

Alles op de kop

Johan Smilde

Dobbelsteen D02i werkt precies andersom!

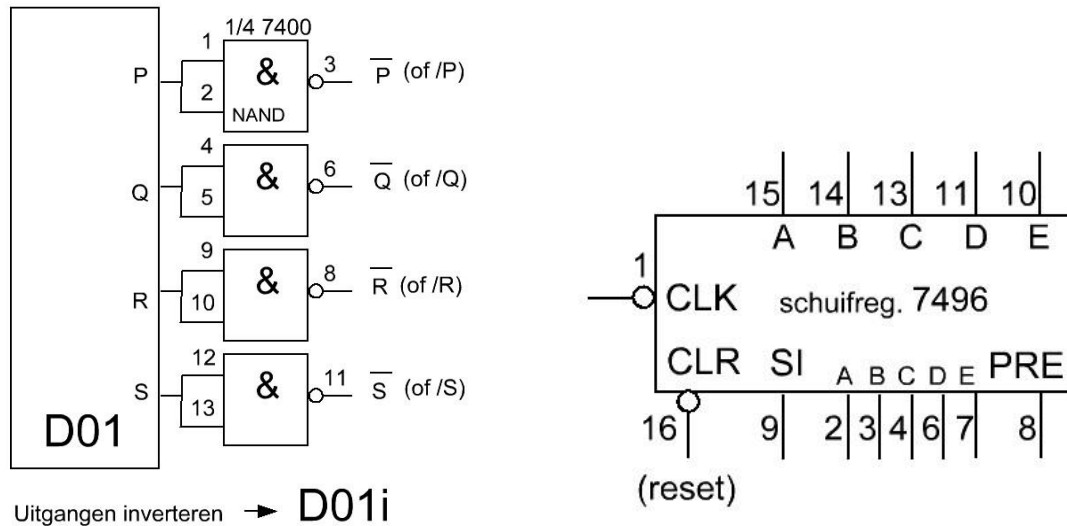


Deze dobbelsteen heeft omgekeerde uitgangen ten opzichte van de vorige. Dat wil zeggen dat de uitgangen hier niet actief hoog zijn zoals bij dobbelsteen D01, maar dat ze actief laag, ofwel geïnverteerd of invers werken, vandaar de toegevoegde letter i bij de afkorting D02i. Deze omgekeerde werking kan met hetzelfde schuifregister 7496 worden gerealiseerd. Verder wordt voor de liefhebbers alles uit de elektronica gehaald, waarbij na het werpen ook een geheel gedoofd display (stand 0; beurt overslaan) en een geheel oplichtend display (stand 7) mogelijk is.

Van dobbelsteen D01 naar D01i

Eerst even een uitstapje naar de vorige dobbelsteen D01. Het is gemakkelijk om de uitgangen om te keren door elke uitgang van een inverter te voorzien, zie figuur 1. Dit kan met NAND-poorten van het type 7400 waarvan er vier in een IC-behuizing zitten en per poort de beide ingangen worden doorverbonden. Let hier ook even op de notatie ofwel de aanduiding van de signalen. De letters van de geïnverteerde uitgangen zijn voorzien van een liggend streepje, of worden in de tekst vaak aangeduid met een schuine streep voorafgaand aan de hoofdletter, bijvoorbeeld /P. Dit betekent dat het signaal het omgekeerde niveau heeft van het oorspronkelijke signaal. Is bijvoorbeeld signaal P laag of logisch 0, dan is /P op datzelfde moment hoog of logisch 1. Een reden om de uitgangssignalen te inverteren, al is het hier wat vergezocht of overdreven, is het realiseren van een 'veilig' systeem. Als alle ingangen en uitgangen in rust hoog zijn, zal er alleen een actie volgen op het laag maken (aan aarde of massa leggen) van een in- of uitgang. Mocht er ergens in een systeem een draadbreek optreden of een connectorpen slecht contact maken, dan blijft dat betreffende signaal hoog en heeft dat geen nadelige consequenties. Er gaat niets stuk, er werkt alleen iets niet goed en zo'n

storing moet natuurlijk wel worden verholpen. Het ligt dan voor de hand om eenvoudig de uitgangen van dobbelsteen D01 te inverteren, zodat alle uitgangen in rust hoog zijn, maar... met deze extra poorten kan het schuifregister ook zodanig worden gemanipuleerd dat dit precies andersom werkt ten opzichte van dobbelsteen D01.



Figuur 1: Uitgangen van D01 inverteren. Figuur 2: Alle aansluitingen van de 7496.

Schuifregister 7496

In de principeschema's van D01 en D02i worden alleen de gebruikte aansluitingen getekend, maar voor een beter begrip zijn in figuur 2 alle aansluitingen van het 5-bits schuifregister 7496 opgevoerd. Pin 16 is voor het gemak omgedoopt tot resetingang. Op de bovenkant bevinden zich de uitgangen A tot en met E. Beneden staan dezelfde, wat kleinere letters voor de preset-ingangen die via het signaal PRE worden geactiveerd. Verder is er nog een klokingang (CLK) en een seriële ingang (SI) om het doorschuiven van het register met nullen of enen op de klokimpuls te realiseren, afhankelijk van het logische niveau op SI. Verder geeft het specificatieblad van het IC nog wat aanvullende informatie in een soort waarheidstabel:

* Een voorwaarde voor het resetten van het schuifregister (alle uitgangen laag maken) is dat ook ingang PRE laag is. Als PRE laag is, mag de resetingang even laag worden gemaakt. Deze actie kan als uitgangstoestand worden beschouwd.

* Na de reset is het parallel laden van het register mogelijk via de ingangen A tot en met E met de resetingang hoog. Hierbij moet PRE even hoog worden gemaakt. Als in de praktijk de presetingen niet worden aangesloten, zijn ze automatisch hoog. Na een preset zijn alle uitgangen hoog en dat is dan het omgekeerde van D01.

TABEL 0

Stand:	P	Q	R	C/S	D
0	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1
2	1	0	1	1	1
3	0	0	1	1	1
4	1	0	0	1	1
5	0	0	0	1	1
6	1	0	0	0	1
7	0	0	0	0	1
Reset 8	1	0	0	0	0

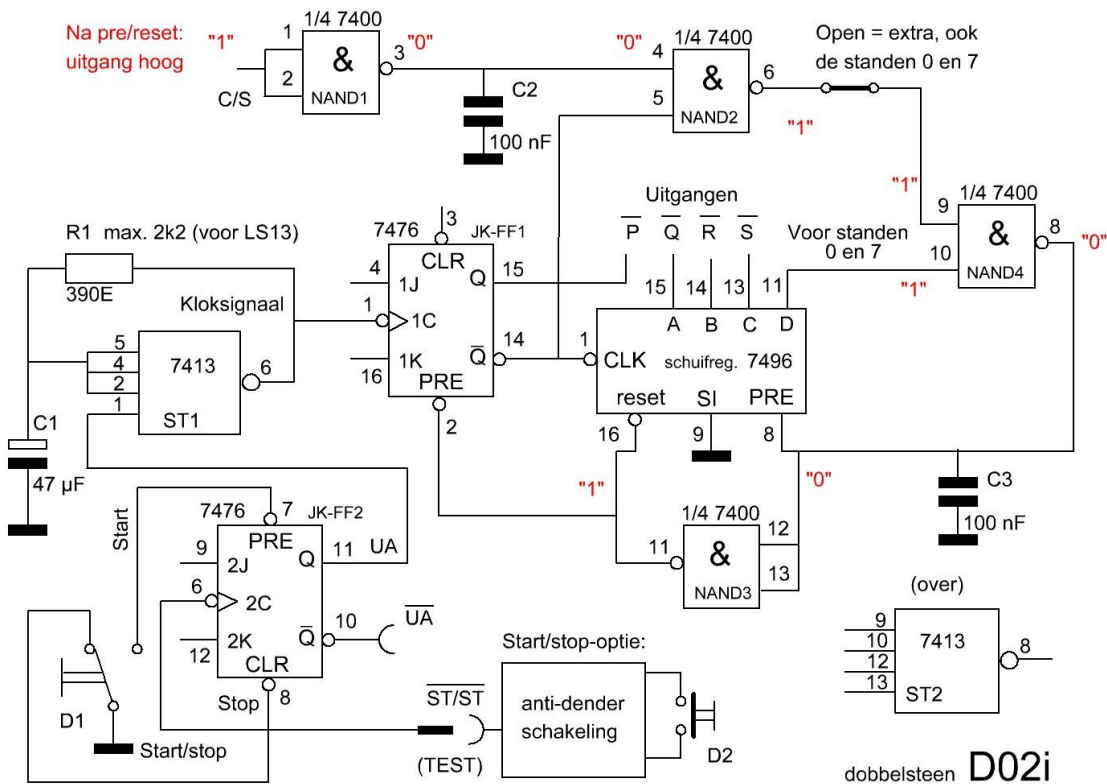
The diagram shows a square die with pins labeled R, Q, S, P, S, Q, R. An arrow points from the 'Reset 8' row of the truth table to the die diagram.

Figuur 3: Waarheidstabel van de omgekeerde dobbelsteen met de extra standen 0 en 7. De uitgangen van het schuifregister gaan hier van hoog naar laag.

* Om het schuiven van het register op de klokimpuls mogelijk te maken, moet de resetingang hoog en PRE laag zijn. Door het continu tegen aarde leggen van de SI-ingang wordt de informatie van SI (laag) doorgegeven aan uitgang A op de eerstvolgende klokimpuls. Deze actie wordt herhaald, zodat de uitgangen na elkaar laag worden en blijven, zie de tabel van figuur 3. Hiermee staat alles op de kop!

Schema van dobbelsteen D02i

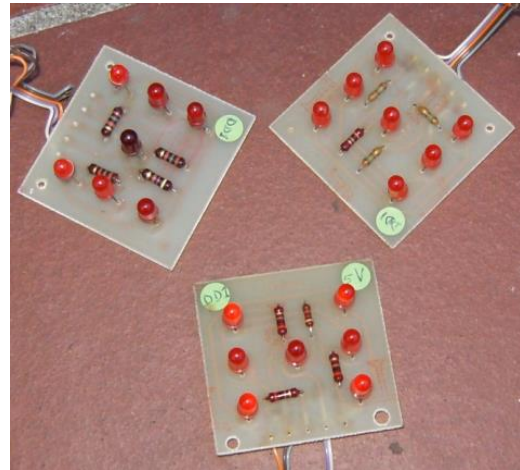
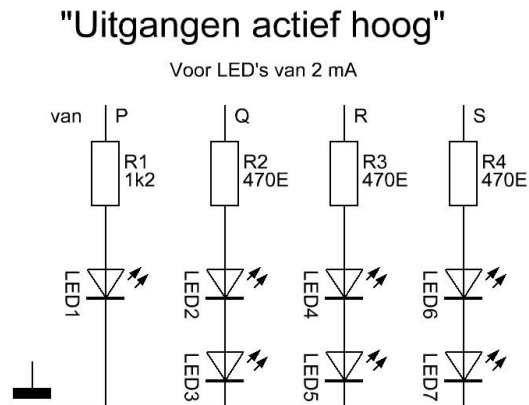
In figuur 4 is het prinscipeschema van D02i gegeven. De ingangsschakeling en de opwekking van het kloksignaal zijn inmiddels bekend van D01 met daarachter de flipflop voor P. Na de preset is het schuifregister gevuld met enen en worden alle hoge uitgangen in het ritme van de klokimpulsen na elkaar blijvend laag gemaakt. Daartoe zijn de ingangen PRE en reset geïnverteerd via een NAND-poort en is ingang SI geaard om nullen te kunnen schuiven. Op de preset wordt ook de flipflop voorafgaand aan het schuifregister gezet, zodat ook P dan hoog is. Wordt de dobbelsteen op dat moment gestopt, dan is het display gedoofd. In deze werkstand zijn wat signaalniveaus van de schakeling in rood aangegeven. Hopelijk is de werking daardoor beter te volgen. Als de schakelaar is gesloten, loopt de dobbelsteen zoals gebruikelijk van 0 tot en met 6. Dit is het geval als uitgang C van het schuifregister (gelijk aan S van de ogen van de dobbelsteen, vandaar signaal C/S) laag wordt. Probeer nu zelf eens te achterhalen wat er gebeurt als de schakelaar is gesloten. Het snel omkeren van de signalen PRE en reset - tijdens andere acties dan het simpelweg schuiven in de werkstand - geeft aanleiding tot instabiliteit in de vorm van oscilleren. Daarom zijn enkele signalen met een condensator van 0,1 μF ietwat vertraagd om dit probleempje op te lossen. Zelfs bij een volledig met de hand bedrade proefopstelling met relatief lange draden op het elders beschreven experimenteerbord werkt deze schakeling dan storingsvrij.



Figuur 4: Prinscipeschema van de omgekeerde dobbelsteen D02i.

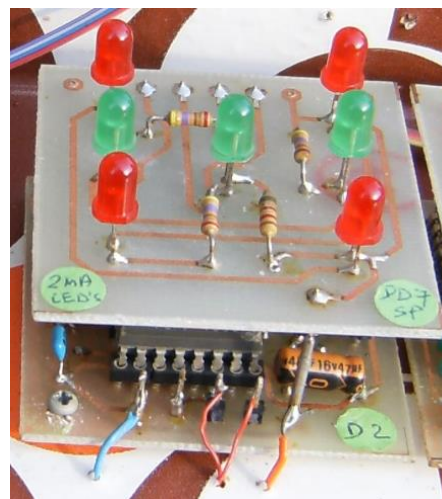
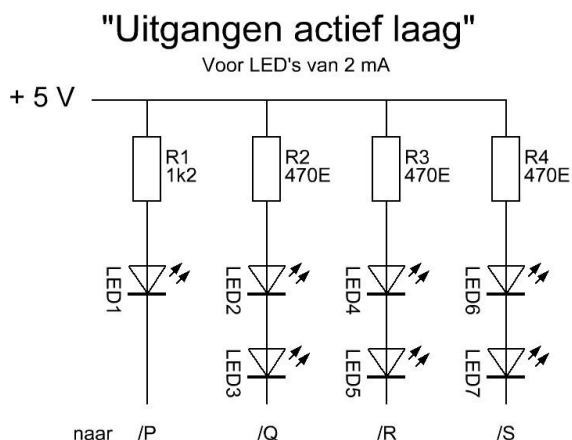
De eerste LED-displays

Bij TTL kunnen LED's in principe ook rechtstreeks op de uitgangen worden aangesloten, mits de stroom wordt beperkt tot enkele mA. Dankzij de dobbelstenen D01 en D02i zijn er nu twee varianten die respectievelijk actief hoge of lage uitgangen bieden. De schakeling van figuur 5 is bedoeld voor D01, waarbij de stroom via de uitgangen (hoog of logisch 1) door de LED's naar de min van de voedingsspanning (aarde of massa) loopt. Hierbij is display DD1 voorzien van LED's die een maximale stroom van 2 mA voeren en daarbij nog voldoende helder zijn om ze goed te zien oplichten. Met superheldere LED's van tegenwoordig is dat goed te doen.



Figuur 5: Rechtstreeks aansluiten van LED's op TTL-uitgangen met DD1.

Voor dobbelsteen D02i zijn de LED's van 2 mA op dezelfde manier gerangschikt, maar nu zijn ze tussen de positieve voedingsspanning en de uitgangen (laag of logisch 0) geschakeld, zie figuur 6. De LED-stroom loopt nu vanaf de positieve voedingsspanning door een registeruitgang als die laag wordt. Ook van dobbelsteen D04 is een variant D04i gebouwd, omdat alle flipflops standaard al de beide tegengestelde uitgangen (Q en /Q) aanbieden. Om de slogan 'alles op de kop' consequent door te voeren, zijn hier ook de displayprintjes die in principe van DD1 zijn afgeleid, omgekeerd en met de koperzijde naar boven gemonteerd om eventuele vergissingen uit te sluiten.

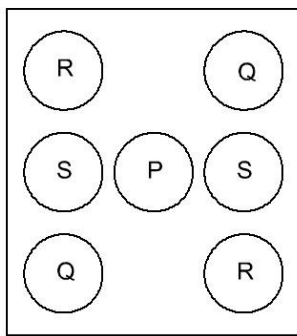


Figuur 6: Rechtstreeks aansluiten van LED's op TTL-uitgangen met DD2.

Tabellen 1 en 2

Hoe loopt de dobbelsteen? Tot nu toe via tabel 0 met een schuifregister waarbij de cijfers 2 en 3 in dezelfde richting staan. Dit kan ook anders door de diagonalen voor de cijfers 2 en 3 bij de tabellen 1 en 2 om te keren, zodat de ogen steeds tegengesteld aan elkaar oplichten, zie figuur 7 en ook figuur 8 waarin dit grafisch is weergegeven. Dit kan worden gerealiseerd door het schuifregister te vervangen door afzonderlijke flipflops hetgeen bij de kerstdobbelsteen D04 is gedaan. Het is niet nodig om beide tabellen te decoderen voor het gewenste effect, want uit figuur 7 volgt dat de uitgangen Q en R van beide tabellen precies gelijk, maar tegengesteld zijn. In de praktijk betekent dit dat de uitgangen Q en R eenvoudig worden verwisseld voor het selecteren van de gewenste diagonaal. Zo, dat spaart weer wat extra puzzelwerk!

Stand:	TABEL 1				Stand:	TABEL 2			
	P	Q	R	S		P	Q	R	S
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	1	0	0	0	1	1	0	0	
2	0	0	1	0	2	0	1	0	
3	1	1	0	0	3	1	0	1	
4	0	1	1	0	4	0	1	1	
5	1	1	1	0	5	1	1	1	
6	0	1	1	1	6	0	1	1	



Figuur 7: De waarheidstabellen 1 en 2.

Vergelijking van de tabellen

Alles op een rij: in figuur 8 zijn de verschillende standen van de dobbelsteen grafisch weergegeven. Alleen de standen of worpen voor de cijfers 2 en 3 kunnen afwijken. Vanuit de elektronica gezien is ook een geheel gedoofd display mogelijk met als extra functie 'beurt overslaan' en/of een geheel oplichtend display voor het gooien van het heilige getal 7 - voor de liefhebbers!

Tabel 0	Tabel 1	Tabel 2

Figuur 8: Zo lopen de tabellen met mogelijke verschillen tussen de standen 2 en 3.

Tabel 2 is het meest dynamisch en krijgt de voorkeur bij dobbelsteen D04.