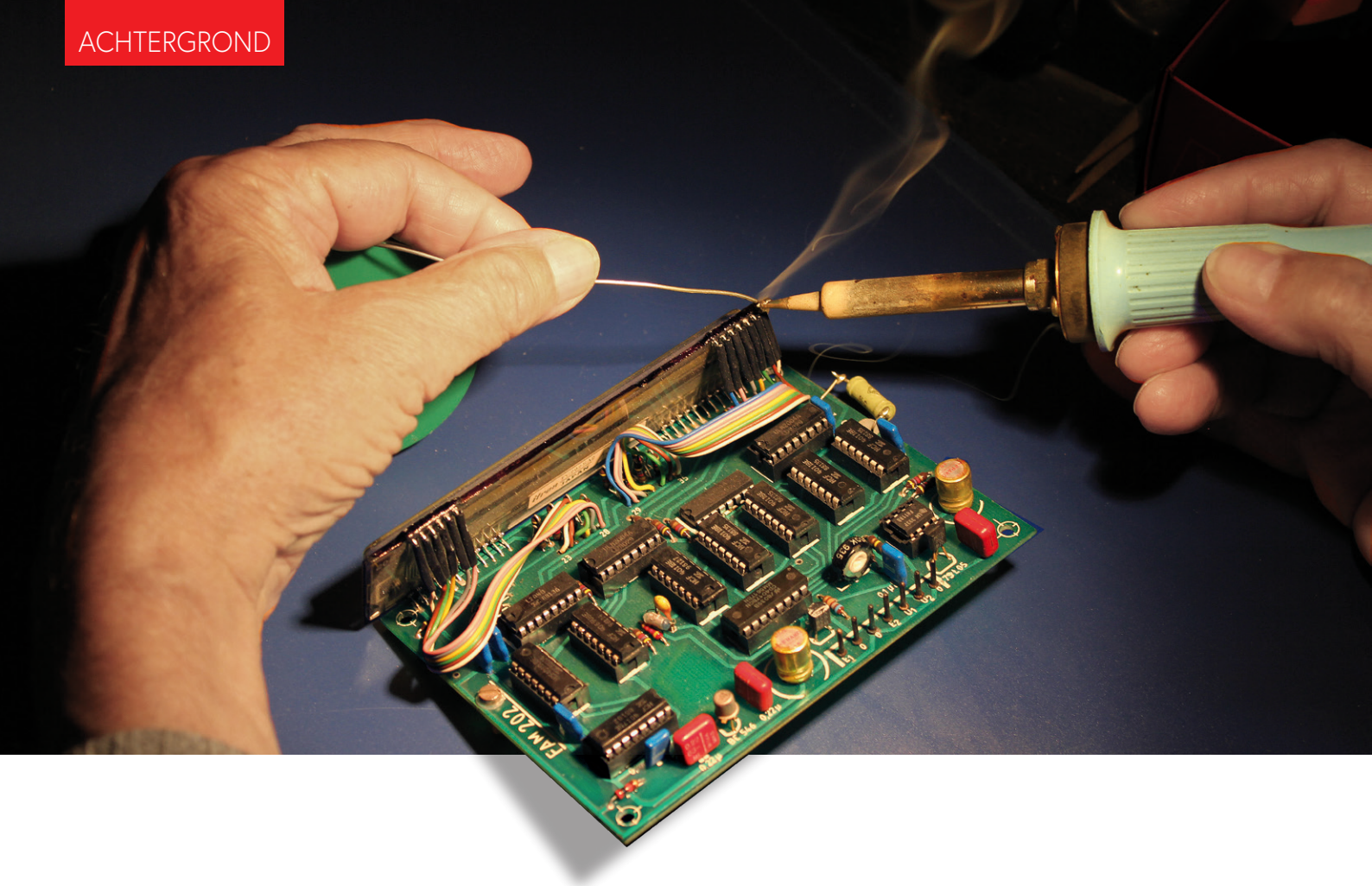




Solderen – *nou en?*

moderne soldeertechnologie nader bekeken

Peter Beil (Duitsland)

De meeste mensen beseffen niet dat het solderen van elektronische onderdelen een uiterst complexe aangelegenheid is met ingewikkelde thermische en chemische processen die zich in een zeer klein volume afspelen. Als je je echter aan enkele basisregels houdt, zul je niet in de problemen komen.

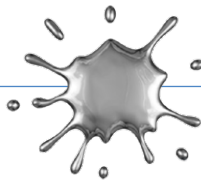
Soldeerverbindingen moeten meer doen dan alleen goed elektrisch contact maken – ze moeten ook mechanisch sterk zijn en mogen niet oxideren. Bovendien moeten ze vrij zijn van chemisch residu, zoals vloeimiddel, aangezien vloeimiddel zowel metalen oppervlakken als kunststoffen in de directe omgeving kan aantasten. Soldeer wordt over het algemeen onderverdeeld in drie categorieën: consumenten, industrie en high-end. Die laatste wordt gebruikt in bijvoorbeeld de automobiellindustrie of in omgevingen waar het leven of de gezondheid op het spel staat. Als makers zijn wij

vooral geïnteresseerd in handmatig solderen voor DHZ bouwen en ontwikkelen.

Het goede oude loodsoldeer

Loodsoldeer was gedurende vele jaren de standaard. Het heeft goede bevochtigings- en vloeieigenschappen en een relatief laag smeltpunt van ongeveer 183 °C. Volgens de vuistregel dat de werkt temperatuur aan de punt van de soldeerstift is gelijk aan het smeltpunt van de legering plus 120 °C, betekent dat soldeertemperatuur van ongeveer 300 °C.

Het vloeimiddel in de soldeerdraad is bedoeld om oxiden op de soldeerverbinding op te lossen. Het tin in het soldeer versmelt met het koper (of een andere metaallaag), zodat een intermetallische diffusiezone ontstaat die bestaat uit een legering van de twee metalen. Dit resulteert normaliter in een goed gevormde soldeerverbinding, duurzaam en met een goede mechanische sterkte. Helaas is dit niet altijd het geval – soms krijg je een koude soldeerverbinding (**figuur 1**). Koude soldeerverbindingen worden veroorzaakt door sterk geoxideerde metaallagen, vuil, een verkeerde temperatuur of een te vroege stolling tijdens het smeltproces. Koude soldeerverbindingen hebben een te hoge verbindingsweerstand en



kunnen zelfs leiden tot het losraken van componenten. De elektronenmicroscopiefoto's in **figuur 2** tonen de defecten bij een koude soldeerverbinding in vergelijking met een goede soldeerverbinding. In de dagen van het loodsoldeer waren koude soldeerverbindingen duidelijk herkenbaar aan hun doffe matte oppervlak, in tegenstelling tot het glanzende oppervlak van een goede soldeerverbinding. Helaas is dit niet langer het geval met loodvrije soldeerverbindingen. Met de nieuwe legeringen hebben soldeerverbindingen meestal een mat oppervlak, afhankelijk van de specifieke samenstelling, of ze nu koud of goed zijn (zie **figuur 3**).

Loodvrij in het nieuwe millennium

De invoering van loodvrij soldeer in 2006 heeft het met de hand solderen een beetje moeilijker gemaakt. Het nieuwe soldeer is RoHS-conform, wat betekent dat het voldoet aan de EU-richtlijn die de beperking van het gebruik van bepaalde gevaarlijke stoffen betreft [1].

Loodvrij soldeer mag niet meer dan 0,1% lood bevatten. Dit is vooral bedoeld om het inademen van giftige dampen te voorkomen, maar het risico daarop was eigenlijk vrij klein omdat er geschikte afzuigsystemen beschikbaar waren (ervan uitgaande dat die werden gebruikt).

Lange tijd was men zich niet bewust van de gevaren van het werken met lood. Vroeger zou een professionele letterzetter bijvoorbeeld binnen enkele jaren al zijn tanden verliezen door het lood.

Soldeerstiften zijn nu heter

Wie voor het eerst met loodvrij soldeer werkt, merkt meteen dat het nieuwe soldeer een beduidend hogere temperatuur nodig heeft en andere vloeieigenschappen heeft. Veel componenten houden niet van zulke hoge temperaturen, dus zijn er pogingen ondernomen om die tegen te gaan met behulp van innovatieve vloeimiddelen en kortere soldeertijden. Dit alles maakt loodvrij soldeerdraad duurder (zie verderop).

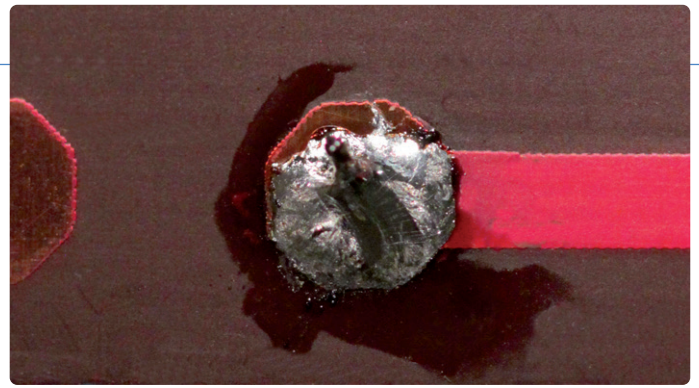
Dit betekent ook dat je op je hoede moet zijn voor vooral goedkoop loodvrij soldeerdraad, dat vaak niet is wat het beweert te zijn. Als je met een te hoge temperatuur werkt, kun je gemakkelijk een gevoelig onderdeel beschadigen of, wat erger is, een soldeerpad van de printplaat losmaken voordat je er erg in hebt.

Elektronica-hobbyisten en makers mogen nog steeds loodsoldeer gebruiken, zolang zij hun producten niet op commerciële basis distribueren. Dit betekent dat het verkopen van relatief grote aantallen van dingen die je in je thuislab maakt niet is toegestaan.

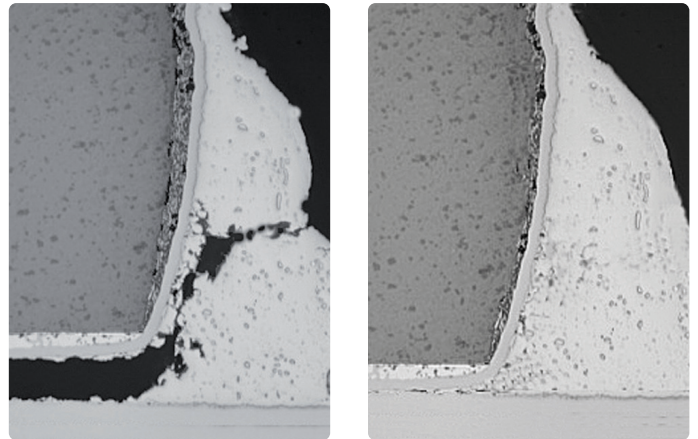
Figuur 4 laat zien dat 'makers' naast RoHS-conform soldeer ook nog steeds loodsoldeer gebruiken.

Wat zit er in soldeer?

De meeste loodvrije legeringen die nu algemeen worden gebruikt, hebben een aanzienlijk hoger tingehalte. Vroeger was dat ongeveer 63%, maar nu is dat ongeveer 95%, afhankelijk van de fabrikant. Hierdoor stijgt het smeltpunt van de legering tot 217 ... 227 °C. Vroeger was het tin in het soldeer de component die de intermetallische zone vormde en kon versmelten met de soldeerbare metaaloppervlakken.



Figuur 1. Slecht nieuws: een koude soldeerlas.



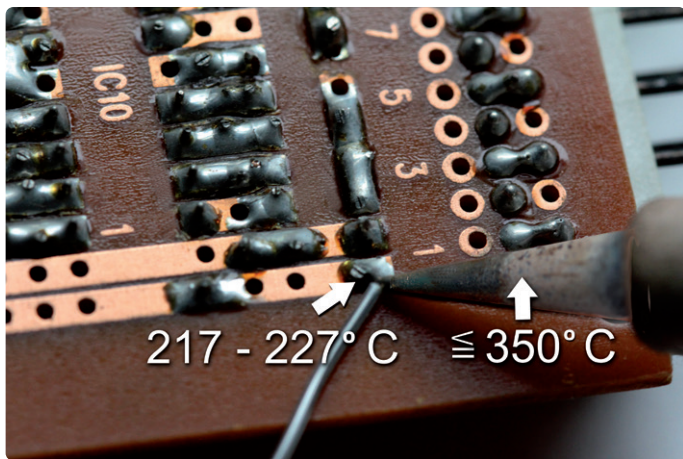
Figuur 2. Elektronenmicroscop-foto's van een koude soldeerlas (links) en een goede soldeerlas (rechts) met goed contact (bron: Infineon).



Figuur 3. Ziet er anders uit: een loodvrije soldeerverbinding (links) en een conventionele loodsoldeerverbinding (rechts).



Figuur 4. Loodhoudend en loodvrij soldeerdraad.



Figuur 5. Some like it hot: temperatuur van de soldeerbout bij loodvrij solderen.

Lood was altijd het inactieve bestanddeel van de legering, met het voordeel dat het de soldeerdraad goedkoper maakte en het smeltpunt van de tin verlaagde van 232 °C tot 183 °C. Met meer tin in het huidige soldeer, samen met een hogere soldeertemperatuur, moet je een beetje meer aandacht besteden aan je gereedschap en aan het metalliseren van componenten. Het soldeertin versmelt niet alleen sneller met koperoppervlakken, maar verwijdert ook sneller koper van het oppervlak.

Waarom is loodvrij duurder?

Met standaard loodvrije legeringen kan de eerder genoemde smelttemperatuur van 217 °C, een van de laagst mogelijke smelttemperaturen, in de gebruikelijke samenstelling alleen worden bereikt met een legering bestaande uit 95,5% tin, 0,7% koper en ongeveer 3,8% zilver. Deze legering heeft het voordeel van een relatief laag smeltpunt, maar het nadeel is dat het zilveragehalte van iets minder dan 4% de soldeerdraad gemakkelijk twee keer zo duur kan maken. Deze zilverhoudende legering kan in principe economischer worden gefabriceerd door het zilveragehalte te verlagen tot 3%. De legering zal dan een smelttemperatuur hebben van 217...223 °C, wat niet werkelijk merkbaar is bij het solderen of bij de verwachte levensduur van de soldeerverbinding.

Goedkopere legeringen bestaan bijvoorbeeld uit 99,3% tin en 0,7% koper, wat een gedefinieerd smeltpunt oplevert van 227 °C. Hiervoor is het niet per se noodzakelijk de temperatuur van de soldeerstift met 10 °C te verhogen, vergeleken met een zilverhoudende legering (figuur 5).

Temperatuurgrenzen moeten in acht worden genomen

In theorie zou de temperatuur van de soldeerbout op 350 °C moeten worden ingesteld voor het laatstgenoemde loodvrije soldeer. Als je 10...20 °C meer nodig hebt om in korte tijd een bepaalde hoeveelheid warmte toe te voeren, is dat zeker mogelijk, maar temperaturen boven 380 °C beschadigen de print en de componenten meestal



Figuur 6. Verschillende soldeerstiften.

meer dan dat ze helpen bij het solderen. De flux in de kern van de soldeerdraad verbrandt ook aanzienlijk sneller en kan maar een bepaalde tijd bij een bepaalde temperatuur zijn werk doen. Elke 10 °C temperatuurverhoging halveert de levensduur van het vloeimiddel; de tijd die beschikbaar is om de oxiden te verwijderen wordt korter, en op een gegeven moment is die tijd domweg te kort. Bovengenoemde legeringen verschillen uiteraard van fabrikant tot fabrikant, en ze kunnen zeker nog andere componenten bevatten. Om octrooiredenen maken de fabrikanten de samenstelling gewoonlijk niet bekend.

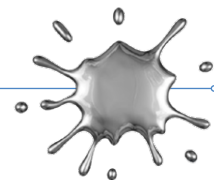
Bij zachtsolderen moet altijd de vereiste hoeveelheid energie worden toegevoerd en een bepaalde minimumtemperatuur worden bereikt. Het soldeer moet vloeibaar zijn en een bepaalde temperatuur boven het smeltpunt hebben. Dit maakt de samensmelting van de metaallagen tot een sterke soldeerverbinding mogelijk. Alle eerder genoemde loodvrije legeringen zijn voldoende duurzaam. Heel ruwweg gezegd zijn zilverhoudende soldeerverbindingen beter geschikt voor toepassingen met sterkere temperatuurschommelingen, die vaak gepaard gaan met continue mechanische belasting of trillingen. Dit geldt in het bijzonder voor de eerdergenoemde high-tech toepassingen in auto-elektronica of medische apparatuur.

Het soldeer moet goed vloeien

Soldeerdraad bestaat niet alleen uit een legering, maar ook uit het eerder genoemde vloeimiddel. In de begintijd bestond er nog geen soldeerdraad met een fluxkern, zodat men zich moest behelpen met soldeerpasta's of zelfs met zelfgemaakte flux. Een veelgebruikt recept bestond uit trichloorethyleen vermengd met hars, dat de naam 'soldeerhoning' kreeg.

De taak van een vloeimiddel is de oxiden te verwijderen van de te solderen onderdelen: het onderdeel, de print en, uiteraard, het vloeibare soldeer. Dit moet zo lang mogelijk duren, om een zo lang mogelijk soldeer-'tijdvenster' te verkrijgen.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen halogeenvoudende en niet-halogeenvoudende flux. Beide types verwijderen oxiden



door middel van een zuur/metaaloxide-reactie. Bij loodvrij soldeer moet deze reactie bij hogere temperaturen verlopen, en bij hogere soldeertemperaturen langer aanhouden. Het vloeimiddel moet in staat zijn om in voldoende hoeveelheid voor het soldeer uit te vloeien, de oxiden te verwijderen, de ontstane zouten weg te voeren van het soldeer en voor het vloeibare soldeer een mooi schoon en zuiver metalen oppervlak achter te laten. Anderzijds mag er niet te veel vloeimiddel aanwezig zijn, zodat achteraf niet te veel resten moeten worden verwijderd. Gestold vloeimiddel ziet er niet alleen lelijk uit, maar blijft (in tegenstelling tot wat vaak wordt gedacht) meestal ook chemisch actief, dus je moet in ieder geval voorzichtig zijn.

Loodvrij soldeer heeft iets meer energie nodig

Voor een loodvrije soldeerverbinding is meer energie nodig dan voor een conventionele loodsoldeerverbinding. Aangezien de vereiste hoeveelheid energie hoger is, moet je de warmteoverdracht naar de soldeerverbinding beschouwen als een belangrijk aspect van het solderen. Elke soldeerklus vereist een soldeerstift met een geschikt oppervlak om de warmte over te dragen, zodat de hogere energie die nodig is om het loodvrije soldeer te smelten niet uitsluitend hoeft worden bereikt door verhoging van de werktemperatuur. De keuze van de juiste soldeerstift (**figuur 6**) is daarom een belangrijke overweging, evenals het voortdurend reinigen van de stift, aangezien deze onder hoge hittebelasting ook oxideert en met een aanslag bedekt raakt. Het contactoppervlak van een soldeerstift heeft ook de neiging om na langdurig gebruik uitgehold te raken. Dit vermindert de effectieve warmteoverdracht aanzienlijk. Studies hebben aangetoond dat bij gebruik van loodvrije legeringen, het verhogen van de temperatuur (bijvoorbeeld van 360 °C naar 410 °C) een bijna exponentieel effect heeft op de slijtage van de soldeerstift en de levensduur van de soldeerstift dus aanzienlijk verkort. Daarom is het in het algemeen aan te bevelen een iets langere soldeertijd of contacttijd te gebruiken in plaats van de werktemperatuur te verhogen. Een soldeerstation met een vermogen van 80 W of meer zou de juiste keuze zijn.

Conclusie

Loodvrij solderen is niet moeilijker, het is gewoon anders. Allereerst moet je vertrouwd raken met de verschillende spreidings- en bevochtigingseigenschappen van loodvrij soldeer. Je hebt ook een iets langere soldeertijd nodig, om de soldeertemperatuur niet onnodig te hoeven verhogen. Eigenlijk is er niet zo veel veranderd. Het is raadzaam om een aantal verschillende soorten soldeer uit te proberen om die soort te vinden die je het beste bevalt. In het algemeen verdient soldeer met een relatief hoog zilveragehalte de voorkeur, ook al kost het meer.

Nu ademen we geen looddampen meer in; de damp komt van het

vloeimiddel, en niemand weet precies wat daar in zit. Een soldeerdamp-afzuigunit (zelfs een kleintje) is daarom nog steeds een goede investering. ◀

210653-03

Aanbevolen literatuur

De bekende fabrikanten van soldeerproducten bieden een verbaazingwekkende hoeveelheid algemene informatie over de onderwerpen loodhoudend en loodvrij soldeerdraad, vloeimiddel, soldeerstiften, handleidingen en praktische tips, en nog veel meer, allemaal gratis te downloaden.

www.felder.de/downloads/allgemeine-informationen.html

[Duitstalig]

www.stannol.de/en/downloads.html

www.almit.de/index.php#Goodtoknow

www.almit.de/soldering-tips-and-working-life

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

- ▶ **Voltera Solder Wire (Sn42 Bi57 Ag1) (SKU 19882)**
www.elektor.nl/19882
- ▶ **Velleman Solder Wire (Sn60 Pb40) (SKU 19860)**
www.elektor.nl/19860
- ▶ **Soldering Stations in the Elektor Store**
[www.elektor.nl/catalogsearch/result/?q=soldering station](http://www.elektor.nl/catalogsearch/result/?q=soldering+station)

WEBLINK

[1] RoHS-richtlijn: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32002L0095>