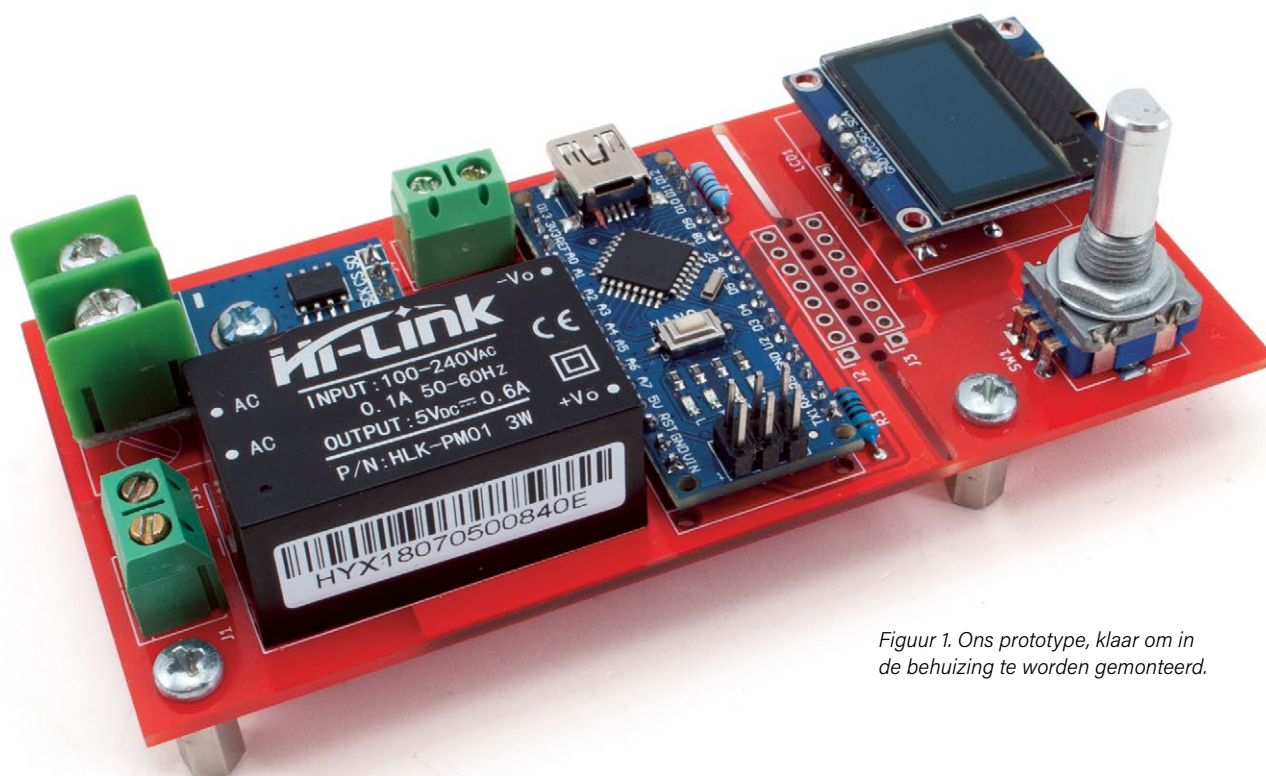


Mini-reflowplaat

voor assemblage of reparatie van kleine SMD-schakelingen



Figuur 1. Ons prototype, klaar om in de behuizing te worden gemonteerd.

Massimo Divito (Italië)

De overgang naar miniatuurcomponenten voor oppervlaktemontage betekende voor velen het begin van een reeks assemblageproblemen die overwonnen moesten worden. Naast de niet-zo-gemakkelijke plaatsing van componenten, moet men zich houden aan specifieke temperaturen en timing voor de soldeercyclus. Professionele reflow-soldeerstations zijn duur. In dit artikel presenteren we een effectieve maar redelijk betaalbare oplossing voor het assembleren/repareren van onze printen.

Vergeleken met conventionele THT-componenten (through-hole technology, dat zijn die componenten met aansluitdraden die door gaatjes in de print worden gestoken) kan het werken met SMT-componenten (surface-mount technology), ook wel SMD's genoemd, behoorlijk lastig zijn. Het vereist een scherp gezichtsvermogen, een zeer vaste hand, een soldeerbout met een geschikte punt en misschien wel het belangrijkste, veel geduld.

Als er veel SMD-componenten in een schakeling zitten en vooral als er 'veelbenige' IC's bij betrokken zijn, wordt de situatie ingewikkelder, vooral als er veel onderdelen dicht bij elkaar zitten; het gebruik van een soldeerbout kan in dit geval onpraktisch worden. Daarom hebben we een ontwerp bedacht dat aan je behoeften in dergelijke situaties kan voldoen: iets eenvoudigs en goedkops dat gemakkelijk kan worden geïmplementeerd.

De soldeertechniek die op professioneel gebied wordt gebruikt voor SMD's heet reflow-solderen, waarvoor normaal gesproken ovens worden gebruikt. In plaats daarvan dachten we hier aan een verhitte plaat, geschikt voor kleinere schakelingen, die weinig ruimte inneemt in ons lab en die indien nodig ook gebruikt kan worden als voorverwarmer voor soldeer- en desoldeerbewerkingen met het heteluchtstation.

Reflow-solderen is een proces waarbij een soldeer pasta, bestaande uit tinpoeder en vloeibaar vloeimiddel, wordt gebruikt in plaats van de normale tin/loodlegering (of een loodvrij soldeer voor ROHS-conforme toepassingen) om componenten op de print te solderen.

Soldeer pasta wordt met een spuit of een speciaal sjabloon op de soldeereilandjes van de printplaat aangebracht, waarna alle elektronische componenten worden geplaatst en het geheel een gecontroleerde warmtebehandeling ondergaat, waardoor de soldeer pasta smelt en de componenten definitief worden gesoldeerd.

Hoe het werkt

Ons ontwerp bestaat uit een aluminium plaat met elektrische weerstanden die 230 V voeren en die de plaat verhitten; de print die gesoldeerd moet worden wordt op deze plaat gelegd. De weerstanden worden aangestuurd door een solid-state relais dat op zijn beurt wordt aangestuurd door een schakeling op basis van een Arduino Nano, zoals te zien op de volledig geassembleerde print in **figuur 1**. Op de schakeling is een K-type thermokoppel aangesloten dat met een schroef op de plaat is bevestigd en dat constant de temperatuur meet.

Het geheel wordt bediend met een draai-encoder waarmee tussen drie werkingsmodi kan worden gekozen: twee verschillende soldeerprofielen, een voor lood/tin-legeringen en een voor loodvrije legeringen, en een derde modus om de plaat in te stellen op een vaste temperatuur; deze functie is handig om bijvoorbeeld een geassembleerde print voor te verwarmen waaraan we met een heteluchtbout willen gaan werken. We hebben een klein OLED-display van 0,96 inch toegevoegd waarop we het profiel selecteren dat we willen starten en dat ons tijdens de reflowfasen de ingestelde temperatuur toont alsmede de temperatuur die de plaat heeft bereikt, plus de tijd die nog rest tot het proces is voltooid. Zoals we al hebben vermeld, is het voor een correcte uitvoering van het soldeerproces noodzakelijk om een exacte temperatuurcurve te volgen om de soldeer pasta goed te laten smelten en tegelijkertijd te voorkomen dat de componenten door te veel warmte worden beschadigd; in de regel specificeert elke fabrikant voor zijn eigen componenten de optimale curve.

Het hele proces is onderverdeeld in vier fasen:

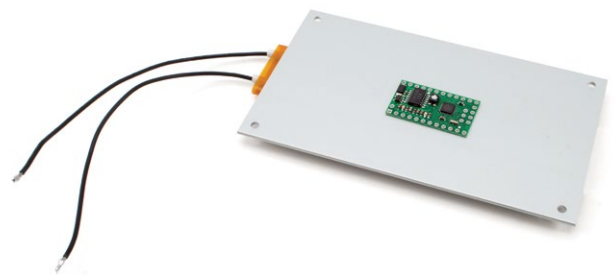
- > voorverwarmen: de vluchtige ingrediënten van de soldeer pasta beginnen te verdampen;
- > weken: vluchtige bestanddelen zijn volledig verdampt, de flux smelt en deoxideert de soldeereilandjes;
- > reflow: het metalen deel van het soldeer smelt en creëert een permanente mechanische en elektrische verbinding tussen de componenten en de print. Het vloeimiddel verdampt;
- > afkoeling: het tin koelt af en stolt.

Hiervoor moeten we op elk moment van het reflow-proces de temperatuur van plaat kennen. Aangezien de temperatuur van de plaat (**figuur 2**) ongeveer elke 250 ms wordt gemeten, moeten we voor een enkel profiel van 380 s 1520 temperatuurwaarden verwerken (380.000/250). Het opslaan van en toegang krijgen tot zoveel waarden wordt behoorlijk ingewikkeld op firmware-niveau en toekomstige wijzigingen zouden omslachtig zijn. Als we

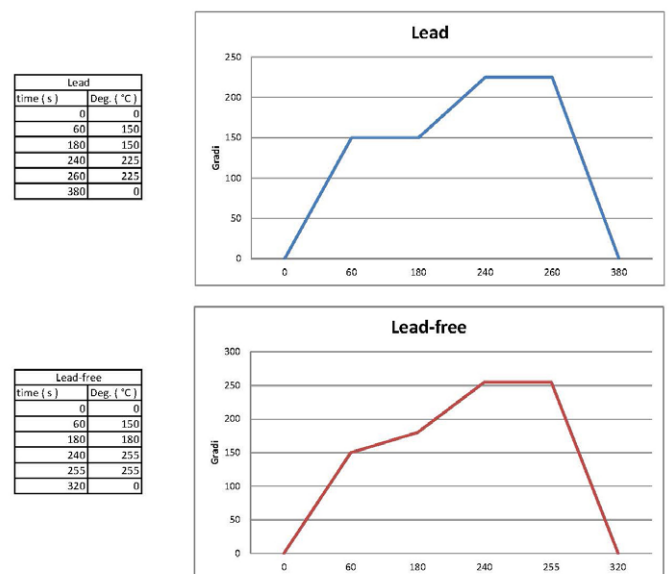
bovendien bedenken dat er in ons geval twee profielen zijn (maar we kunnen er meer toevoegen als we dat willen), verdubbelt het aantal waarden. Daarom hebben een andere oplossing bedacht, waarbij we slechts enkele temperaturen hoeven te definiëren en aan de hand daarvan de andere kunnen berekenen.

Als we kijken naar de grafieken van de profielen (**figuur 3**) zien we dat de temperatuur lineair verandert, zowel naar boven als naar beneden. We kunnen dan elk profiel verdelen in verschillende segmenten, waarvan we alleen de begin- en eindwaarde hoeven te kennen. Elk segment wordt gedefinieerd door twee paren waarden die het begin en het einde aangeven, en elk paar bestaat op zijn beurt uit de tijd (seconden) en de temperatuur; deze waarden kunnen eenvoudig worden opgeslagen in een tweedimensionale matrix van uit zes elementen: de zes punten die het profiel exact beschrijven.

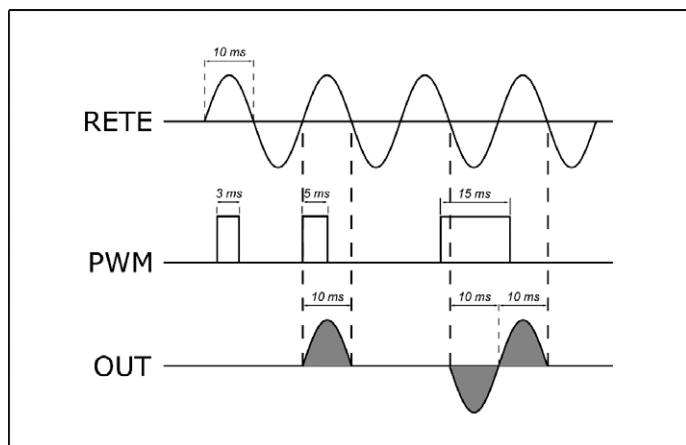
Als we dus de temperatuur willen weten die de plaat op een bepaald moment moet hebben, hoeven we slechts lineair te interpoleren om een onbekende waarde tussen twee bekende waarden te berekenen. Als we weten welke temperatuurwaarde de plaat zou moeten



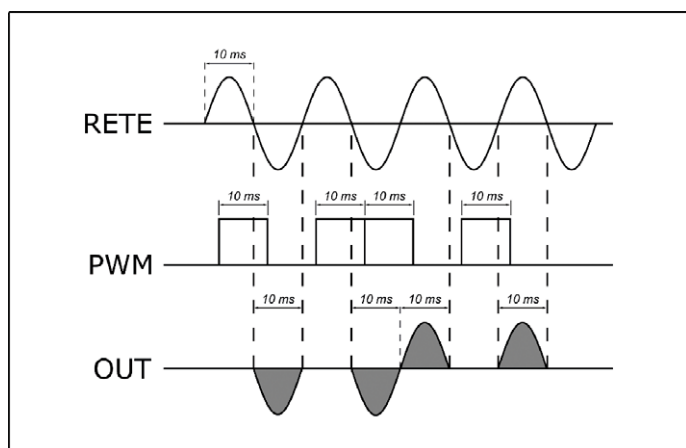
Figuur 2. Een print wordt op de reflowplaat geplaatst nadat de soldeereilandjes van soldeer pasta zijn voorzien en de onderdelen zijn geplaatst.



Figuur 3. Temperatuurprofielen voor solderen met loodhoudende en loodvrije legeringen.



Figuur 4. Werkingsprincipe van de PWM-gestuurde nuldoorgang-triggering (RETE = netspanning).



Afbeelding 5. Gedrag van de nuldoorgang-triggermethode bij aansturing met 1Hz-PWM (RETE = netspanning).

hebben en wat de werkelijke temperatuur is, kunnen we de de verwarmingselementen overeenkomstig in- of uitschakelen. Om de temperatuur het profiel nauwkeuriger te laten volgen, gebruiken we de PID-regeltechniek. Dit type regeling past een grootheid aan door deze constant te controleren en bepaalde variabelen aan te passen, waarbij wordt geprobeerd om de werkelijke waarde dicht bij de gewenste waarde te houden. Het moge duidelijk zijn dat dit minder triviaal is dan het hier klinkt: er liggen precieze wiskundige formules aan ten grondslag. Gelukkig zijn er speciale bibliotheken voor Arduino die dit veel gemakkelijker maken.

Zoals we al hebben opgemerkt, gebruiken we voor het inschakelen van de plaat een solid-state relais met een 'zero-cross trigger', waardoor de output ervan alleen van toestand verandert – dat wil zeggen van 'aan' naar 'uit' en omgekeerd – wanneer de net-wisselspanning (die zoals we weten een frequentie van 50 Hz heeft) door 0 V gaat. Dit betekent dat er vanaf het moment dat we de ingang van het relais van spanning voorzien of spanningsloos maken tot het moment dat het de belasting in- of uitschakelt, enkele milliseconden kunnen verstrijken.

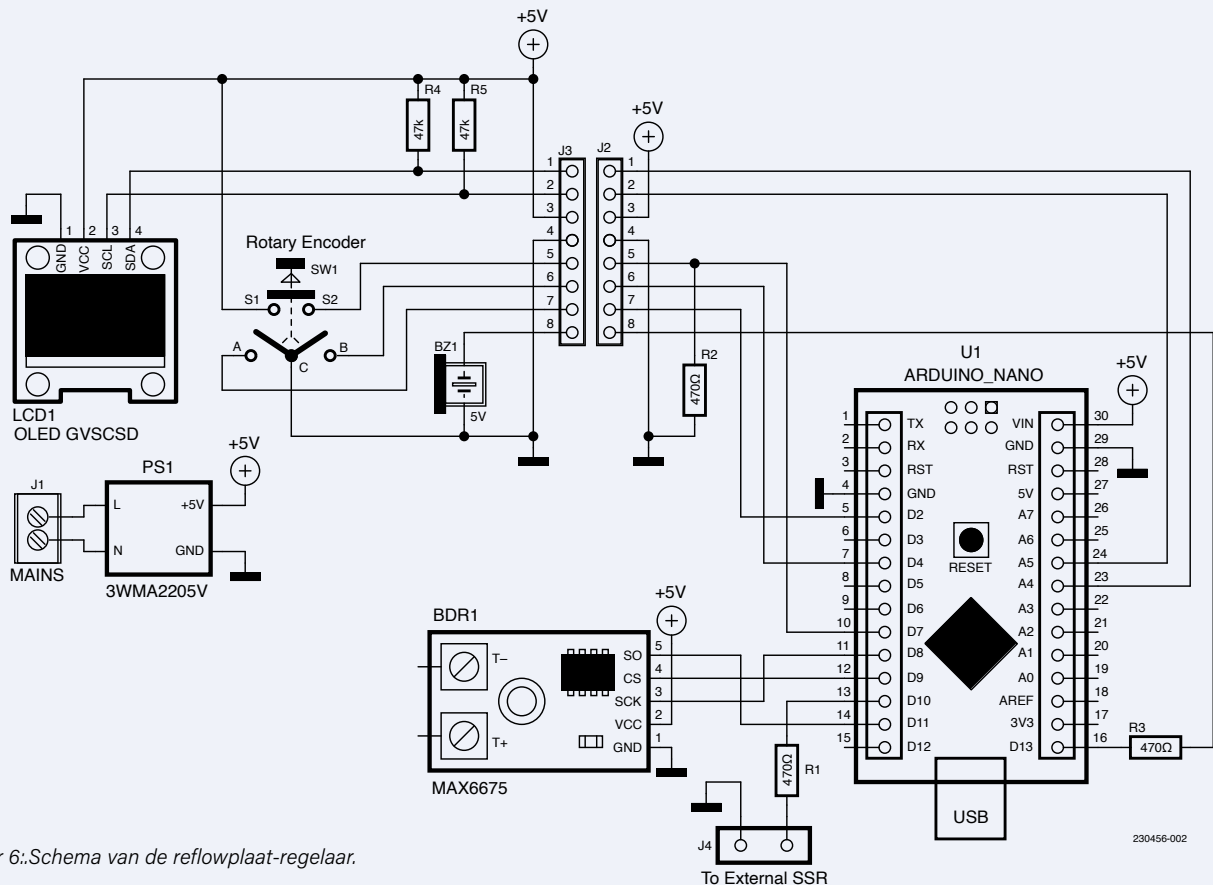
Het is duidelijk dat deze eigenaardigheid het onmogelijk maakt om de output exact te regelen. In feite zal het aansturen van het relais met een puls die korter duurt dan een halve periode van de netspanning en die we misschien een milliseconde na de nuldoorgang versturen, de belasting niet inschakelen. Als we de puls daaren-

tegen precies op de nuldoorgang sturen, schakelen we de belasting wel in, maar wordt deze pas uitgeschakeld bij de volgende nuldoorgang. Wanneer we **figuur 4** als voorbeeld nemen, hebben we na een pulsreeks die het relais in totaal 23 ms heeft aangestuurd, een output die in totaal 30 ms actief is. Een oplossing zou zijn om een nuldoorgangdetector te gebruiken die, zoals de naam al aangeeft, telkens wanneer de netspanning door de nul gaat een seintje geeft om de PWM-output goed te synchroniseren. In ons geval hebben we, om de schakeling niet ingewikkelder te maken, dit probleem opgelost door een bijzonder lage PWM-frequentie te gebruiken, om precies te zijn 1 Hz. Op deze manier hebben we een totale periode van 1 seconde, of beter 1000 milliseconden, verdeeld in 100 stappen van elk 10 milliseconden. In de praktijk zullen we voor elke procent verandering van de duty-cycle een verandering in pulslengte hebben van 10 ms, wat precies de duur is van een halve periode van de netwisselspanning. Op deze manier wordt de waarde van de duty cycle die we instellen correct doorgegeven naar de output van het relais, omdat we zeker weten dat dezelfde vertraging die optreedt bij het inschakelen van de belasting ook optreedt bij het uitschakelen ervan, met slechts een mogelijk verschil van 1...9 milliseconden, die de hele periode naar voren verschuift (**figuur 5**). In dit project hebben we slechts één manier om de verwarming te regelen, terwijl de koeling op 'natuurlijke' wijze plaatsvindt door afvoer naar de omgeving. De feitelijke verwarmingscurve zal dus niet gelijk zijn aan de theoretische. Veel hangt af van waar we werken, maar we kunnen je verzekeren dat we na verschillende tests nog nooit problemen hebben gehad om het reflowproces met uitstekende resultaten te voltooien.

Bedradingsschema

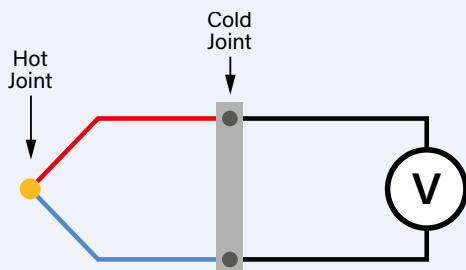
Dankzij het gebruik van Arduino (U1) is het schema (**figuur 6**) eenvoudig; in feite hoeft er alleen een module met een MAX6675 te worden aangesloten. Deze wordt gebruikt om het signaal te versterken dat aanwezig is op de klemmen van het K-type thermokoppel, dat om te zetten van analoog naar digitaal en via de SPI-interface door te geven. In feite zou het uitlezen van dit signaal via de analoge ingangen gecompliceerder zijn, omdat de betreffende spanningen in het microvoltbereik liggen en daarom goed versterkt zouden moeten worden waardoor elektrische ruis de meting zou kunnen beïnvloeden. Om deze reden hebben we besloten om deze chip te gebruiken – om precies te zijn een kant-en-klare module (BRD1) die deze chip bevat, aangezien de MAX6675 alleen in SMD-uitvoering leverbaar is.

De signalen van het thermokoppel worden op de juiste manier omgezet en verzonden via de SCK-, CS- en SO-pinnen die verbonden zijn met de digitale ingangen van U1, die ze verwerkt en op basis daarvan beslist of de temperatuur van de plaat moet worden verhoogd of verlaagd, waarvan het verwarmingselement wordt gevoed door een solid-state relais. In ons geval hebben we een Fotek SSR-25-DA gebruikt – ondergebracht in de reflowplaat en niet zichtbaar in het schema – die belastingen tot 25 A kan schakelen. Het aansturen van dit relais gebeurt via een digitale output via weerstand R1, vergelijkbaar met het schakelen van een LED. In ons geval sturen we een ingebouwde optocoupler aan, die zich in het ingangsgedeelte bevindt.



Figuur 6: Schema van de reflowplaat-regelaar.

Het thermokoppel



Thermokoppels zijn temperatuurtransducers die in veel sectoren toepassing vinden: industrie, wetenschap, techniek enzovoort. Door hun kleine formaat en snelle respons kunnen ze zelfs in bijzonder kritische omgevingen worden gebruikt, omdat ze over een groot temperatuurbereik nauwkeurige waarden leveren. De grootste voordelen zijn dat ze zeer eenvoudig, duurzaam en goedkoop zijn. Thermokoppels zijn ontworpen voor het meten van hoge temperaturen van voorwerpen, componenten en stoffen.

Elk thermokoppel bestaat uit twee verschillende metalen die verbonden zijn op een punt dat de 'warme las' wordt genoemd. Dit punt wordt in contact gebracht met het voorwerp of de stof waarvan de temperatuur gemeten moet worden. Het andere uiteinde, dat gevormd wordt door de twee vrije draden, wordt de 'koude las' genoemd en als deze wordt aangesloten op een voltmeter, zorgt het temperatuurverschil tussen de twee lassen voor een potentiaalverschil dat evenredig is met de temperatuur (Seebeck-effect). Thermokoppels kunnen er van buiten heel verschillend uitzien, maar in principe werken ze allemaal volgens hetzelfde principe. De koude las ontstaat door het metaal van de thermokoppeldraden en dat

van de aansluitdraden. Er zijn verschillende types thermokoppels, maar het type K wordt absoluut het meest gebruikt in de industrie. Dit type bestaat uit een combinatie van draden op nikkelbasis en de meetbereiken lopen van $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $+1260\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dankzij de corrosie- en oxidatiebestendigheid van nikkel kan dit type in een groot aantal toepassingen worden gebruikt.

De keuze voor een halfgeleiderrelais is ingegeven door het feit dat de aangesloten belasting met PWM wordt aangestuurd, dat wil zeggen door een reeks pulsen die het element meerdere keren per seconde in- en uitschakelen. Een gewoon elektromechanisch relais zou niet alleen niet de vereiste schakelsnelheid hebben, maar ook niet lang meegaan en de contacten zouden onherstelbaar beschadigd raken door vonkoverslag.

Op de SDA- en SCL-pinnen van de Arduino hebben we LCD1 aangesloten, een klein één-inch display gebaseerd op de SSD1306, waarbij we pull-up weerstanden R4 en R5 hebben toegevoegd. Verder hebben we de kwadratuur-draai-encoder SW1 via diens pinnen A en B verbonden met de digitale ingangen van U1. In het schema zie je geen pull-up weerstanden – die hebben we in de microcontroller via software ingeschakeld; pin C is verbonden met GND. De ingebouwde drukknop van de encoder (die wordt bediend door de draaiknop in te drukken) en die de verschillende selecties mogelijk maakt, is aan de ene kant verbonden met V_{CC} en aan de andere kant met pin 10 van U1, samen met pull-down weerstand R2.

Tenslotte is daar nog zoemer BZ1 die via weerstand R3 is verbonden met pin 9 van U1. Het geheel wordt gevoed door de PS1-module, een AC/DC-converter van Hi Link die direct op de print wordt gemonteerd. Deze module heeft een $230V_{AC}$ -ingang en een 5V-uitgang die

600 mA kan leveren. Deze oplossing bespaart ons het gebruik van een externe voeding: de hele schakeling kan zo in één behuizing worden ondergebracht.

Firmware

De Arduino-sketch, die je kunt downloaden van [1], is behoorlijk omvangrijk; hier bespreken we slechts die delen die relevant zijn voor een goed begrip en waarmee je het project naar wens kunt aanpassen. In de eerste plaats de vier bibliotheken die we gebruiken:

- display (U8g2 door Oliver)
- MAX6675 (MAX6675_Thermocouple door Yurii Salimo)
- PID (PID door Brett Beauregard)
- PWM (<https://github.com/maxint-rd/FastPwmPin>)

Vervolgens worden de pinnen gedefinieerd waarop de MAX6675 en de draai-encoder zijn aangesloten, alsmede twee aangepaste grafische symbolen om het thermometer-pictogram op het display weer te geven. Merk op dat in de initiële declaraties het array `profiles` (zoals we al opmerkten) de beide soldeerprofielen definieert:

```
int profiles [2][6][2] = {
{ , , ,
  , }, // Lead profile
{ , , ,
  , } // Lead-free profile
};
```

Hier kun je desgewenst een profiel wijzigen of toevoegen door de arraywaarden op de juiste manier aan te passen; daarbij verwijst de eerste waarde van elk paar naar de tijd in milliseconden en de tweede naar graden celsius; de tabellen in figuur 3 maken dit duidelijk. Na deze matrix komt nog een groep variabelen waar je wellicht iets wilt wijzigen:

```
int tempMinPreheater = 60;
//set the minimum temperature that
// can be set as a preheater
int tempMaxPreheater = 250;
//set the maximum temperature
// that can be set as the preheater
int tempStepPreheater = 5;
// set the value of the setting
// steps for the preheater
int tempAmbient = 50;
//set the maximum ambient temperature,
// if the plate is warmer, the
// remelting process cannot be started
int tempAdjust = 0;
//correction of the
// temperature read by the probe
```

Deze code is ruimschoots voorzien van commentaar, zodat je gemakkelijk ziet dat de eerste twee regels de minimum- en maximumwaarden aangeven die kunnen worden ingesteld; de derde geeft de waarde aan die wordt opgeteld bij of afgetrokken van

de ingestelde temperatuur voor elke verdraaiing van de encoder; deze waarden hebben alleen betrekking op de voorverwarmer-functionaliteit. De variabele `tempAmbiente` geeft de maximale temperatuur aan die de plaat kan hebben voordat het omsmelten begint en wordt kamertemperatuur genoemd, omdat de plaat natuurlijk de temperatuur aanneemt van de omgeving waarin hij zich bevindt. Dit voorkomt dat het ene soldeerproces meteen na het andere begint. In dat geval zou het namelijk de reflow-curve vervormen met het risico dat de hele procedure verkeerd verloopt. De variabele `tempAdjust` wordt gebruikt om de temperatuurmeting van de plaat te corrigeren.

De rest van de sketch behoeft weinig commentaar. Het uitlezen van de knoppen en de encoder en het periodiek bijwerken van het display gebeurt zonder gebruik te maken van interrupts; om het lang indrukken van SW1 te detecteren en het display periodiek te actualiseren worden enkele timers gebruikt. In de code die de reflow-functionaliteit afhandelt, kunnen we zien hoe we de formule voor lineaire interpolatie gebruiken om te berekenen wat de temperatuur van de plaat op elk moment moet zijn:

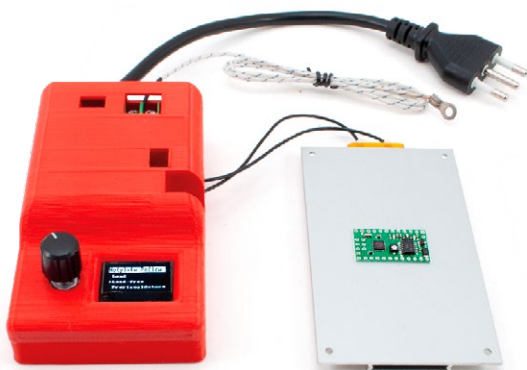
```
reflowNowTime = (unsigned long)(millis() - reflowStartTime);
// Calculates how many milliseconds
// the reflow cycle started;
for (int i = 0; i < 6; i++) {
  if ((reflowNowTime >=
    (profiles[profile][i][0] * second)) &&
    (reflowNowTime <
    (profiles[profile][i + 1][0] * second)) {
    xa = profiles[profile][i][0] * second;
    xb = profiles[profile][i + 1][0] * second;
    ya = profiles[profile][i][1];
    yb = profiles[profile][i + 1][1];
    tempTarget = (((reflowNowTime - xa) *
    (yb - ya)) / (xb - xa)) + ya;
    // y0=( ( x0-xa)*(yb-ya) ) / (xb-xa) ) + ya
    // Linear interpolation formula

    phaseActual = i;
    ruleHeater();
  }
}
```

In de `for`-lus scrollen we door het array van profielen om de bekende waarden te krijgen (op de x-as zijn dat milliseconden en op de y-as graden celsius). Zo krijgen we de waarden `xa`, `ya`, `xb`, `yb`, terwijl `x0` gelijk is aan de milliseconden die zijn verstreken sinds het begin van de reflow-fase. Hiermee kunnen we `y0` berekenen, wat de temperatuur is die moet worden ingesteld voor onze reflowplaat.

Praktische uitvoering

Voor de controller is een overzichtelijke print ontworpen die een compacte en eenvoudige montage mogelijk maakt. We kunnen het encoder- en displaygedeelte van elkaar scheiden, zodat het geheel in talloze verschillende behuizingen kan worden ondergebracht. Als je besluit om de print te splitsen, moet je de twee delen uiteraard met elkaar verbinden via connectoren J2 en J3. Optimaal is inbouw



Figuur 7. Het volledige systeem, inclusief het thermokoppel dat met een schroef wordt bevestigd.

in een kunststof behuizing die volledige isolatie mogelijk maakt. Een oplossing zou kunnen zijn om een aftakdoos voor elektrische installaties te gebruiken, met in het deksel openingen voor het display en de draai-encoder.

Omdat met de netspanning wordt gewerkt, is het wellicht een goed idee om het solid-state relais en de 230V-uitgang voor de reflowplaat en de connector voor de K-type thermokoppel samen met de schakeling geïsoleerd in te bouwen. Om een nauwkeurige temperatuurmeting mogelijk te maken, is het belangrijk om de sensor op de juiste manier te positioneren, bijvoorbeeld door hem stevig op de reflowplaat te bevestigen met een metalen beugel. Je kunt de sensor bijvoorbeeld in een aluminium schroef steken, met een tang fixeren (zonder de sensor te beschadigen). Dan kan de sonde gewoon op de plaat worden vastgeschroefd (**figuur 7**), misschien met een dot warmtegeleidende pasta om de thermische geleiding en dus de afleesnauwkeurigheid te verbeteren.

Een andere oplossing is om de sensor 'los' te gebruiken en hem telkens met een stukje hittebestendige tape vast te plakken op de print die je wilt solderen.

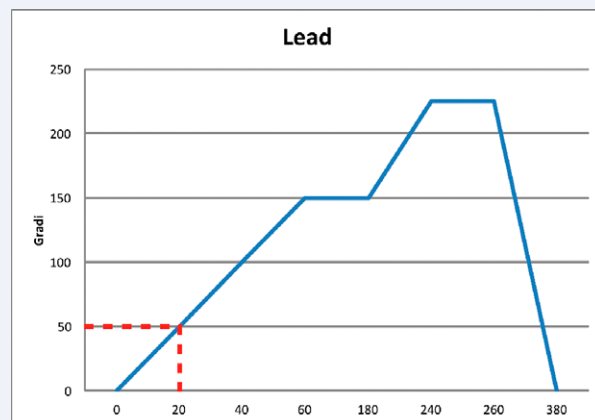


Waarschuwing: wees uiterst voorzichtig bij de bouw en bedrading, gezien de aanwezigheid van levensgevaarlijke netspanning. Vergeet niet de aarde met de randaarde van de stekker en alle metalen delen van het apparaat, inclusief de reflowplaat zelf, te verbinden.

Kalibratie en gebruik

Zodra de Arduino is geprogrammeerd en alles is opgebouwd, kunnen we na zorgvuldige controle van de bedrading (vooral de netspanning voerende delen) de reflowplaat inschakelen en de goede werking ervan controleren. Voor gebruik is het echter handig om een eenvoudige, maar nuttige kalibratie uit te voeren. In de praktijk kunnen, afhankelijk van waar we sensor monteren, de gemeten temperaturen geringe afwijkingen vertonen; dit komt door de plaatsing van de verwarmingsweerstand, die meestal in het midden zitten, en precies daar krijgen we een nauwkeurigere aflezing. Als we de sensor op een andere plek monteren, zullen de aflezings kleine verschillen vertonen die toenemen naarmate de afstand tussen sensor en warmtebron groter wordt.

Lineaire interpolatie



In de wiskunde is interpolatie een methode om nieuwe punten in een rechthoekig coördinatenstelsel af te leiden uit een eindige verzameling bekende punten. Interpolatie maakt het dus mogelijk om bij benadering de trend van een kromme af te leiden wanneer slechts een paar punten ervan bekend zijn. Bij lineaire interpolatie, de eenvoudigste interpolatiemethode, heeft men slechts twee opeenvolgende punten nodig, geïdentificeerd door (x_a, y_a) en (x_b, y_b) , die via een rechte lijn met elkaar verbonden zijn.

We kunnen met de onderstaande formule een punt (x_0, y_0) berekenen dat tussen de bekende punten ligt:

$$y_0 = \frac{(x_0 - x_a)(y_b - y_a)}{x_b - x_a} + y_a$$

Als voorbeeld nemen we bovenstaande grafiek; de eindpunten van het eerste lijnsegment zijn bekend: $(0,0)$ en $(60,150)$. We willen weten wat de waarde van y_0 is voor het punt $x_0 = 20$.

$$y_0 = \frac{(20 - 0)(150 - 0)}{60 - 0} + 0$$

$$y_0 = \frac{20 \cdot 150}{60}$$

$$y_0 = \frac{3000}{60}$$

$$y_0 = 50$$

Om de meting te corrigeren, hebben we voorzien in de variabele tempAdjust, die standaard op nul staat. Als je een manier hebt om de exacte temperatuur van de plaat te meten met een infrarood- of andere thermometer, kun je de temperatuur die door onze schakeling wordt gemeten vergelijken met die van de thermometer. Het verschil tussen die twee moet dan worden toegewezen aan de genoemde variabele. Zo kun je de meting corrigeren tot een waarde die dicht bij de werkelijke waarde ligt. Daarna ben je klaar om je schakelingen te gaan solderen. We raden je aan om te beginnen met kleine printjes, bijvoorbeeld kleine SOIC/DIL-adapters – je moet je eerst vertrouwd maken met de hoeveelheid soldeerpasta die je op de soldeereilandjes moet aanbrengen, en met de juiste positionering van de componenten.

Praktisch gebruik

Naast het gebruik voor reflowsolderen kan dit project ook worden gebruikt om printen voor te verwarmen als je met een heteluchtstation aan de slag wilt. In dat geval moet de print op ongeveer 150 °C worden gebracht, waarna de te solderen onderdelen worden verwarmd met het heteluchtstation zodat vloeimiddel en soldeer smelten. ◀

230456-03

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



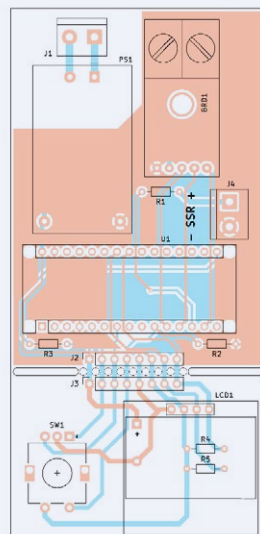
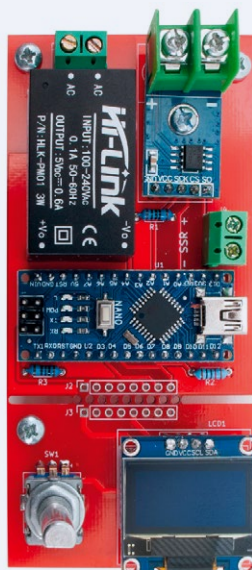
Gerelateerde producten

- **Upgraded T-962 Infrared Reflow Oven (Elektor Version) (SKU 20346)**
www.elektor.nl/20346
- **2-in-1 SMD Hot Air Rework Station ZD-8922 (SKU 20141)**
www.elektor.nl/20141

WEBLINK

[1] Projectpagina bij dit artikel:
<http://www.elektormagazine.nl/230456-03>

Onderdelenlijst



Weerstanden:

R1...R3 = 470 Ω
R2 = 10 k
R4...R5 = 47 k

Modules:

U1 = Arduino Nano
PS1 = 3WMA2205V (PSU-module)
BRD1 = MODMAX6675 (voor thermokoppels van het K-type)
LCD1 = OLEDGVSCSD (0,96" OLED)

Diversen:

BZ1 = 5V-zoemer (zonder oscillator)
4-polige busstrip
15-polige busstrip
5-polige busstrip
2-polige printkroonsteen
draai-encoder met drukknop

Word lid van onze Community



www.elektormagazine.nl/community

elektor
design > share > earn