

CAN Bus + Arduino

houden zonnepanelen in de gaten

lokaliseer panelen in grote arrays die onderhoud nodig hebben

Afbeelding: Shutterstock

Somnath Bera (India)

Waarom zouden we die fantastische CAN-bus alleen in auto's gebruiken? Dat is precies wat de auteur dacht toen klanten, installateurs en overheden klaagden over tegenvallende opbrengsten van een commercieel 25-kW zonnepaneel-array. In deze bijdrage bespreken we een elektronisch systeem om de stroomopbrengst van elk PV-paneel afzonderlijk te meten, samen met het nummer ervan, zodat de onderhoudsploeg gericht slecht presterende panelen kan schoonmaken.

De situatie: een op het dak gemonteerde PV-installatie met 55 panelen, die elk 24 V en maximaal 25 kW in totaal leveren aan een grote enkelfase 220V-uit-omvormer die een groot (maar uit het zicht opgesteld) accusysteem laadt. De gebruiker: een groep winkels die elektriciteit nodig hebben voor avondverkoop en andere activiteiten. De winkels moesten zes uur (van 17.30 tot 23.30 uur) licht hebben. De opstelling werd feestelijk in bedrijf genomen, in aanwezigheid van een topman van het hoofdkwartier.

Wassen en poetsen

De zonnepanelen, de omvormer en het accusysteem werkten enige tijd prima, maar heel geleidelijk, in de loop van een paar maanden, gingen de prestaties zo achteruit dat zelfs met oplaadperiodes van 10...12 uur er 's avonds slechts 3...4 uur voldoende vermogen was. Dus moest er een zondebok worden gevonden... Het plaatselijke stadsbestuur (*Township Administration Department*, TAD) gaf meteen installateurs de schuld: slechte installatie, goedkope PV-producten enzovoort. Maar een snelle visuele inspectie van de op het dak gemonteerde PV-panelen bood meteen de oplossing van het mysterie. De 55 panelen van 500 W elk staan verdeeld over drie daken, en direct daarboven vlogen enorme aantallen duiven en kraaien. De meeste van de PV-panelen waren vies en bedekt met de nodige vogelpoep.

Het winkelcentrum ligt naast de plaatselijke markt waar zich kraaien en duiven en andere vogels plegen op te houden. En die produceren zoveel uitwerpselen dat bijna alle PV-panelen in ongeveer twee weken tijd hun deel krijgen.

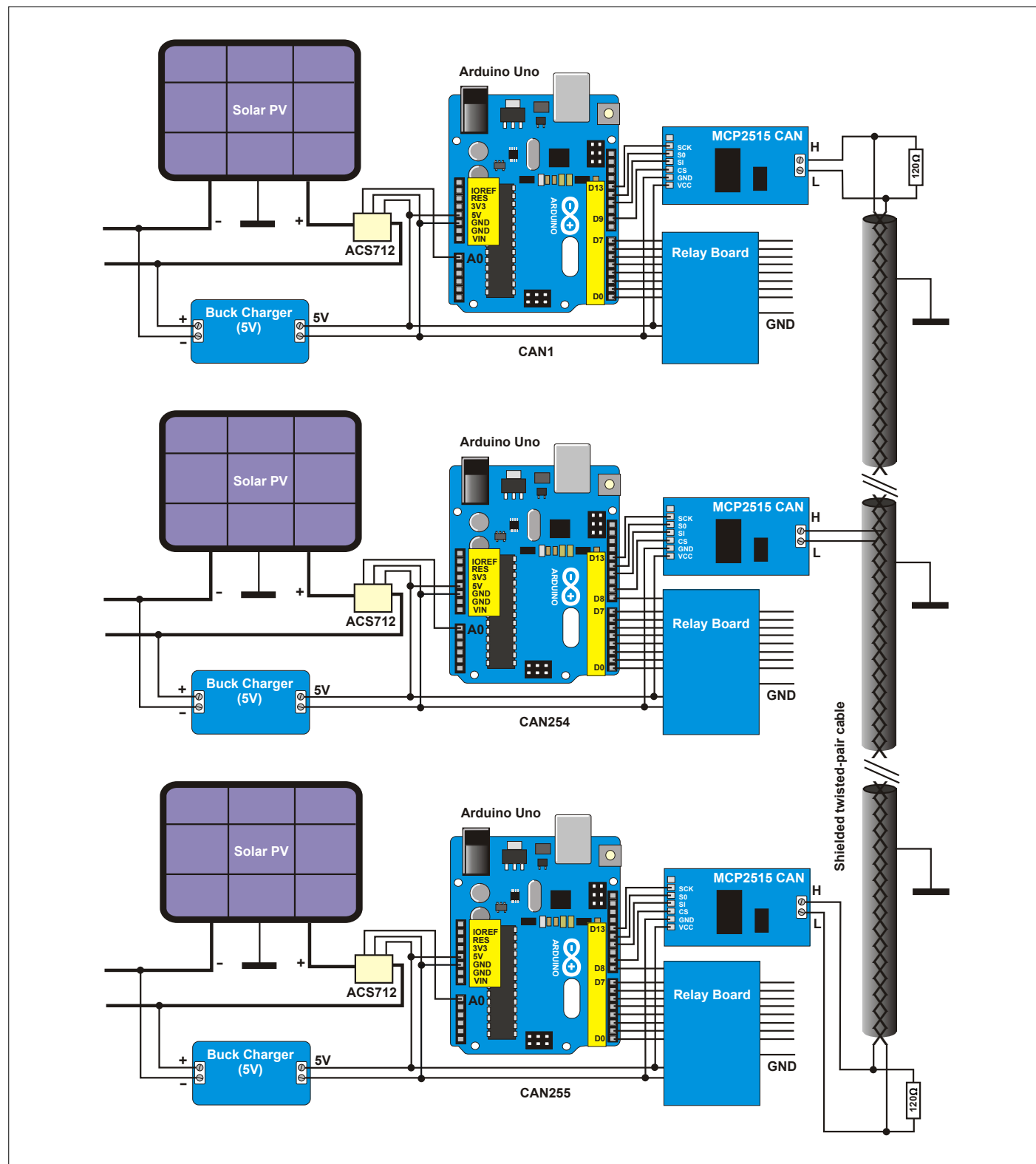
De remedie die ik voorstelde was om elk paneel om de dag met water af te spoelen; op langere termijn zouden de panelen moeten worden verplaatst naar een plek met minder 'vlieg-verkeer'. Door de regelmatige reiniging kwamen de prestaties weer op het oorspronkelijke niveau, en na een tijdje bleek dat selectieve reiniging voldoende was om de opbrengst op peil te houden – om de dag reinigen was niet nodig. Niettemin moest de poetspersoon eerst alle panelen visueel controleren en vervolgens de vervuilde panelen schoonmaken. Die controle neemt veel tijd in beslag omdat de medewerker alle panelen moet bekijken om te zien welke er gereinigd moeten worden. Bij een aantal van 55 panelen is dat nog wel te doen, maar voor het volgende TAD-project, een PV-installatie van 100 kW, dreigde dat scenario voor de poetsploeg en ware nachtmerrie te worden. Kortom, TAD wilde direct weten welk paneel van het array gereinigd moet worden zodat de schoonmaker m/v meteen naar dat paneel kon gaan en de reiniging snel en efficiënt kon plaatsvinden.

De CAN-bus ten tonele

Control Area Network (CAN) met behulp van de goedkope Arduino is een prima oplossing voor het meten van de prestaties van de afzonderlijke PV-panelen. De CAN-bus is door Bosch voor de automotive industrie ontwikkeld en maakt het mogelijk om signalen van honderden sensoren in een voertuig te verzamelen. In een moderne auto gaat het daarbij onder andere om omgevings-temperatuur, bandenspanning, remvloeistofpeil, motortemperatuur, snelheid, airconditioning en nog veel meer. Alle sensoren

zijn op een tweedraads bus aangesloten en zo verbonden met de centrale computer die de signalen van de sensoren bewaakt en indien nodig reageert met stuurcommando's aan relevante sensoren/actuatoren – weer via die tweedraadsbus. De CAN-bus loopt van knooppunt naar knooppunt met behulp van een afgeschermd twisted-pair-kabel met een impedantie

van 120 Ω . Voor een correcte aanpassing en om signaalreflecties te verminderen, moeten de beide eindknooppunten van de CAN-bus met een weerstand van 120 Ω worden afgesloten. Als goedkope CAN-bus transceiver gebruiken we een module van Chinese makelij met de MCP2515, die normaliter minder dan \$1,50 kost. Aan de kant van de microcontroller is hij



Figuur 1. Blokschema met de modules, apparaten en kabels die betrokken zijn bij het maken van een CAN-bus-gebaseerd monitoringsysteem voor een zonnepaneelarray met maximaal 120 (!) panelen (slechts 3 getekend). Elk paneel wordt individueel bewaakt op te geringe uitgangsstroom door welke oorzaak dan ook. Eén Arduino UNO wordt tot CAN-bus master gepromoveerd, de andere zijn slaves.

SPI-voorbereid en aan de kant van de CAN-bus heeft hij een printkroonsteen voor het aansluiten van CAN H (hoog) en CAN L (laag). De bus zelf is uitgevoerd met een afgeschermd twisted-pair kabel van goede kwaliteit. Als de microprocessor gebruiken we de ATMEGA328 op een Arduino UNO, die de sensor-signalen op zijn digitale en analoge I/O-pennen in ontvangst neemt. Voor de aansturing van actuatoren kunnen relais, servo's en andere componenten op de overige I/O-pennen worden aangesloten.

Voor de eenvoud gebruiken we alleen CAN 2.0 die 0...8 bytes data per keer van de ene naar de andere node kan overdragen. Alle nodes, inclusief de master, krijgen een identifier (0...255) met behulp waarvan zenden en ontvangen in goede banen wordt geleid. Hoe lager de identifier, des te hoger in de hiërarchie van de zendende en ontvangende apparaten. Meestal krijgt de busmaster de laagste identifier. Het CAN-bus protocol biedt uitstekende mogelijkheden om op fouten te controleren.

Het aantal knooppunten kan variëren van 0 tot 130 op een enkele CAN-bus; de lengte kan variëren van enkele meters tot enkele kilometers. Een geringere datasnelheid betekent een grotere afstand tussen de eindknooppunten. Zodra de lengte boven een paar honderd meter komt, moet een CAN-bus-repeater worden gebruikt om de ruisbestendigheid en signaalintegriteit te garanderen. Het maximale aantal toegestane knooppunten op een typische CAN 2.0-bus bedraagt zo'n 120, wat nog steeds veel meer is dan de 32 die bijvoorbeeld de RS485 MODBUS biedt.

Bussnelheid	Buslengte	Lengte aftakking
1000 kbit/sec	40 m	0,3 m
500 kbit/sec	110 m	0,3 m
250 Kbit/sec	240 m	0,3 m
125 Kbit/sec	500 m	0,3 m
100 Kbit/sec	500 m	0,3 m
50 Kbit/sec	1300 m	0,3 m
20 Kbit/sec	3300 m	0,3 m
10 Kbit/sec	6600 m	0,3 m
5 Kbit/sec	13 km	0,3 m

Gezondheidsmonitor voor zonnepanelen

Met behulp van de CAN-bus kunnen we van maximaal 120 zonnepanelen de individuele prestaties uitlezen, dat wil zeggen de spanning en de stroom die elk paneel bijdraagt aan de DC-voeding van de omvormer. **Figuur 1** toont een mogelijk blokschema van een systeem om de prestaties van zonnepanelen te bewaken.

Omdat ze parallel zijn aangesloten, produceren alle PV-cellen in het array dezelfde spanning maar verschillende uitgangsströmen. Daarom wordt een eenvoudige stroomsensor aangesloten op de aansluitklem van elk PV-paneel. De ACS712 is een Hall-effect 'probe' voor het meten van de stroom. De versie '-30' kan stromen tot 30 A meten. Met de printkroonsteen op de module kan de module in serie met de PV-stroomkring worden aangesloten. Geleverd uit China kost de ACS712-30 ongeveer \$2,00 per stuk. Om met een ACS712-30 stroomsensor, waarvan de uitgang verbonden is met pen A0 van de Arduino UNO, volstaat deze code:

```
load_current = 0.075714*(analogRead(A0) - 512)
```

De 5V-voeding van de UNO wordt geleverd door een kleine buck-lader die is aangesloten op de 24V-bus van het zonnepaneel. Deze lader kost wellicht \$2,00 per stuk. Het belangrijkste voordeel ervan is dat er in het monitoringsysteem zo weinig mogelijk vermogen wordt gedissipeerd.

Niet alleen vuil (in welke vorm dan ook) maar ook andere factoren beïnvloeden de prestaties van zonnecellen, zoals slechte vochtbestendigheid (veroorzaakt kleine luchtbellen aan het oppervlak), zogenaamde 'snail trails' (verkleuring van het oppervlak), microscheurtjes en hotspots. Al deze factoren kunnen ertoe leiden dat de output van een zonnecel met maar liefst 35% kan afnemen, en dat is meetbaar in de uitgangsstroom. Aangezien we niet bijzonder geïnteresseerd zijn in de absolute stroombijdrage van het paneel, volstaan we met de waarde die wordt geretourneerd door

```
load_current = analogRead (A0) - 512
```

Deze 'waarde' wordt vergeleken met een ingestelde referentie en met waarden van andere panelen, om te zien of er al dan niet alarm moet worden geslagen. Na het alarm en de locatie (nummer van het paneel) te hebben gezien, kan de schoonmaker m/v naar het paneel in kwestie gaan en dit op vervuiling controleren en zo nodig schoon te maken. Als dat het probleem niet oplost, is het volgende niveau een controle op hotspots, slechte vochtbestendigheid enzovoort. In het ergste geval moet het paneel worden vervangen.

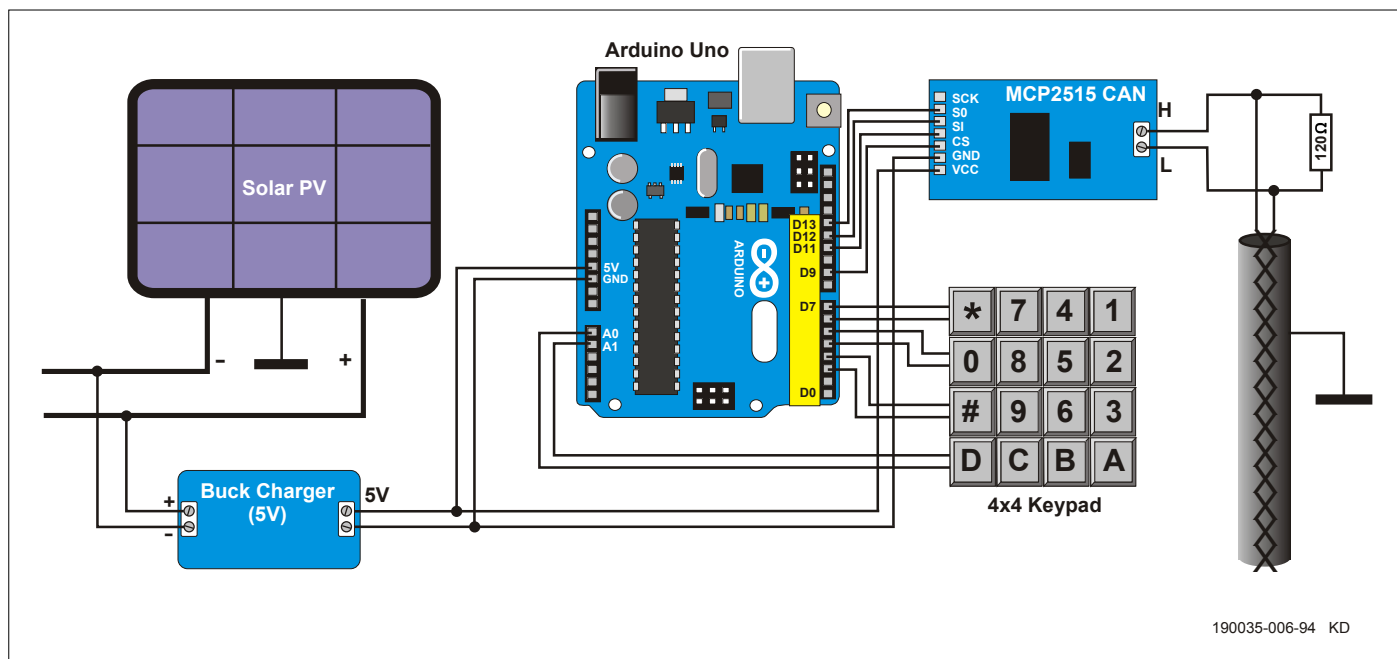
CAN-bus 4*4

Het project voorziet in de aansluiting van een 4*4-toetsenbord op de CAN-bus, voor controledoeleinden en de lokale invoer van nummers. **Figuur 2** toont het schema en **figuur 3** de experimentele opstelling op de werkbank van de auteur. U zult zien dat het toetsenbord als optie wordt gebruikt in de projectsoftware.

De projectsoftware

De software die voor het project is ontwikkeld, heeft de vorm van een aantal Arduino-sketches en wordt gehost op de website van Elektor Labs [1], samen met enkele updates en aantekeningen van de auteur. De software moet als uitgangspunt worden genomen, niet als een afgeronde en gebruiksklare toepassing, en is vooral bedoeld om uw vindingrijkheid en creativiteit te stimuleren. De software bestaat grofweg uit twee gedeelten: master en slave. Een slave leest de DC-waarde van de A0-poort in en geeft deze door aan de master. De master kan in twee modi werken: master in de weergavemodus of master in de besturingsmodus. De CAN-master krijgt de ID '1' terwijl de andere apparaten een '254' en '255' krijgen zoals in figuur 1, of een ander nummer tussen 2 en 253. Het maximum aantal knooppunten is 120.

Master in weergavemodus: deze modus wordt bereikt via digitale I/O-pen D10. Als D10 hoog is, gaat de master in de weergavemodus, waarbij gegevens van alle slaves worden verzameld en in een rasterstructuur worden weergegeven. De master zoekt dan uit of een signaal (lees: het gemeten vermogen van een paneel) onder de gewenste waarde ligt en geeft vervolgens via een alarm aan dat het betreffende paneel gereinigd moet worden. Deze modus is optimaal voor de bewaking van PV-arrays.



Figuur 2. Blokschema van de CAN-Bus-master met een 4x4-toetsenbord voor gebruik in de besturingsmodus.

Master in besturingsmodus: wanneer D10 open of laag is, gaat de master in de controlemodus. In dat geval worden de nodes aangesloten op relais die via de digitale pinnen D0 tot 8 worden aangestuurd. Op het master CAN-apparaat is een 4*4 CAN-toetsenbord aangesloten (ID = 1). De master geeft een commando-string uit zoals

25581#,25580#,13011#

enz. en de respectievelijke knooppuntrelais worden in- of uitgeschakeld om bijvoorbeeld een sproeier en/of wisser aan te sturen die bij de PV-cellen is gemonteerd. Voorbeelden:

25580# : 255 is het knooppuntnummer; 8 is de digitale pin; 0 is uit; 1 is aan.

25471# : 254ste knooppunt, relais aangesloten op digitale pin 7 en een 1 om deze te activeren.

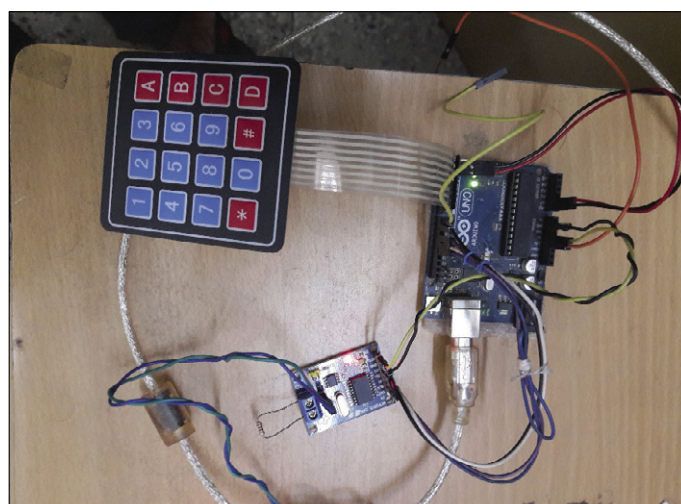
25130# : 251ste knooppunt, digitaal-3 relais, uit.

Het hash-karakter (#) wordt gebruikt om het commando te beëindigen.

De CAN-bus-master kan zijn eigen PV-stroomsensor hebben (aangesloten op A0) of niet.

Uw toepassing?

Een alternatief gebruik van dit type configuratie is om in een kleine stad of in een park uit te zoeken hoeveel lantaarns in- of uitgeschakeld zijn. Met een systeem zoals hier beschreven kunnen ook veel kleine apparaten die op de CAN-bus zijn



Figuur 3. Experimentele versie van de CAN-bus master-controller uitgebreid met een 4x4-toetsenbord.

aangesloten vanaf een centraal punt worden aangestuurd. Andere toepassingen zijn alarmknoppen in hotelkamers en de verlichting van het hotel. In plaats van een heleboel bedrading in het gebouw aan te leggen, kan een enkele twisted-pair CAN-bus volstaan voor een uitgebreide, betrouwbare besturing en meting. ◀

190035-04

Web Link

[1] Projectpagina op Elektor Labs: www.elektormagazine.com/labs/can-bus-for-solar-pv-cell-monitoring