



Dashboard voor dynamische tarieven

SLIM BESPAREN DANKZIJ HANDIGE GRAFIEK!

Sinds de energiecrisis hebben veel consumenten behoefte aan de zekerheid van een vast energiecontract. Sinds kort kun je die weer mondjesmaat afsluiten, maar daarvoor betaal je wel de hoofdprijs. Een relatief nieuw fenomeen is de dynamische beprijzing, waarbij de uurtarieven een dag van tevoren worden vastgesteld. Je mist de zekerheid, maar je kunt flink besparen door je verbruik slim te timen. Daarvoor is actuele prijsinformatie cruciaal. Een ESP32-microcontroller toont op een compact lcd-schermje de prijzen per uur voor de gehele dag, welke aanbieder je ook hebt.

■ Martijn Overman

Als je bij dagelijkse routines zoals het aanzetten van de vaatwasser, de wasmachine of de droger al op de klok kijkt, doe je dat waarschijnlijk alleen om te weten hoe laat de klus geklaard is. Maar met een dynamisch energiecontract bepaalt het uur ook de prijs ervan. Afhankelijk van het moment waarop je een apparaat aanzet, kost het je dus meer of minder. Ook voor bezitters van een elektrische auto kan het kiezen van het juiste moment van opladen aanzienlijk schelen in de kosten.

In deze masterclass maken we een mini-dashboard met een lcd-schermje van 1,8 inch dat de uurtarieven van het huidige en het volgende etmaal laat zien in een heldere grafiek. Zo'n compact schermje helpt om het project zelf energiezuinig te houden, net als de ESP32-microcontroller. Die module werkt zonder besturingssysteem en voert alleen vooraf gedefinieerde instructies uit, die zijn vastgelegd in een programma. Dat is geschreven in de taal C++ en is behoorlijk uitgebreid. Het goede nieuws is dat je alleen de naam en het wachtwoord van je draadloze netwerk hoeft in te vullen en een API-sleutel, waarover verderop meer.

We bespreken eerst de software en dan het bouwproces. Als laatste komt de werking van het programma aan bod, voor wie dat interessant vindt. Er is zowel een versie voor het tonen van de stroomprijs én de actuele gasprijs, als een versie die alleen de stroomprijs laat zien. Aangezien de meeste mensen dezelfde aanbieder hebben voor stroom en gas, gaan we in de verdere omschrijving uit van de versie met gasprijs. Voor de uitvoering en werking maakt dat verder geen verschil.

Software

01 Voorbereiding Zoals gezegd hoeft je niet zelf te programmeren; dat werk hebben we al voor je gedaan. Via www.kwikk.nl/energetarieven kun je een zip-bestand downloaden met daarin het programma en een aangepast bestand voor de juiste aansturing van het beeldscherm. Pak het zip-bestand alvast uit, de bestanden heb je straks nodig.

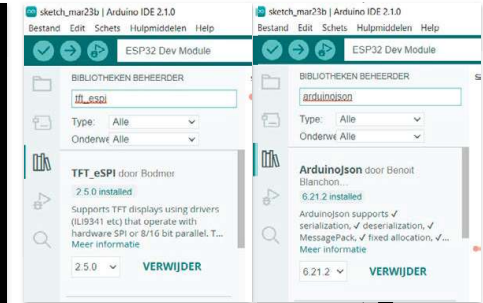
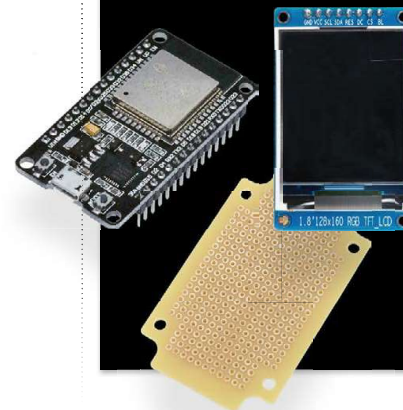
We gaan ervan uit dat je Arduino IDE hebt geïnstalleerd en dat de module wordt herkend. Doorloop

DIT HEB JE NODIG

- 1,8 inch tft-scherm (128 × 160 pixels) met ST7735-driver (ca. € 4,40) www.ebay.nl/itm/295222410682
- ESP32-module (ca. € 4,85) www.ebay.nl/itm/374850103602
- Printplaatje 76,5 × 46,5 mm (€ 2,-) www.kwikk.nl/printplaatje
- Schakelaar (€ 4,79) www.kwikk.nl/druknop
- Rode led (€ 0,14) www.kwikk.nl/rodeled
- Groene led (€ 0,08) www.kwikk.nl/groeneled
- Weerstand 100 ohm (€ 0,05) www.kwikk.nl/weerstandje
- Soepel montage draad 0,14 mm² (€ 2,19) www.kwikk.nl/montagedraad
- Usb-kabel usb-a naar micro-usb (€ 1,99) www.kwikk.nl/usbmicro
- Usb-lader (€ 7,39) www.kwikk.nl/oplader
- Optioneel: header female, 1 rij, 8 polen (€ 0,17) www.kwikk.nl/header
- Optioneel: klenschroefblok 4 polen (€ 0,38) www.kwikk.nl/klenschroefblok

Totaal ca. € 28,- (plus kosten voor de behuizing en verzendkosten)

- Gereedschap: soldeerbout, soldeertin, kleine zijkniptang, micro-usb-kabel



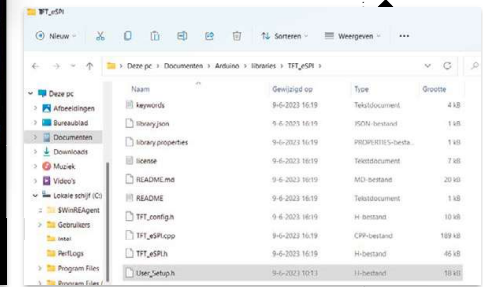
andere eerst de stappen uit het kader 'Arduino IDE installeren'.

Ter voorbereiding op het uploaden van de software zijn er nog twee zogenoemde bibliotheken nodig voor de IDE. Deze uitbreidingen nemen je een hoop werk uit handen bij in dit geval de aansturing van het beeldscherm en het verwerken van de data.

Start Arduino IDE en klik op Hulpmiddelen / Bibliotheken beheren en zoek naar **tft_espi**. Selecteer **TFT_eSPI door Bodmer** en kies **Installeren**. Herhaal deze stappen, maar zoek nu naar **arduinojson** en installeer **ArduinoJson door Benoit Blanchon**. Sluit Arduino IDE af.

02 Enkele aanpassingen

Ga naar het eerder uitpakte zip-bestand en kopieer het bestand **User_Setup.h** naar de map **Documenten\Arduino\libraries\TFT_eSPI**, waarbij je het gelijknamige bestand overschrijft. Ga weer naar het uitpakte zip-bestand en dubbelklik op **Enever_grafisch.gazino** (dat staat in een submap met dezelfde naam).



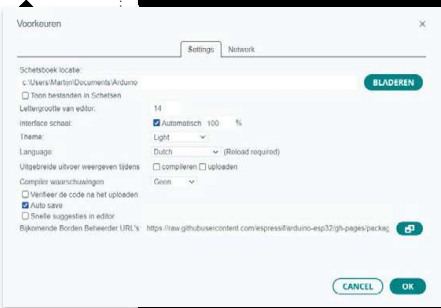
01 Deze bibliotheken maken het aansturen van het beeldscherm en het verwerken van de data een stuk eenvoudiger.

02 Voor de juiste aansturing van het beeldscherm is een kleine aanpassing nodig, die al is doorgevoerd in ons meegeleverde bestand.

ARDUINO IDE INSTALLEREN

Voor Windows en macOS zijn stuurprogramma's nodig voor de communicatie met de module via usb. Die vind je via www.kwikr.nl/cp210driv, en zul je eerst moeten downloaden en installeren. Het uploaden van je code naar de module gebeurt met Arduino IDE. Download en installeer deze via www.arduino.cc/en/software. Op dit moment is 2.1.0 de nieuwste versie, maar ook op versie 1.8 werkt het. Geef de Windows-firewall desgevraagd toestemming. Als de installatie is voltooid, start je het programma en via File / Preferences kun je achter Language de taal op Dutch (Nederlands) Instellen. Dat is optioneel, maar in de volgende stappen gaan we uit van de Nederlandse benamingen. Open Bestand / Voorkeuren en in het veld Bijkomende Borden Beheerder URL's zet je de volgende url: https://raw.githubusercontent.com/espressif/arduino-esp32/gh-pages/package_esp32_index.json Klik op OK ter bevestiging. Ga naar Hulpmiddelen / Bord / Borden Beheerder en zoek naar esp32. Klik op de knop ESP32 door Espressif Systems en de driver voor de module wordt geïnstalleerd. Open Hulpmiddelen / Bord / esp32 / ESP32 Dev Module om de module te selecteren. Sluit de module aan via de micro-usb-kabel en selecteer bij Hulpmiddelen / Poort de beschikbare com-poort. Trek ten slotte de usb-kabel uit de pc.

De informatie voor de module staat in een JSON-bestand, waarvan je hier de url invult.

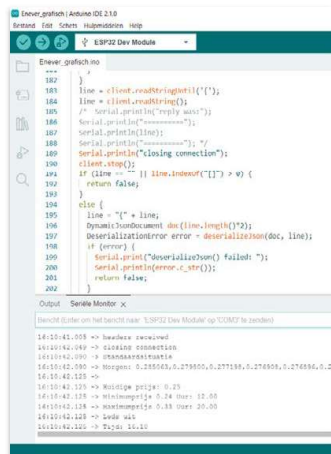


Heb je geen aardgas of neem je dat niet af van jouw stroomaanbieder, gebruik dan in plaats daarvan het bestand `Enever_grafischino`.

Arduino IDE start nu met het programma, waarbinnen je nog maar enkele instellingen hoeft aan te passen om het te laten werken. De eerste twee noodzakelijke aanpassingen zijn zoals gezegd de naam en het wachtwoord van je wif-netwerk, en de derde is de API-sleutel van de informatiebron Enever (zie volgende paragraaf).

03 Gratis API-sleutel
Ga naar www.enever.nl/prijzenfeeds en voer bij Token aanmaken je e-mailadres in. Je ontvangt een mailtje met daarin de tekenreeks die je in de code invoert op de plek waar API-SLEUTEL staat. Nu staat alles klaar en is het tijd om te controleren of alles tot nu toe is gelukt. Klik daarvoor op de ronde knop met het vinkje links bovenaan in Arduino IDE.

Vindt het programma geen fouten, dan kun je de usb-kabel met de module op de pc aansluiten. Check nog even in Hulpmiddelen / Poort of de module daadwerkelijk is verbonden en open met **Ctrl+Shift+M** de seriële monitor. Klik links bovenaan op de ronde knop met het pijltje naar rechts om de software te uploaden. Aan het einde van de procedure wordt de module gereset en start de seriële monitor.

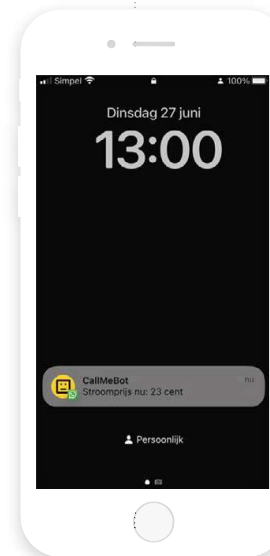


03 Als je dit in de seriële monitor te zien krijgt, is het programmeren geslaagd.

WAT IS EEN DYNAMISCH ENERGIECONTRACT?

Bij het afsluiten van een vast of variabel energiecontract geldt doorgaans een vaste prijs per kilowattuur (kWh). Gedurende de contractperiode betaal je dit bedrag voor elke verbruikte kWh. Het lijkt een veilige keuze omdat er geen onverwachte prijswijzigingen plaatsvinden, maar dit betekent ook dat je mogelijk meer betaalt dan noodzakelijk. Energiemaatschappijen zijn vaak tussenpersonen: zij kopen elektriciteit in bij diverse producenten, variërend van kolencentrales tot windmolenparken, en leveren deze elektriciteit vervolgens aan jou. Hoewel je een vaste prijs per kWh betaalt, koopt de energieleverancier deze stroom tegen wisselende prijzen in op een Europese beurs. Deze inkoopprijs is afhankelijk van vraag en aanbod. Midden op de dag en 's nachts is de inkoopprijs meestal laag. Op piekmomenten, bijvoorbeeld aan het begin van de avond, is de inkoopprijs van stroom aanzienlijk hoger. Er zijn momenten waarop de inkoopprijs hoger is dan de prijs die je als consument betaalt, maar overwegend is de prijs lager. Aanbieders hanteren een veiligheidsmarge om winst te garanderen, zelfs wanneer de elektriciteitsprijs stijgt. Tegelijkertijd wordt hun marge groter als de inkoopprijs daalt. Vanwege die marge zul je over het algemeen meer betalen voor elektriciteit dan nodig zou zijn, al zijn hiervoor geen garanties te geven! Bij dynamische energiecontracten wordt het tarief bepaald op de zogenoemde spotmarkt, waar de prijzen dagelijks fluctueren. Aan energieleveranciers van dynamische energietarieven betaal je de prijs die is gebaseerd op wat zij zelf ook op de markt betalen.

05 Assembleren
Ondanks het geringe aantal componenten, kan de assemblage best een uitdaging zijn. In dit voorbeeld gebruiken we namelijk beide kanten van de printplaat, zodat de uiteindelijke schakeling zo compact mogelijk blijft. Houd je het liever iets eenvoudiger en is wat meer volume geen probleem, dan kun je ook kiezen voor een **3D**



04 Ontvang automatisch een appje als de prijs het laagst is.

Als alles goed is gegaan, zie je hoe de module eerst verbinding maakt met het draadloze netwerk en daarna met de website van Enever. Tot slot komt prijsinformatie en de huidige tijd voorbij. Als dat zo is, is het uploaden geslaagd!

04 Krijg een appje bij de laagste prijs
Eventueel kun je ervoor kiezen om een appje te ontvangen wanneer de stroomtarieven het laagste punt van de dag bereiken. WhatsApp zelf heeft daarvoor helaas geen API, maar de dienst CallMeBot (www.callmebot.com) biedt daarvoor een eenvoudige, gratis oplossing. Voeg allereerst het telefoonnummer **+34644418720** toe aan je contactpersonen

en geef het een naam naar keuze. Stuur een appje met de letterlijke tekst `I allow callmebot to send me messages` naar de juist aangemaakte contactpersoon en wacht totdat je een bericht terug krijgt. In dat bericht staat de API-sleutel, die je samen met je telefoonnummer invult in de Arduino-IDE. Verander tot slot achter `bool WhatsApp` de waarde `false` in `true` en klik weer links bovenaan op de ronde knop met het pijltje naar rechts om de software te uploaden. Daarmee zit het softwaregedeelte erop! Koppel de usb-kabel los van de pc en de module, en sluit Arduino IDE.

Uiteraard kun je de code aanpassen als je bijvoorbeeld 's nachts geen berichten wilt ontvangen. Misschien wil je zelfs een koppeling maken met slimme apparaten die je automatisch in- of uitschakelt. De mogelijkheden zijn vrijwel onbegrensd!

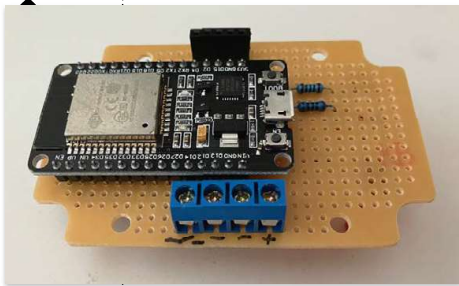
Hardware

Heb je een 3D-printer? Lees dan eerst de paragraaf 'Inbouwen' voor je verdergaat!

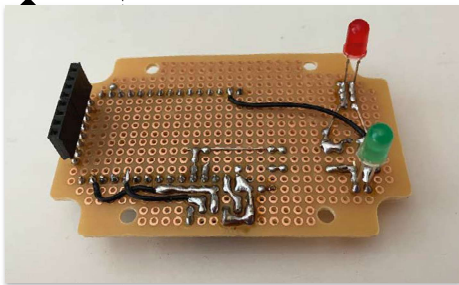
grotere printplaat waarop alles naast elkaar komt te staan. Het printplaatje in dit voorbeeld heeft uitsluitend losse eilandjes, zodat alle componenten willekeurig zijn te plaatsen.

Begin met de ESP32-module, die je niet strak tegen de printplaat monteert waardoor je de pinnen niet op maat hoeft af te knippen. Bijkomend voordeel van het 'hoog op z'n poten' zetten, is een betere warmteafvoer. De module zit aan de kant zonder koperen eilandjes, wat straks de onderkant van de schakeling zal worden. Ook het (optionele) klemmschroefblok komt aan deze kant, naast de module. Negeer de zwarte header op de foto, die diende slechts voor testdoeleinden.

05 De onderkant van de printplaat, met alleen de ESP32-module en het klemmschroefblok.



06 Duw de pootjes van de module niet helemaal door de printplaat heen, zodat je kunt solderen zonder ze af te knippen.



06

Solderen

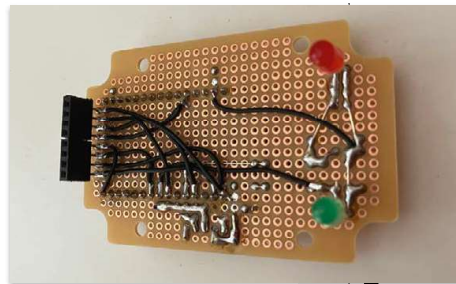
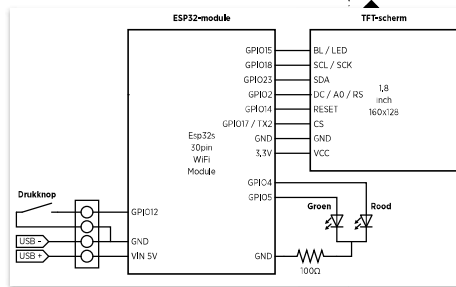
We beginnen met het solderen (in ons artikel dat je leest via www.kwikr.nl/soldeer vind je hiervoor een opriscurus).

Plaats op de andere kant van de printplaat de header, beide leds en de weerstand. Op de afbeelding zijn nog twee weerstanden te zien, maar een van de

twee is tijdens het maakproces overbodig geworden. Nu kun je beginnen met solderen, waarbij je ook hier de pootjes van de componenten zo min mogelijk laat uitsteken aan de andere kant van de printplaat.

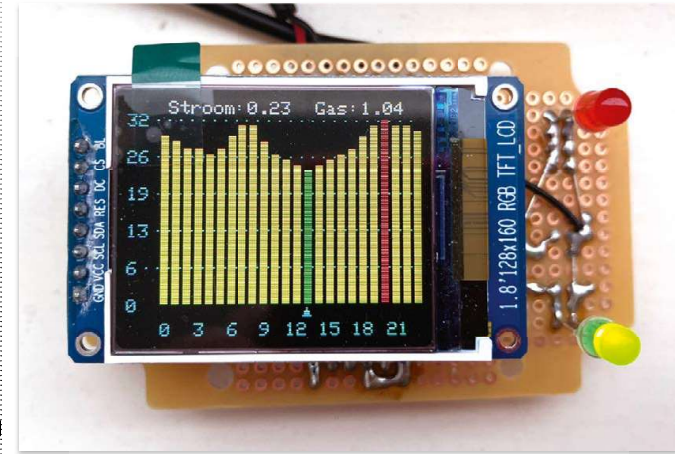
Verbind tot slot de componenten met soepel montage draad met elkaar, zoals aangegeven in onderstaand schema. In het schema staan soms meerdere namen voor een en dezelfde aansluiting, omdat niet elke fabrikant dezelfde termen hanteert.

06 Hier het aansluitschema, waarbij de opgedrukte pinnummers is aangehouden.



06 Het met draad verbinden van de aansluitingen vergt nauwkeurigheid.

Strip met een kleine zijknijptang enkele millimeters van de draad en vertin het blanke uiteinde voordat je de pinnen van de componenten ermee met elkaar verbindt. Omdat niet elke module dezelfde lay-out heeft en de pinnummers bij verschillende fabrikanten kunnen afwijken, is het handiger om te werken met de witte opdruk aan de bovenkant van de modules. De cijfers in het schema zijn dus NIET de fysieke pinnummers! Het is even een precisiewerkje, maar het zijn uiteindelijk slechts vijftien verbindingen. De usb-kabel (in het schema aangegeven met usb+ en usb-) mag je nog heel even achterwege laten.



07 Alle informatie wordt keurig getoond, dus dit werkt.

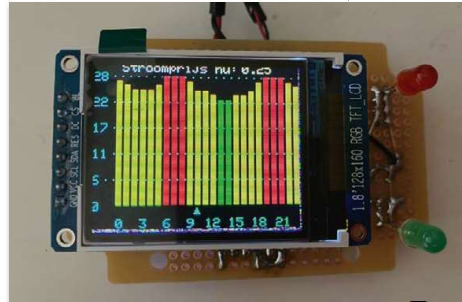
07

Bijna klaar

Verbind als laatste de drukknop via twee iets langere draden met de ESP32-module. Daarmee toont het scherm gedurende een minuut de prijzen van de volgende dag als die binnen zijn. Nadat je klaar bent en alles zorgvuldig hebt gecontroleerd, kun je de pinnen van het tft-schermje voorzichtig in de header duwen.

Start Arduino IDE, sluit de ESP32-module weer aan op je pc en open met **Ctrl+Shift+M** de seriële monitor om te kunnen zien wat er gebeurt. Als het goed is, maakt de module nu weer verbinding met Enever. Zodra de gegevens binnen zijn, toont het schermje een grafiek met de prijzen per uur. De laagste prijzen worden in groen weergegeven en de hoogste in rood. Is de prijs op dit moment het laagst of juist het hoogst, dan brandt respectievelijk de groene of de rode led.

Zie je ook na enige tijd niets op het scherm, knip de schakeling dan los van de pc en kijk nogmaals alle verbindingen heel goed na.



08 Aan de randen is te zien dat de uitlijning nog niet goed is. Gelukkig is dit eenvoudig aan te passen in de code.

08

Aansluiten

Afhankelijk van de fabrikant van het beeldscherm kan het zijn dat je nog wat moet aanpassen om het beeld goed uit te lijnen. Door in het bestand **User_Setup.h** in de map **Documenten\Arduino\libraries\TFT_eSPI** vanaf regel 100 de dubbele schuine strepen weg te halen

voor een van de regels, kun je kijken welke instelling geschikt is voor jouw schermje. Let erop dat je dan juist dubbele schuine strepen toevoegt bij het model dat je niet gebruikt. Na elke aanpassing moet je de code opnieuw compileren en uploaden naar de ESP32-module.

Werkt alles naar tevredenheid, dan kun je de module loskoppelen van je pc. Gebruik voor het aansluiten van de module op de usb-lader een usb-kabel die je niet voor het uploaden van de code gebruikt. Laat de A-stekker (de grote platte) intact en knip de andere stekker van de kabel af. Strip de plus- en de min-aders (meestal rood en zwart) en vertin ze. Sluit ze aan op het schroefklemblok, let daarbij goed op

op de polariteit! Sluit de module aan op de usb-lader en controleer of de leds op de module zelf branden. Haal direct de usb-stekker uit de lader als dat niet het geval is.

Afhankelijk van de bereikbaarheid van de websites en de tijdservers zou je nu binnen enkele tientallen seconden de grafiek moeten zien, waarna je het eindresultaat in een fraaie behuizing kunt inbouwen.

09 Inbouwen
Voor het inbouwen zijn er diverse mogelijkheden. Het eenvoudigst is een kant-en-klare behuizing, die je kunt kopen bij Conrad of elke andere leverancier van elektronica-producten. Uitdaging daarbij is de zichtbaarheid van het beeldscherm, waarvoor je bij een niet-transparante behuizing een uitsparing zult moeten maken.

Mocht je een 3D-printer hebben, dan kun je gebruikmaken van de printerbestanden die we voor je hebben klaargezet (zie www.kwikr.nl/kastje). Het is dan het handigst om eerst de behuizing te printen en daarna de onderdelen op de printplaat te solderen, zodat je alles precies op maat kunt maken.

Ook zonder eigen 3D-printer kun je de print voor twee à drie tientjes laten maken en bezorgen bij een van de vele aanbieders zoals 3DLabs (www.3dlabs.nl) of 3D Print Portaal (www.3dprintportaal.nl).



09 Een fraaie behuizing maakt het natuurlijk helemaal af! Met dank aan Ajen de Nobel voor het 3D-ontwerp.

Werking

10 Over het programma
Zoals gezegd is het niet noodzakelijk om ook maar iets te weten over de werking van de code om deze te gebruiken. Toch is het leuk en leerzaam om je er wel in te verdiepen, al is het maar om de werking af te kunnen stemmen op jouw specifieke wensen. In plaats van een appje ontvangen als de stroomprijs op z'n laagst is, zou je er ook voor kunnen kiezen om je domoticasysteem aan te sturen, zodat bijvoorbeeld de elektrische auto wordt opgeladen of de wasmachine start. Op regels 336 t/m 345 staat bijvoorbeeld al code klaar die je eenvoudig kunt aanpassen voor het uitvoeren van een of meer acties als de stroomprijs negatief is.

Het programma begint met het laden van een aantal bibliotheken, te herkennen aan de instructie `include`. Dankzij deze externe programma's hoef je je niet bezig te houden met netwerkprotocollen en seriële communicatie met het beeldscherm. Het bestand `WiFiClientSecure.h` verzorgt zowel de communicatie met het draadloze netwerk, als de verbinding met de te raadplegen websites. Het bestand `ArduinoJson.h` haalt precies de gewenste data uit een verzameling gegevens en `time.h` synchroniseert

IN PLAATS VAN EEN APPJE ONTVANGEN ALS DE STROOMPRIJS OP Z'N LAAGST IS, ZOU JE ER OOK VOOR KUNNEN KIEZEN OM JE DOMOTICASYSTEEM AAN TE STUREN, ZODAT BIJVOORBEELD DE ELEKTRISCHE AUTO WORDT OPGELADEN

de tijd en datum van de module periodiek met die van een NTP-server. Het bestand `TFT_eSPLh` tot slot stuurt het beeldschermje aan.

Dan volgt de declaratie van een indrukwekkend aantal constanten en variabelen. De constanten blijven, zoals de naam al suggereert, onveranderd. De variabelen kunnen tijdens het draaien van het programma andere waarden krijgen.

11 Functies
In het programma staan diverse functies, waarbij het te ver gaat om ze allemaal te bespreken. We beperken ons daarom tot de interessantste.

De functie `getData()` is van het type `bool`, wat betekent dat deze na het uitvoeren ervan de waarde `waar` of `onwaar` teruggeeft. Je kunt op die manier zien of de functie van begin tot eind correct is doorlopen, of dat deze voortijdig is afgebroken. Deze functie haalt achtereenvolgens data op van de website van Enever, controleert deze en filtert de gewenste gegevens eruit. Die worden vervolgens opgeslagen voor gebruik door andere programmaonderdelen.

Het bepalen van de goedkoopste en duurste stroom gebeurt binnen de functie `minmax()`. Ook worden alle bedragen omgezet in centen, de leds aangestuurd en bepaald of er een WhatsApp-bericht uit mag.

Bijna alles wat op het scherm te zien is, komt uit de functie `drawGraph`. De belangrijkste instructies zijn `drawString()` en `fillRect()`, respectievelijk voor het tonen van tekst en rechthoeken. De tekst is er voor de bovenste regel en de schalen op de X- en Y-as en de rechthoeken zijn de basis voor de grafieken.

Binnen `loop()` worden om middernacht de variabelen klaargezet voor een nieuwe dag met nieuwe

```

Enever_grafisch_gas | Arduino IDE 2.1.0
Booster  Edit  Sketch  Help/DebugView  Help
ESP32 Dev Module
Enever_grafisch_gas.ino
215 bool getData(String url, float arr[24], bool nu) {
216   WiFiClientSecure client;
217   client.setTimeout(5);
218   Serial.println("Connecting to ");
219   Serial.println(host);
220   if (!client.connect(host, httpsPort)) {
221     Serial.println("connection failed");
222     return false;
223   }
224   Serial.println("requesting URL: ");
225   Serial.println(url);
226   client.print(String("GET ") + url + " HTTP/1.0\r\n" +
227     "Host: " + host + "\r\n" +
228     "User-Agent: ComputerTotal_FSP32\r\n" +
229     "Connection: close\r\n\r\n");
230   Serial.println("request sent");
231   while (!client.connected()) {
232     line = client.readStringUntil('\n');
233     if (line == "\r") {
234       Serial.println("headers received");
235       break;
236     }
237   }
238   line = client.readStringUntil('\n');
239   line = client.readString();
240   /* Serial.println("reply success");
241     Serial.println("=====");
242     Serial.println(line);
243     Serial.println("====="); */
244   Serial.println("closing connection");
245   client.stop();
246   if (line == "" || line.indexOf("[") > 0 || line.indexOf("aambieder") < 0) {
247     return false;
  
```

gegevens. Een minuut later haalt de functie de nieuwe stroomprijzen op en om een over zeven de gasprijzen van die dag, met een herkansing na acht en negen uur. Na vier uur 's middags volgen de prijzen van de volgende dag.

Als het ophalen van de gegevens om wat voor reden niet lukt, volgt elke vijf minuten een nieuwe poging, bepaald door de constante `interval` aan het begin van het programma. De eerste keer dat de module wordt aangezet, probeert deze functie alle gegevens op te halen. 's Ochttends en 's avonds wordt `ledcWrite()` uitgevoerd, die het scherm dimt in de avond en nacht.

12 Bouwen en besparen
Door stroomverbruikers niet lukraak in- en uit te schakelen, valt substantieel te besparen. Gebruik de grootste energievreters waar dat mogelijk is vooral tijdens de voordeligste uren. Hopelijk lukt het je om dit al met al best uitdagingende project werkend te krijgen en er uiteindelijk daadwerkelijk je voordeel mee te doen. Dat is niet alleen leuk en leerzaam, maar vooral goed voor je portemonnee. Daarbij kan het natuurlijk ook nooit kwaad om bewust(er) met energieverbruik om te gaan. Veel succes en vooral veel bouw- en bespaarplezier! ☑

1) De functie `getData()` haalt de gegevens op die de basis vormen van het programma.