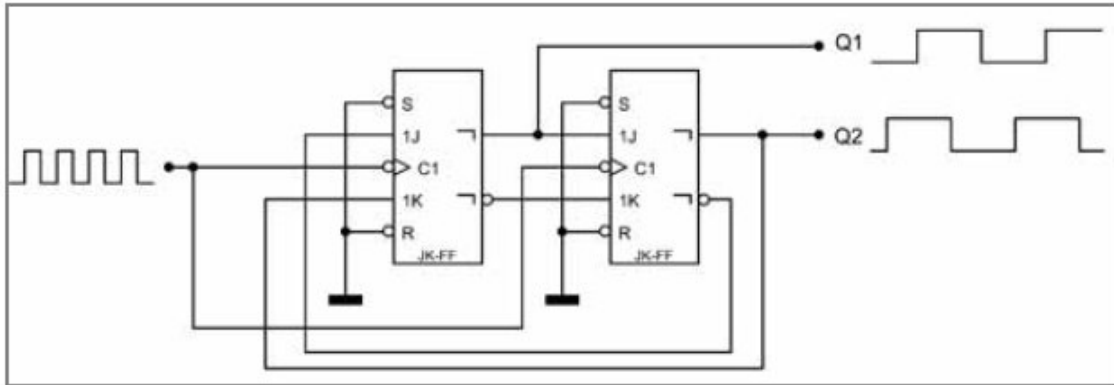




**Afb. 52:** Proefopbouw schuifregister

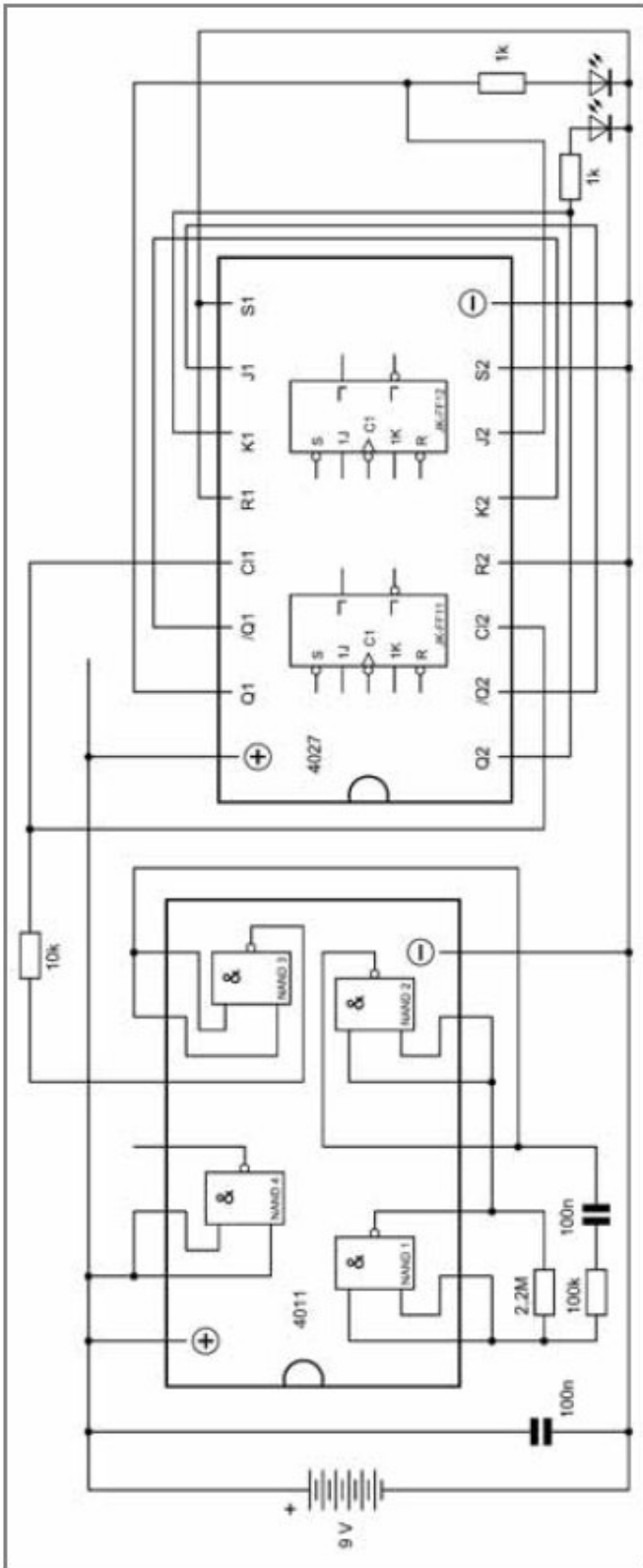
## 18 Faseverschuiving 90 graden

Leidt de uitgangssignalen van de tweetraps schuifregister aan de uitgang terug. Daartoe moeten J en K omgewisseld worden. Het resultaat is dan, dat de eerste flipflop telkens de geïnverteerde toestand van de tweede flipflop aanneemt. Het tweede daarentegen volgt de eerste zoals tot nu toe met een vertraging van een impuls. Uiteindelijk schakelen beide uitgangen telkens afwisselend om. Er ontstaan twee symmetrische rechthoeksignalen met een kwart van de klokfrequentie en met een tijdsvertraging van een klokimpuls. De faseverschuiving tussen beide uitgangssignalen bedraagt 90 graden. Zulke signalen worden bijv. in de communicatietechniek toegepast.

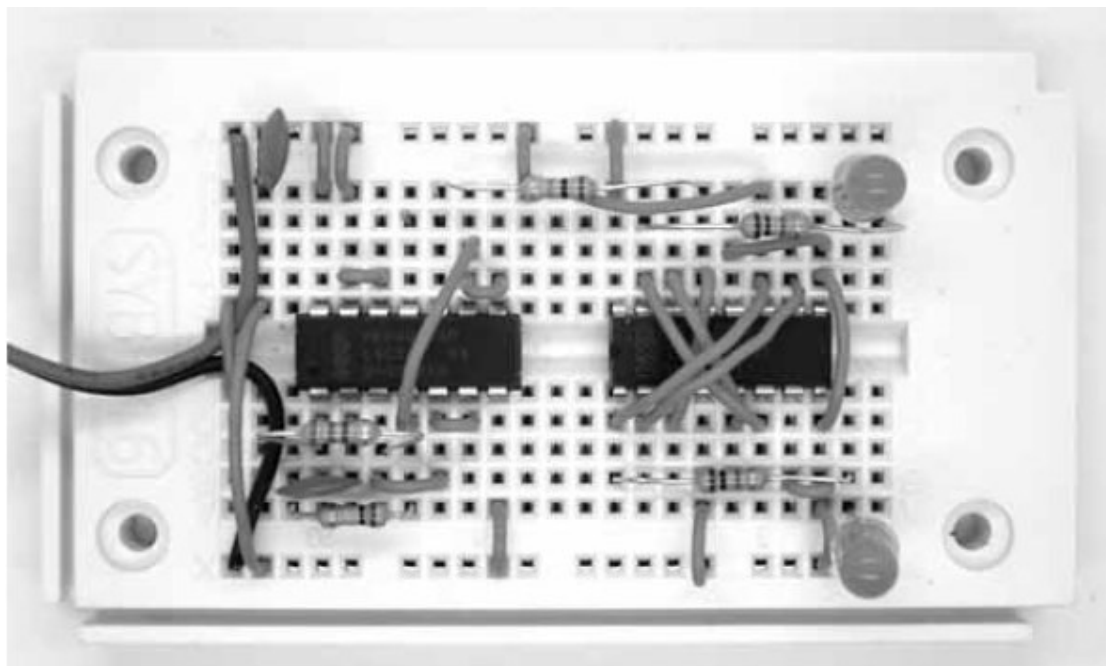


**Afb.. 53:** Faseverschuivende uitgangssignalen

<i>Uitgang Q1</i>	<i>Uitgang Q2</i>	<i>Getallen- waarde</i>	<i>LED 1</i>	<i>LED 2</i>
0	1	1	1	0
1	1	3	0	0
1	0	2	0	1
0	0	0	0	0



**Afb. 54:** Faseverschivende aansturing van twee LED's



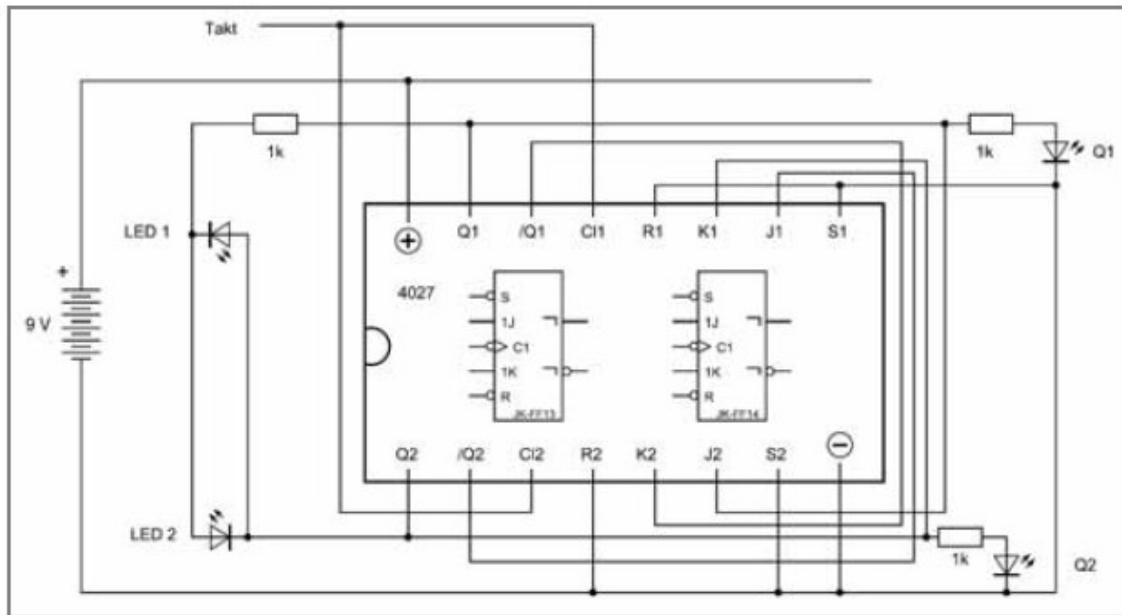
**Afb. 55:** Proefopbouw voor de faseverschuiving

Verander de schakeling een keer, zodat bij de terugkoppeling J en K niet omgewisseld worden. Het resultaat is onzeker, omdat het afhankelijk is van de eerste toestand van de flipflops na het inschakelen. Mogelijk is, dat er beide uitgangen steeds aan of uit blijven, of dat ze in tegenfase wisselen.

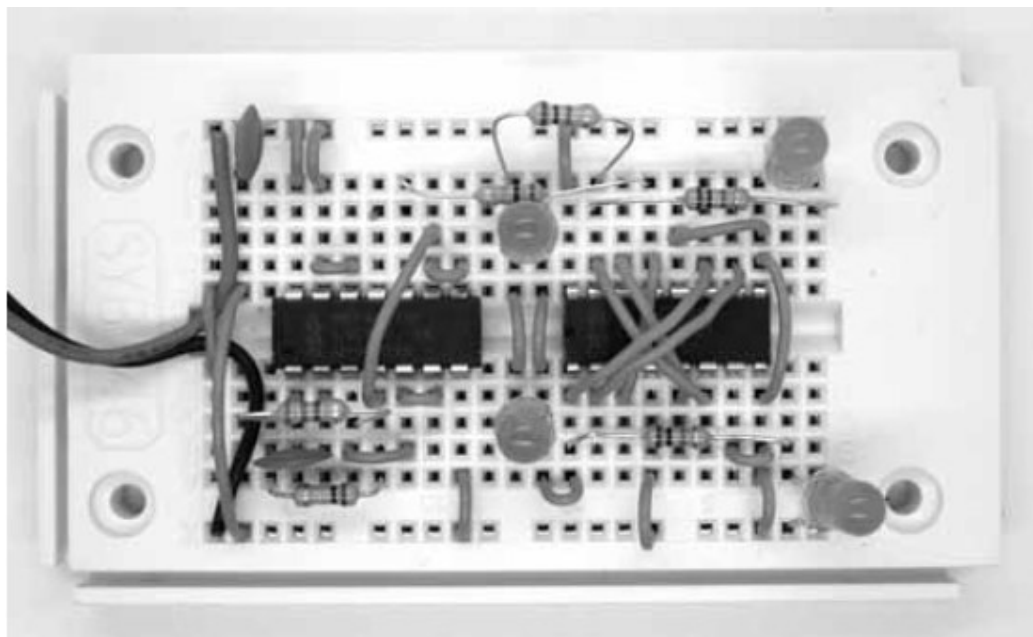
## 19 Bit- decoder

Bij het voorgaande experiment lichten beide LED's telkens twee klokipulsen op. Nu worden de afzonderlijke schakelfasen decodeert en weergegeven. Dit gaat lukken, doordat men twee verdere LED's met een voorweerstand tussen de uitgangen van beide flipflops schakelt. De beide LED's links branden alleen dan, wanneer beide Q-uitgangen even een ongelijke toestand bezitten. Omdat ze anti- parallel geschakeld zijn, ontstaan afwisselende lichtfasen.

<i>Uitgang Q2</i>	<i>Uitgang Q1</i>	<i>Getallen- waarde</i>	<i>LED 1</i>	<i>LED 2</i>
1	0	2	1	0
1	1	3	0	0
0	1	1	0	1
0	0	0	0	0



**Afb. 56:** Weergave afzonderlijke bit- toestanden

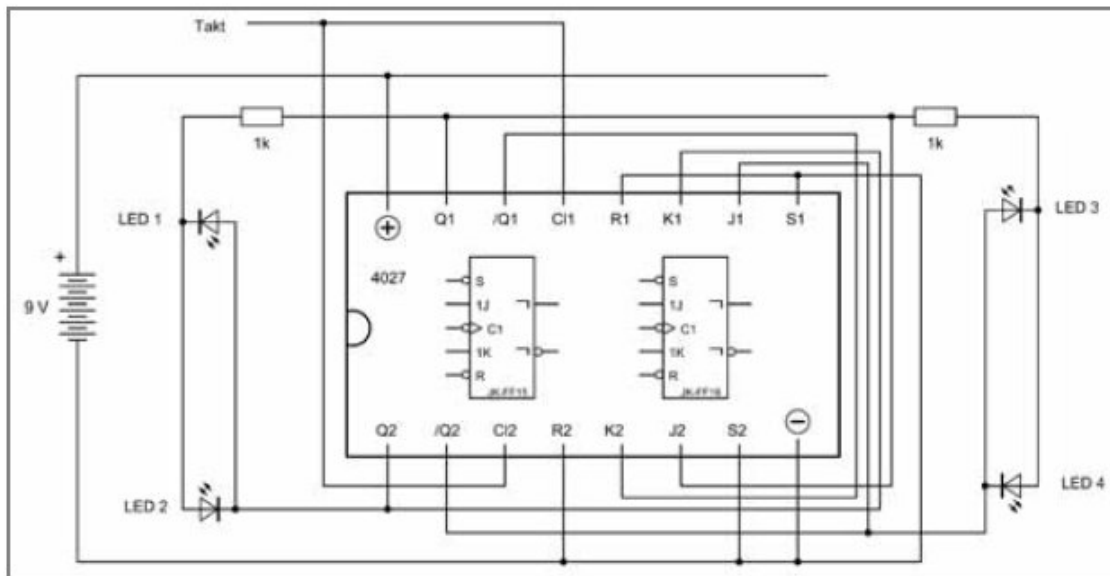


Afb. 57: Opbouw met vier LED's

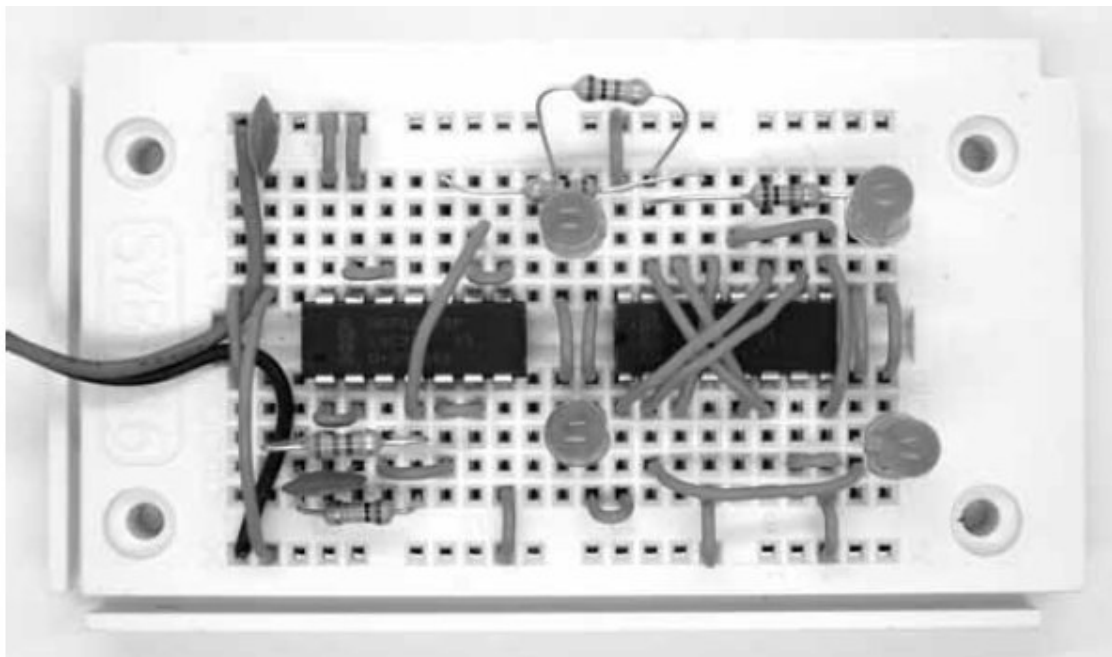
## 20 Eén uit vier

Om steeds alleen één van de vier LED's te laten oplichten moeten ook de twee LED's rechts in het schakelschema op dezelfde manier tussen beide flipflops geschakeld worden. Om de twee resterende schakelfasen te kunnen decoderen, wordt nu bij de onderste flipflop de geïnverteerde uitgang /Q gebruikt.

<i>Uitgang Q2</i>	<i>Uitgang Q1</i>	<i>Getallen- waarde</i>	<i>LED 1</i>	<i>LED 2</i>	<i>LED 3</i>	<i>LED 4</i>
1	0	2	1	0	0	0
1	1	3	0	0	0	1
0	1	1	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0



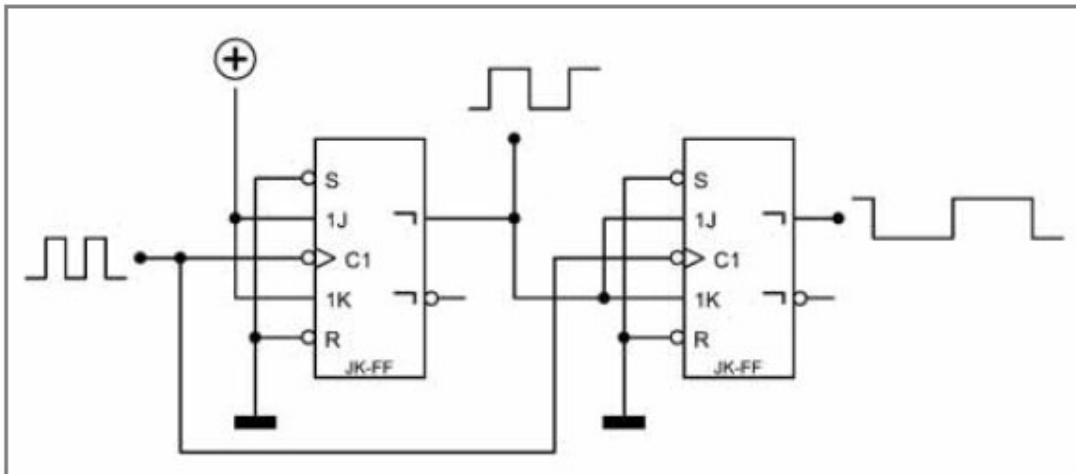
**Afb. 58:** De decoder



**Afb. 59:** Een vier- LED- knipperlicht

## 21 Synchroner teller

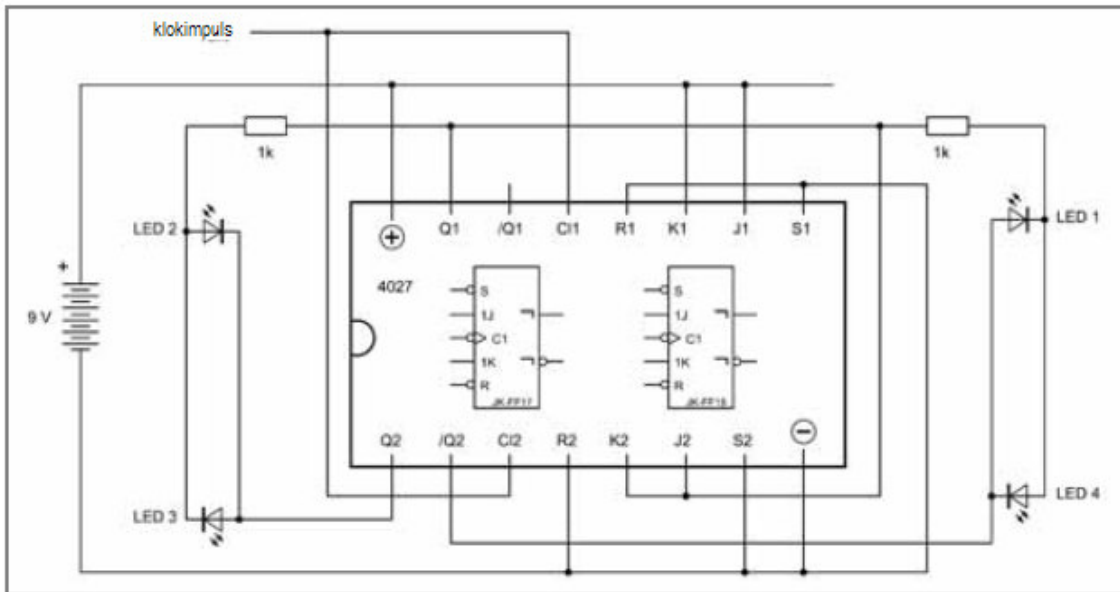
Een meertraps synchrone teller levert in principe hetzelfde resultaat als een meertraps ripple- teller. Het verschil is, dat de uitgangen nu exact op hetzelfde tijdstip omschakelen. Hiertoe moeten alle trappen met dezelfde klokimpuls werken. Het kloksignaal wordt parallel aan alle C- ingangen van de flipflops gelegd. Een flipflop kan daarbij niet op het resultaat van de vorige trap wachten, maar het moet al eerder weten of het bij de volgende klokimpuls moet omschakelen. Men verbindt de Q-uitgang met J en K van de volgende trap. Als  $Q = 1$  is, schakelt de volgende klokimpuls beide trappen gelijktijdig om.



**Afb. 60:** Principe van de synchrone teller

In de eerste trap zijn J en K aan  $V_{cc}$  aangesloten, zodat men een toggle- flipflop heeft. Steeds wanneer  $Q_1 = 1$  is, schakelt de volgende klokimpuls de toestand over. Zodoende verkrijgt men de correcte telvolgorde voor een binaire voorwaartsteller.

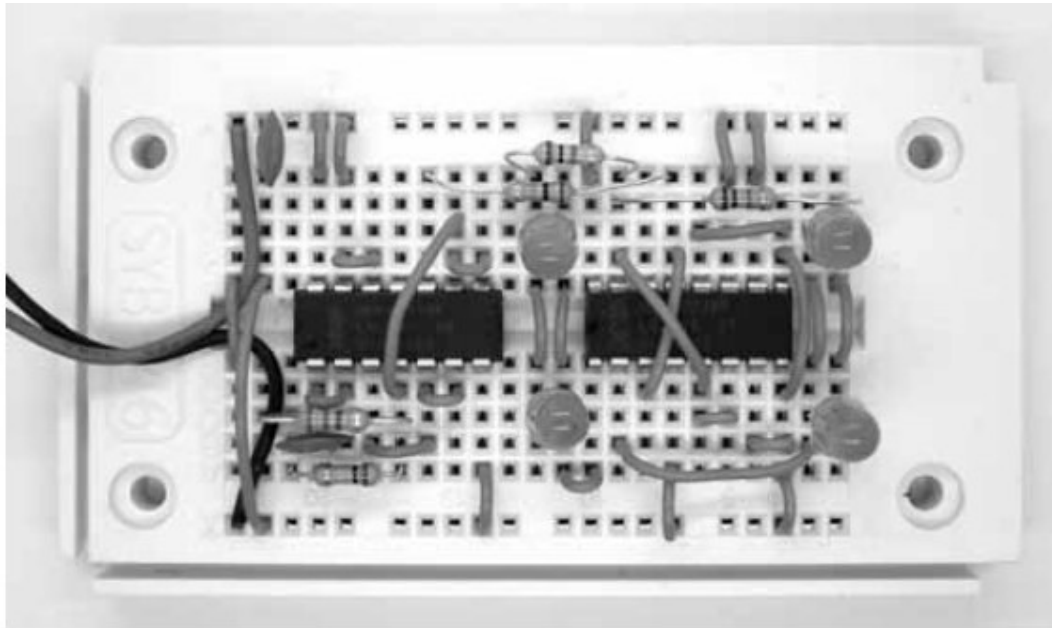




**Afb. 61:** Synchrone voorwaartsteller

Ook hier moeten weer vier LED's afzonderlijk achter elkaar oplichten. In totaal vormt zich een lichtpatroon, dat lijkt als of een punt linksom in een cirkel loopt.

<b><i>Uitgang Q2</i></b>	<b><i>Uitgang Q1</i></b>	<b><i>Getallen- waarde</i></b>	<b><i>LED 1</i></b>	<b><i>LED 2</i></b>	<b><i>LED 3</i></b>	<b><i>LED 4</i></b>
0	0	0	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0	0
1	0	2	0	0	1	0
1	1	3	0	0	0	1



**Afb. 62:** Knippen in een cirkel