

# Minimalistische schakelklok

## Veel mogelijkheden op weinig ruimte

Fons Janssen en Mark Vermeulen

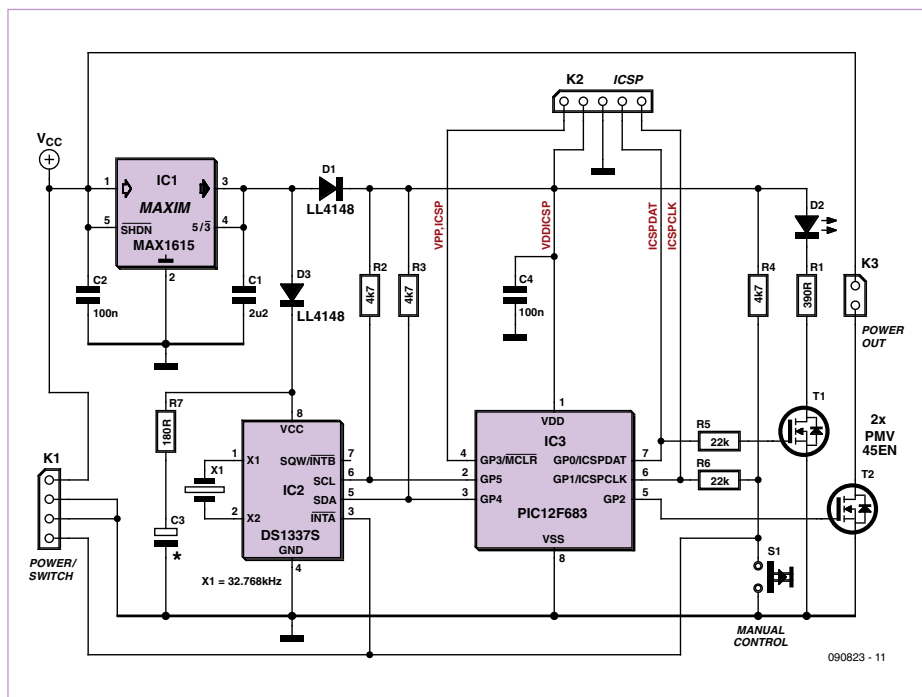


Met een schakelklok kun je aanzienlijke hoeveelheden energie besparen door bepaalde apparaten uit te schakelen op de uren dat het apparaat toch niet wordt gebruikt. Een doorsnee schakelklok uit de bouwmarkt is echter groot en biedt niet veel bedieningscomfort. De hier gepresenteerde schakeling biedt duidelijk meer mogelijkheden en is zeer klein, zodat ze gemakkelijk in een apparaat kan worden ingebouwd.

De hardware zelf (zie **figuur 1**) is zeker minimalistisch te noemen: De hele schakeling bestaat uit 24 componenten, inclusief de gebruikte connectoren en druktoets! Voor het hart van de schakeling is gebruik gemaakt van een compacte I2C real-time clock in een SOIC-8 behuizing, de DS1337 (IC2) van Maxim. Bij dit IC dient een kristal (X1) van 32.768 Hz te worden gebruikt. Er zijn echter twee varianten van dit kristal verkrijgbaar, een versie met 12,5 pF en een versie met 6 pF load-capaciteit. De DS1337 werkt uitsluitend correct met een kristal van

6 pF, anders vertoont de klok grote afwijkingen in de tijd. Voor de microcontroller is gekozen voor de meest krachtige 8-pens microcontroller van Microchip, de PIC12F683 (IC3), eveneens in SOIC-8 behuizing. De backup bij spanningsuitval wordt verzorgd door een GoldCap (C3) van 5,5 V, met een capaciteit naar keuze. Om te voorkomen dat de laadstroom van de aangesloten condensator te hoog wordt, is weerstand R7 toegevoegd. Hierdoor blijft de laadstroom van de condensator onder 30 mA, de maxi-

male stroom die de MAX1615 spanningsregelaar (IC1) kan leveren. Naast deze componenten zijn nog wat SMD-weerstanden en -halfgeleiders nodig om de schakeling compleet te maken. De schakeling maakt gebruik van een extreem minimalistische user-interface in de vorm van één enkele drukknop (S1) en één enkele 3-mm-LED (D2). Toch is de schakelklok relatief gebruiksvriendelijk te noemen: het instellen van de tijd en datum gaat relatief intuïtief en het programmeren van de schakeltijden voor het weekeinde en voor door-de-weekse dagen is al even eenvoudig.



Figuur 1. De hele schakelklok bevat slechts 24 componenten (incl. connectoren en drukknop).

Om in-circuit programmeren van de microcontroller mogelijk te maken zijn wat extra componenten rond de microcontroller aanwezig. Zo zijn R5 en T1 toegevoegd om de LED aan te sturen, waarbij R5 voor voldoende isolatie zorgt als pen 7 bij het in-circuit programmeren de data opgedrukt krijgt. Hetzelfde geldt voor de aanwezigheid van R6, die er bij het in-circuit programmeren voor zorgt dat de klok opgedrukt kan worden op pen 6 van IC3. De programmeerspanning wordt aangeboden via de MCLR-aansluiting (pen 4). Diode D1 dient eveneens om bij in-circuit programmeren de microcontroller te kunnen voeden, zonder dat de rest van de schakeling eveneens wordt gevoed.

Aangezien de schakeling flink wat stroom moet kunnen schakelen (een WiFi-router bijv. trekt al snel 1 A), is voor schakel-FET T2 een PMV45EN in SOT23-behuizing gekozen. Deze MOSFET kan ruimschoots 5 A aan en heeft een lage  $R_{DS(on)}$ . Effectief kan deze MOSFET zo'n 2 A continu schakelen, wat

ruimschoots voldoende is voor de meeste toepassingen.

## Minimalistische software

Laten we eens gaan kijken hoe het schakelklokje werkt.

### Eerste keer opstarten

Als de klok voor de eerste keer wordt aangezet, dan is de tijd natuurlijk niet correct. Dit wordt aangegeven doordat de LED zenuwachtig staat te knipperen. Als de gebruiker binnen 30 s de knop bedient, zal de klok ingesteld kunnen worden. Als men in die tijd niets onderneemt, zal de klok zichzelf na 30 s in de sleep-mode zetten. De enige manier om daar uit te komen, is door de spanning van de schakeling af te halen. De spanning moet wel enige seconden lang afwezig zijn, omdat anders de C's op de print onvoldoende ontladen zijn en de microcontroller dan niet zal resetten!

Het instellen van de klok zelf is relatief simpel, ondanks de eenknopsbediening. Een getal tussen 0 en 9 kan worden ingevoerd door de drukknop een aantal malen kort in te drukken, gevolgd door één keer lang indrukken (d.w.z. totdat de LED aan gaat tijdens het indrukken). Zo kan het getal '4' worden ingevoerd door vier keer kort gevolgd door één keer lang drukken. De klok verwacht nu invoer van 10 getallen: dd-mm-jj-uu-mm (dag-maand-jaar-uren-minuten) Na invoer van een correcte datum en tijd bepaalt de klok zelf welke dag van de week het is. Dit is belangrijk omdat er voor zaterdag en zondag andere schakeltijden kunnen worden ingesteld dan voor maandag t/m vrijdag. De DS1337 heeft weliswaar wel een register om de dag van de week bij te houden, maar kan niet op basis van de datum de dag van de week bepalen, vandaar dat de software dit uitrekent. Deze informatie wordt weggeschreven in de registers van de DS1337.

### Normaal opstarten

Bij normaal opstarten zullen datum en tijd uit de DS1337 worden opgehaald. Op basis van deze gegevens zal de software bepalen of het nu zomertijd of wintertijd is. Op basis van de dag van de week en de huidige tijd (beide afkomstig uit de DS1337) en de schakeltijden voor de huidige dag (afkomstig uit het interne EEPROM van de micro-

## Eigenschappen minimalistische schakelklok

- 'Fit en forget' functionaliteit
  - Automatisch bepalen van de dag van de week
  - Automatische correctie voor zomer- en wintertijd
  - Langdurige backup bij spanningsuitval
- Eenvoudig in het gebruik
  - Handmatige override voor 'altijd aan' of 'altijd uit' (ongeacht schakelmomenten)
  - Volledige bediening via één enkele drukknop (en één enkele LED voor feedback)
  - Verschillende schakeltijden voor ma...vr en za...zo (eventueel zelfs apart voor elke dag van de week)
- Geschikt voor vrijwel alle DC-gevoede toepassingen en batterijgevoede apparaten
  - Ingangsspanningsbereik van 6...28 VDC
  - Zeer laag stroomverbruik, < 10 µA
  - Uiterst compact design
  - Schakelt belastingen tot 24 VDC/2 A

## Backup-tijd

De schakeling is ontworpen voor gebruik met een GoldCap van 1 F/5,5 V. Deze condensator moet de DS1337 van stroom voorzien in het geval van spanningsuitval. Met zo'n supercondensator kan ruim 3 maanden spanningsuitval worden overbrugd. Men kan echter ook andere condensatoren toepassen. Wordt een gewone elco van 470 µF/6,3 V genomen, dan kan nog een spanningsuitval van een uur worden overbrugd.

## Stroomverbruik

De schakelklok gebruikt extreem weinig stroom. De microcontroller zal onder normale omstandigheden continu in sleep-mode staan, waardoor zijn stroomverbruik zakt tot 350 nA. Op dat moment zal het stroomverbruik van de DS1337 groter zijn, namelijk 600 nA. Het stroomverbruik van beide componenten valt echter in het niet bij het stroomverbruik van de spanningsregelaar. Hier is gekozen voor een MAX1615 die een ruststroom heeft van 8 µA maximaal, waardoor het maximale verbruik van de hele schakeling onder 10 µA ligt.

controller) zal de software de uitgang dan in de gewenste stand schakelen. Daarnaast zal de software de volgende schakeltijd in het ALM1-register van de DS1337 zetten. Als dit allemaal is gebeurd, zal de LED een keer kort knipperen ter indicatie dat de klok correct is opgestart en klaar is voor gebruik.

Daarna zal de microcontroller de interrupt-on-change inschakelen op pen 6 (GP1) en overgaan naar de sleep-mode. De microcontroller blijft in deze mode totdat de status van GP1 verandert. Wanneer dat gebeurt, zal hij verder gaan met het uitvoeren van de code. Er is daarom geen interrupt-service-routine nodig, de sleep-mode wordt gebruikt als energiezuinige wachtstand. Via GP1 kan op drie manieren een interrupt ontstaan: door het indrukken van de drukknop, door een interrupt via ALM1 (gebruikt voor de schakeltijden) en door een interrupt via ALM2 (gebruikt voor schakelen van

zomer- naar wintertijd en vice versa). Aangezien al deze interrupts via GP1 binnen komen, moet de software eerst uitzoeken hoe de interrupt is ontstaan. Dit doet ze door de alarmvlaggen van de DS1337 uit te lezen. Als één of beide alarmvlaggen is/zijn gezet, dan is dat de oorzaak van de interrupt. Als geen vlag is gezet, dan is de oorzaak het indrukken van de drukknop. De drukknop heeft ook hier weer meerdere mogelijkheden:

- Bij **kort** bedienen van de knop wordt de override-functie geactiveerd.

- Bij **lang** bedienen van de knop zal de klok overgaan tot het accepteren van schakeltijden. De klok verwacht dan achtereenvolgens:

- uu-mm (inschakelen weekeinde)
- uu-mm (uitschakelen weekeinde)
- uu-mm (inschakelen werkdagen)
- uu-mm (uitschakelen werkdagen)

## Onderdelenlijst

### Weerstanden

(alles SMD):

R1 = 390  $\Omega$   
R2...R4 = 4k7  
R5,R6 = 22 k  
R7 = 180  $\Omega$

### Condensatoren:

C1 = 2 $\mu$ 2, SMD 0805  
C2,C4 = 100 n, SMD 0805  
C3 = 470  $\mu$ F/6,3 V of GoldCap 0,1 of 1 F/5,5 V  
(zie tekst)

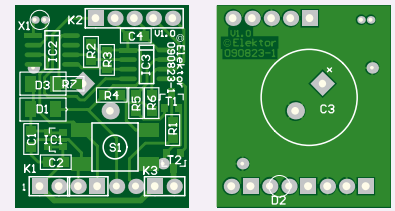
### Halfgeleiders

(alles SMD, behalve D2):  
D1,D3 = LL4148

D2 = LED rood, 3 mm  
T1,T2 = PMV45EN  
IC1 = MAX1615EUK+T  
IC2 = DS1337S+  
IC3 = PIC12F683-I/SN (geprogrammeerd, EPS  
090823-41)

### Diversen:

X1 = kristal 32,768 kHz  
(C = 6 pF, bijv. Farnell nr. 1216227)  
S1 = druktoets SPNO, 6 mm (MCDTS6-5N)  
K1 = 4-polige SIL-header  
K2 = 5-polige SIL-socket  
K3 = 2-polige SIL-header  
Print 090823-1 en software 090823-11  
(source- en hex-code) leverbaar via  
[www.elektor.nl](http://www.elektor.nl)



Figuur 2. Het bijbehorende printje is ook minimaal van afmetingen. Het grootste onderdeel is de GoldCap aan de onderzijde.

De schakeltijden worden opgeslagen in het EEPROM van de microcontroller. Voor elke dag van de week zijn de schakeltijden apart opgeslagen voor achtereenvolgens zaterdag tot en met vrijdag. Met een programmer kunnen dus, indien gewenst, de schakeltijden per dag anders worden ingesteld. Er is voor gekozen om dit niet via handmatige invoer te doen, omdat het instellen dan een stuk ingewikkelder zou worden en omdat er simpelweg geen geheugen meer voor beschikbaar is

### Override-functie

Met deze functie kan men het schakelproces handmatig 'omzeilen'. Dat gaat als volgt:

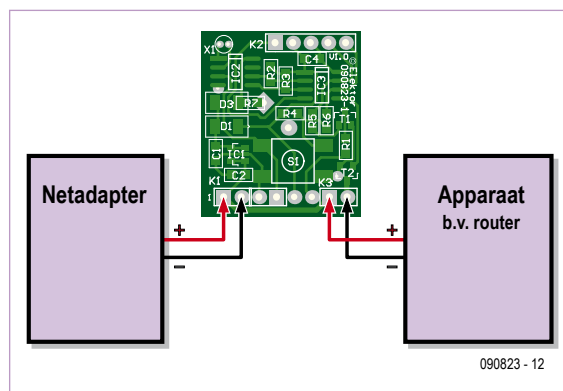
- De eerste keer drukken op de knop zal de uitgang permanent **aan** zetten;
- Bij de tweede keer indrukken zal de uitgang permanent **uit** worden gezet;
- Na de derde keer indrukken volgt de uitgang weer de ingestelde schakelmomenten.

De status van de override-functie wordt ook opgeslagen in het EEPROM van de microcontroller, zodat de klok na een spanningsuitval op dezelfde manier zal terugkomen als voorheen.

### Mini-print

In **figuur 2** is de print voor de minimalistische schakelklok afgebeeld. Om het geheel zo klein mogelijk te houden, zijn bijna overal SMD's toegepast. Het merendeel van de componenten komt aan de koperzijde van

de print, aan de andere kant worden alleen backup-elco C3 en LED D2 gemonteerd. Twee headers (K1 en K3) dienen als in- en uitgang van de schakelklok, K2 is de programmeerconnector. Let er bij de montage op dat u het juiste type kristal gebruikt (met 6 pF capaciteit), anders werkt het klok-IC niet goed. Voor degenen die de PIC niet zelf willen programmeren, is bij Elektor een voorgeprogrammeerd exemplaar verkrijgbaar (EPS 090823-41). De source- en hex-code zijn beschikbaar op de Elektor-website.



Figuur 3. Voor de duidelijkheid is hier aangegeven hoe de schakelklok moet worden aangesloten.

### Aansluiten

De print is voorzien van twee pinheaders voor het aansluiten van netadapter en apparaat. Connector K1 bevat naast de voedingsaansluitingen twee extra pennen waarop eventueel een extra drukknop kan worden aangesloten. Deze kan dan worden gemon-

teerd op een beter bereikbare plaats in de gekozen behuizing. Op connector K3 wordt het te schakelen apparaat aangesloten (zie aansluitschema in **figuur 3**). De andere connector op de print, K2, is bedoeld voor in-circuit programmeren van de microcontroller. Deze connector is bedoeld voor gebruik met een Velleman K8048 PIC-programmer (let wel op dat de nieuwste software voor deze programmer wordt gebruikt; oudere ondersteunt de PIC12F683 nog niet).

De code is geschreven in Pascal, op basis van Mikropascal 8.0.0.1 van Mikroelektronika. Deze compiler is ideaal voor deze toepassing, aangezien met de gratis versie code tot 2 k kan worden gegenereerd (precies de hoeveelheid geheugen die de PIC12F683 aan boord heeft).

### Andere toepassingen

Het in- en uitschakelen van een WiFi-router is natuurlijk slechts één mogelijkheid. Door het extreem compacte formaat van de schakelklok zijn de toepassingen onbeperkt. Enkele ideeën zijn het gebruik als schakelklok voor kamperen, maar ook een schakelklok voor toevoegen aan een goedkoop digitaal fotolijstje dat zelf niet is voorzien van een klokfunctie. Door de keuze van de spanningsregelaar moet de voedingspanning van het aan te sluiten apparaat wel liggen tussen 6 en 28 V<sub>DC</sub>. De keuze van de MOSFET beperkt de maximale stroom die kan worden geschakeld tot 5,4 A piek en 2 A continu. Dit is voldoende voor vrijwel alle apparaten die worden gevoed uit een netadapter.

(090823)