

Hoe... een mechanisch contact of schakelaar ontddenderen

een schakelaar is open of gesloten – toch?

Clemens Valens (Elektor Labs)



Veel ontwerpers beschouwen mechanische schakelaars of contacten als simpele dingen met twee toestanden: open of gesloten. Hoewel dat meestal voldoende is, zijn er situaties waarin deze benadering te simplistisch is en problemen oplevert. Contactweerstand is één oorzaak van problemen, contactdender een andere. In deze aflevering van onze nieuwe “Hoe...”-serie gaan we op het tweede probleem in.

Het is een kwestie van tijd

Zoals alles om ons heen hebben toestandsveranderingen tijd nodig om zich te voltrekken en schakelaars, mechanisch of niet, vormen daarop geen uitzondering. De meeste mechanische schakelaars zijn tamelijk trage dingen, en het kan enkele tientallen milliseconden duren voordat een toestandsverandering zich heeft gestabiliseerd. Tijdens de toestandsverandering (zowel bij openen als bij sluiten) ‘stuitert’ het contact een paar keer. Aan snelle systemen gaat dit denderen niet ongemerkt voorbij waardoor de goede werking wordt verstoord. Als gevolg hiervan kan het systeem denken dat er meerdere malen op de knop is gedrukt.

Gij zult ontddenderen

‘Ontddenderen’ is de techniek om een systeem dendervrij te maken. Er bestaan verschillende methoden, van analoge RC-filters via speciale IC’s tot software-algoritmen. Allemaal hebben ze gemeen dat ze proberen een gedefinieerde, enkelvoudige contacttoestand aan het systeem te leveren. Houd er rekening mee dat een contact in deze context een door de mens bediende schakelaar of drukknop kan zijn, of een machinaal bediende contact zoals een microschakelaar, draai-encoder of relais.

Ontddenderen met een RC-netwerk

Het idee hierbij is om de schakelaar aan te sluiten op een circuit dat nog langzamer is dan de schakelaar zelf. Dan valt het denderen van het contact domweg niet op. De uitgang van de schakeling is een stabiele toestand (laag of hoog) met een trage overgang tussen verschillende toestanden (**figuur 1**). Dit klinkt als een fraaie en eenvoudige oplossing, maar er zijn wel degelijk enkele problemen:

- wanneer de ingang niet genoeg hysteresis heeft en er ruis aanwezig is, kan een langzaam variërend signaal dat een snelle ingang aanstuurt, ongewenste effecten veroorzaken die enigszins vergelijkbaar zijn met denderen. Ze kunnen ook leiden tot overmatig stroomverbruik. Schmitt-trig-

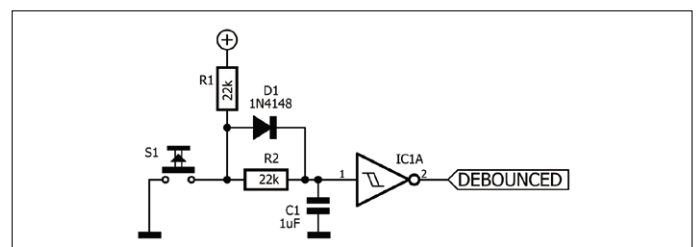
ger-ingangen bij de ontvanger verdienen daarom aanbeveling. Als die er niet zijn, voeg ze dan toe aan uw filter;

- indien het netwerk te langzaam is, kunnen korte geldige toestandsveranderingen worden gemist;
- het vereist extra componenten die ruimte in beslag nemen en geld kosten;
- in het standaardscenario met een schakelaar naar massa en een pullup-weerstand plus RC-netwerk, hebben het indrukken en loslaten van de knop niet hetzelfde effect. Toevoeging van een diode kan dit probleem oplossen (figuur 1).

Complexere antidenderschakelingen

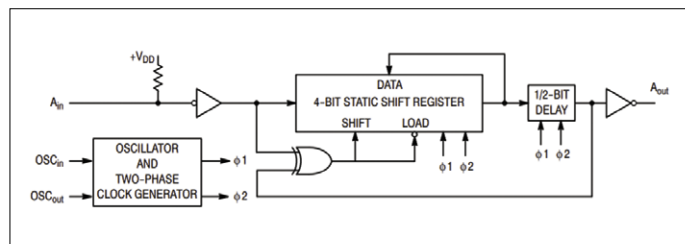
Een set/reset (SR) latch of een D-flipflop kan worden gebruikt om contactdender te elimineren. Hiervoor is echter een SPDT- of wisselschakelaar nodig, die duurder is dan een gewone SPST-drukknop. Let op: deze methode kan eenvoudig in software worden geïmplementeerd als u bereid bent om twee pin- nen per SPDT-schakelaar op te offeren.

Een monostabiele multivibrator of timer kan een oplossing zijn, maar deze produceert een puls in plaats van een constant niveau.

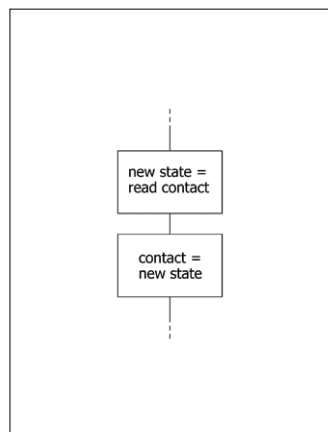


Figuur 1. Ontddenderen van een mechanisch contact met een RC-netwerk. De waarden van R1, R2 en C1 zijn afhankelijk van uw toepassing, hoewel de gegeven waarden in veel gevallen waarschijnlijk goed zullen werken. D1 zorgt ervoor dat het openen en sluiten van het contact vergelijkbare vertragingen veroorzaken.

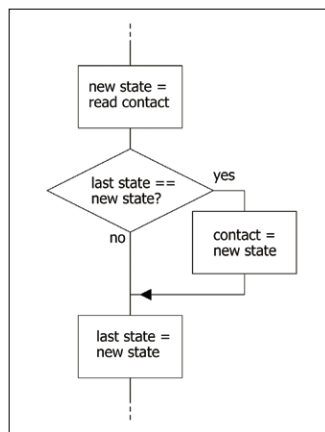
Er bestaan speciale antidender-IC's. Een klassieker is de MC14490 (**figuur 2**), maar er zijn er nog andere zoals de MAX6816 (meerkanaalsuitvoeringen MAX6817 en MAX6818) of



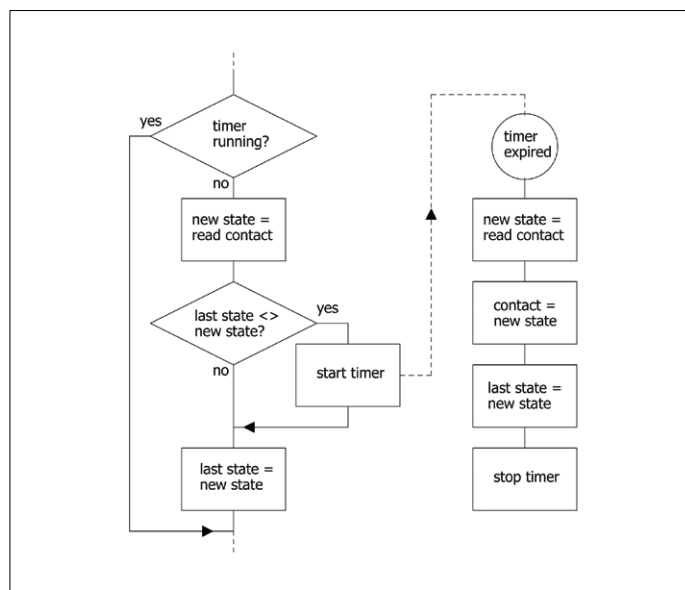
Figuur 2. Blokschema van het MC14490 zeskanaals antidender-IC.



Figuur 3. Wanneer een contact slechts af en toe wordt ingelezen, bestaat de mogelijkheid dat u het zonder complexe antidendertechnieken kunt stellen.



Figuur 4. Als polling niet te snel plaatsvindt (<0,1 Hz of zo), kunnen twee opeenvolgende identieke contacttoestanden voldoende zijn om een nieuwe toestand te accepteren.



Figuur 5. Een contactovergang start een timer. De hoofd-programmalus negeert het contact terwijl de timer loopt. De toestand van het contact wordt opnieuw ingelezen wanneer de timer afloopt, d.w.z. wanneer verwacht mag worden dat het contact niet meer dendert.

de LTC6994. De firma LogiSwitch lijkt zijn brood te willen verdienen met ontenders. Daarnaast levert Maxim zogenaamde 'Contact Monitors' die contactdender tegengaan.

Softwarematig ontenders

De reden om in hardware te ontenders is meestal dat het om de een of andere reden niet in software kan worden gedaan. Toch heeft de MCU in veel op microcontrollers gebaseerde toepassingen voldoende reserves om dit voor zijn rekening te nemen. Maar hoe? Met polling of met interrupts?

Bij polling controleert de MCU regelmatig de contactingang. Dit kan timergestuurd gebeuren of wanneer de MCU er tijd voor heeft. Het is mogelijk dat bij polling de overgangen worden gemist wanneer die te kort zijn, of dat ze te laat worden gedetecteerd (grote latentie), maar er ontstaan geen conflicten met met tijdkritische processen.

Interrupts daarentegen kunnen overgangen bijna onmiddellijk detecteren zodra die zich voordoen (geringe latentie), resulterend in een snel reagerend systeem. Wanneer de MCU echter snel genoeg is, kan deze ten gevolge van contactdender meerdere malen worden getriggerd waardoor tijdkritische processen worden gehinderd, ten onrechte schakelpulsen worden geproduceerd – of allebei. Hier kan het helpen interrupts tijdens de denderperiode te deactiveren.

Zeg nooit nooit

Sommige mensen zeggen dat men nooit een schakelaar op een interruptpin moet aansluiten omdat contactdender de interne logica van de interruptingang kan verstoren (of wat voor reden dan ook). Dat is natuurlijk onzin, want alles hangt af van de toepassing. Als contactdender een systeem kan doen vastlopen, dan kunnen EMI en ruis hetzelfde effect hebben.

Enkele antidender-algoritmen

Lazy polling

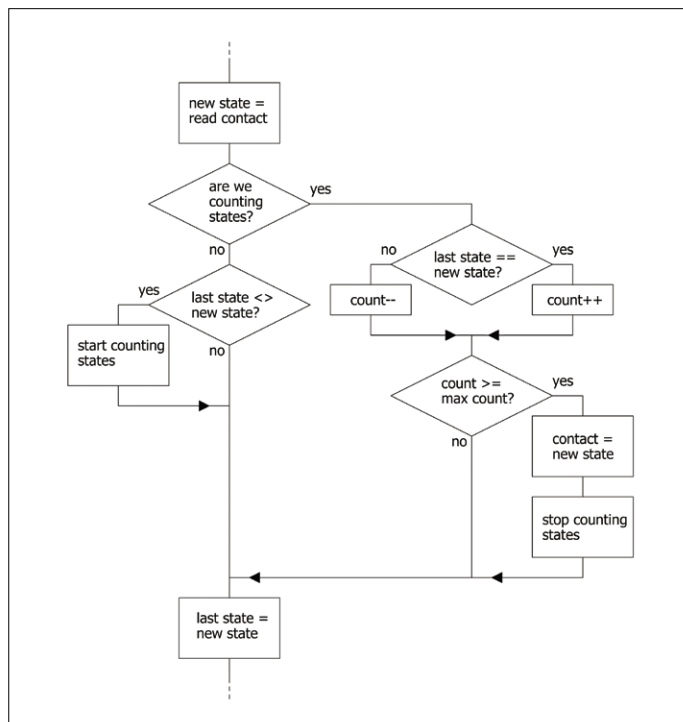
Zodra een overgang wordt gedetecteerd, wordt de nieuwe toestand geaccepteerd. Dit wordt getoond in **figuur 3**. Dit is een eenvoudige methode voor langzame (25 Hz of minder) pollingsystemen, maar het kan een glitch verwarren met een overgang als de glitch precies op het bemonsteringsmoment optreedt. **Figuur 4** toont een eenvoudige verbetering door twee opeenvolgende identieke samples te verlangen voordat de nieuwe toestand wordt geaccepteerd.

Met een timer

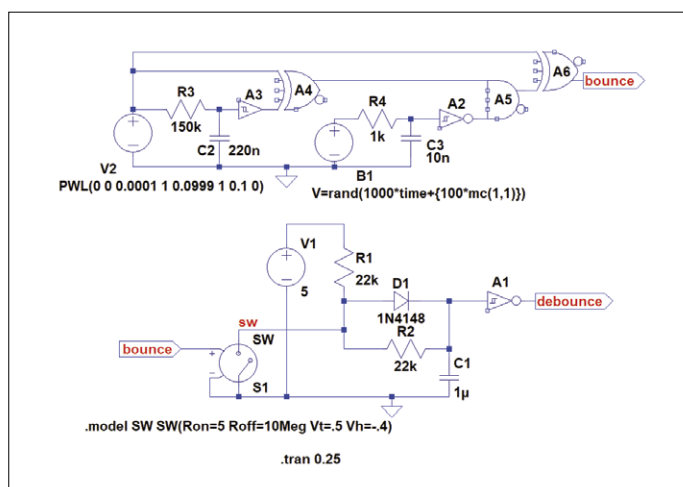
Na de detectie van een overgang wordt een timer gestart om de ingang 20 milliseconden of zo later opnieuw te controleren. Gebruik als contacttoestand de waarde op de ingang op het moment de timer afloopt (**figuur 5**). Dit werkt zowel met polling als met interrupts, maar vereist wel een timer. Als u de pininterrupt uitschakelt terwijl de timer loopt, voorkomt u onnodige stress ten gevolge van contactdender.

X van de Y

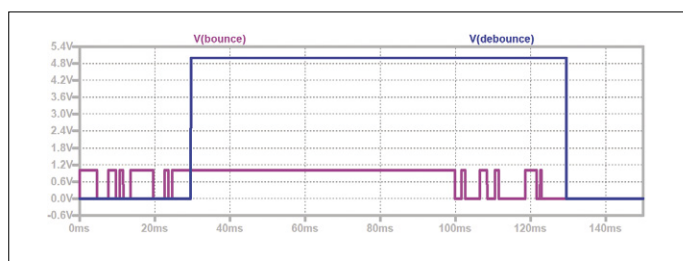
Een stap verder is om twee of meer identieke samples te eisen voordat een toestandsverandering wordt geaccepteerd, bijvoorbeeld drie van de vier of zeven van de tien. Dit is het digitale equivalent van het integrerende RC-antidendernetwerk, zie **figuur 6**.



Figuur 6. Een stroomdiagram-equivalent van een RC-antidendernetwerk. Deze oplossing triggert wanneer ten minste 'max count' geldige samples zijn gelezen.



Figuur 7. Denderen en ontddenderen als simulatie in LTspice. Spanningsbron V2 produceert de puls bij het sluiten van het contact, spanningsbron B1 voegt daar dender aan toe. De waarde van B1 bepaalt de minimale lengte van de denderpuls (hier 1 ms). Wijzig de waarden van R3/C2 en/of R4/C3 om de denderkarakteristieken te wijzigen.



Figuur 8. De resultaten van de simulatie tonen de contactdender (roze) en het dendervrije resultaat (blauw).

Voorbeeldcode?

U verwacht nu waarschijnlijk voorbeeldcode die u met knippen&plakken in uw eigen programma kunt gebruiken. Nou, die is er niet. Hoe het beste antidenderalgoritmen kunnen worden geïmplementeerd hangt sterk af van de slimheid van de programmeur en de beschikbare middelen. Voor inspiratie zie de stroomdiagrammen die dit artikel opsieren.

Simuleer het

Figuren 7 en 8 tonen een LTspice-simulatie van de RC-antidenderschakeling waarmee we dit artikel zijn begonnen. Om de simulator verschillende resultaten te laten produceren voor elke run, moet u de optie 'Use the clock to reseed the MC generator[*]' (**figuur 9**) aanvinken.

En wat nu?

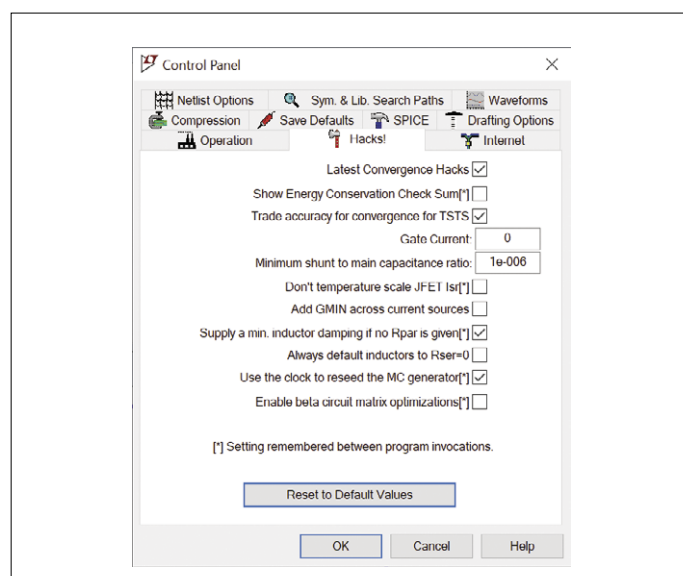
Zoals bij elk onderwerp in de elektronica, in de techniek en in het algemeen, valt er nog veel meer te vertellen over dit onderwerp. Elke schakelaar dendert op zijn eigen manier, en zijn denderkarakteristieken kunnen in de loop van de tijd veranderen. Contactdender kan bij openen en sluiten verschillen. Contacten slijten en de eigenschappen van de contactvlakken veranderen; en dat heeft weer invloed op de geleidbaarheid. Sommige systemen vereisen snelle responstijden, bij andere maakt dat niet uit – enzovoort etcetera. Daarom is het onmogelijk om te zeggen welke antidendermethode in uw geval de beste is. U moet eerst uw systeem door en door kennen en begrijpen voordat u beslist welke techniek u gaat toepassen.



(191015-04)

Weblink

[1] LTspice simulatiebestanden:
www.elektormagazine.nl/191015-04



Figuur 9. Als u de optie 'Use the clock to reseed the MC generator[*]' aanvinkt, produceert LTspice verschillende resultaten voor elke run.