

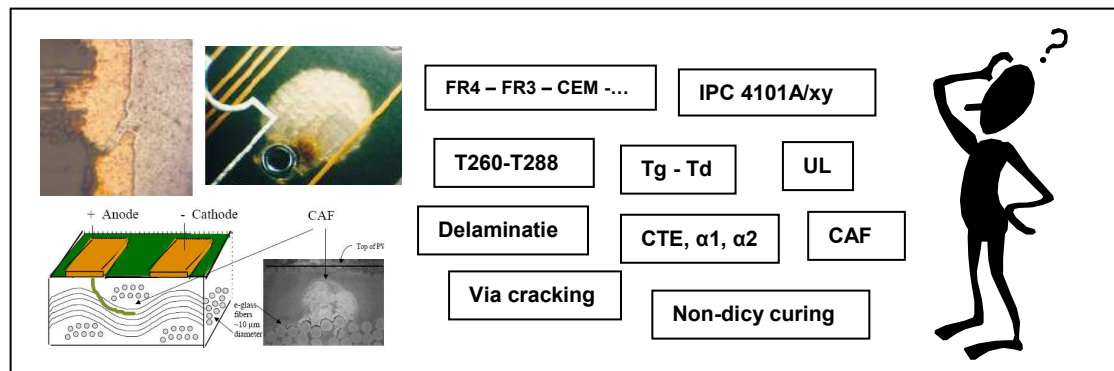
Sinds het effectief worden van de Restriction of Hazardous Substances (RoHS) richtlijn op 1 juli 2006 heeft de elektronica-sector een ware revolutie ondergaan door het overschakelen naar het loodvrij solderen. Dit heeft belangrijke gevolgen voor het ontwerp, de specificatie en de selectie van componenten en de Printed Circuit Board (PCB). Een goede Design-for-Manufacturing methodiek is van groot belang bij het ontwerp van RoHS conforme, loodvrij gesoldeerde producten. Maar ook aspecten zoals betrouwbaarheid, testbaarheid, kost, enz. zijn cruciale aspecten van een kosteffectief, kwaliteitsproduct.

Recent werd het Electronic Design & Manufacturing initiatief gestart om in het kader van een samenwerking tussen bedrijven uit verschillende takken van de elektronische toeleveringsketen, IMEC en Sirris te werken rond ontwerp (DfX), productie en kwalificatie van elektronische assemblages (PBA). Dit EDM initiatief wil ook een ontmoeting- en discussieforum bieden aan belangstellende bedrijven uit alle delen van de elektronische toeleveringsketen. Daarom organiseren we op regelmatige basis informele workshops rond een bepaald dagthema. We streven naar een open discussie tussen de verschillende schakels van de elektronische toeleveringsketen ingeleid door korte presentaties omtrent de besproken problematiek.

Een eerste workshop met als dagthema “Soldeerbare afwerkingen op PCB en componenten” had plaats op 23 november 2007. De positieve reacties van de deelnemende bedrijven versterkt ons in ons voornemen.

Een tweede workshop met een thema dat direct aansluit bij het thema van de eerste workshop zal doorgaan op vrijdag **15 februari 2008** in de gebouwen van **Sirris, Technologiepark 915, Zwijnaarde**.

Dagthema: PCB laminaten - specificatie en eigenschappen



Abstract

Het loodvrij solderen bij een beduidend hogere soldeertemperatuur stelt het Printed Circuit Board substraat zwaar op de proef. Delaminatie en via-cracking zijn typische vormen van thermische overbelastingsschade van PCB's. Maar ook de kans op verborgen schade die zich pas manifesteert tijdens de werking van het elektronische product zoals “Conductive Anodic Filament” (CAF) vorming is sterk vergroot. De klassieke FR4 laminaten uit het SnPb-tijdperk voldoen in de meeste gevallen niet langer. Wat dan wel? Wat zijn de belangrijke materiaalparameters? Wat dient er gespecificeerd te worden? Wat betekent FR4? Heb ik echt $T_g=180^{\circ}\text{C}$ nodig? Dit zijn zaken die aan bod zullen komen naast wat u zelf naar voren brengt.

Agenda

14u00 Verwelkoming

Toelichting bij het Electronic Design & Manufacturing initiatief
Geert Willems - IMEC

14u10 Inleiding tot het dagthema: PCB laminaten

Wim Perdu, ACB - Dendermonde

14u40 Debat rond het dagthema

16u00 Netwerking met een drankje

17u00 Einde

Praktische informatie

- Deelname is gratis mits aanmelding via e-mail rohs@imec.be.
- Beperkt tot twee deelnemers per bedrijf.
- Maximum 30 deelnemers.
- Meer informatie: www.rohsservice.be
Geert Willems, rohs@imec.be, 0498/919464
- Routeplan:



Samenvatting – kernboodschap

- FR4 betekent enkel “glasvezel versterkt epoxy dat voldoet aan UL94 V0 (brandveiligheid)”. Er is heel wat meer dat dient gespecificeerd te worden bij de selectie van PCB laminaten om te komen tot een geschikt substraat dat compatibel is met de loodvrije soldeercondities van vandaag.
- De belangrijkste laminaatparameters die verband houden met loodvrij soldeercompatibiliteit zijn: Delaminatietijden (T260, T288), decompositietemperatuur (Td), uitzettingscoëfficiënt in de z-richting (CTEz, α_1 , α_2) en de glasovergangtemperatuur.
- Ontwerp (OEM), PCB fabrikant en assemblagetoeleverancier zijn allen direct betrokken partijen bij de keuze van het PCB laminaat. Afstemming en overleg zijn aangeraden. Voor de eindgebruiker draagt de OEM de eindverantwoordelijkheid.
- Drogen van PCB voor het bestukken is in principe niet nodig op voorwaarde dat een correcte laminaatselectie en de PCB productie volgens de regels van de kunst werd uitgevoerd. In dit niet het geval is, zal vocht in de PCB de kans op schade wel vergroten en kan drogen helpen.

Wetenswaardigheden uit de discussie

Zie presentatie.

Uw vragen:

(De antwoorden worden niet letterlijk weergegeven. De focus ligt op de boodschap niet op de formulering van het antwoord. Hier en daar wordt een aanvulling gegeven ter verduidelijking of ter vervollediging aangegeven met (nvdr)).

1. Welke IPC 4101 laminaattype moet ik kiezen voor een 12-lagen PCB met micro via's om in de toekomst geen problemen te hebben?

Wim Perdu: Wat de microvia's betreft is de stress op de via plating (zeer) beperkt vermits een micro via ook een kleine diepte heeft. Voor een 12-lagen kaart is een loodvrij soldeer compatibel laminaat met lage z-as uitzetting aangeraden. Het beste is dat er steeds tussen de assemblage- en PCB fabrikant gecommuniceerd wordt over laminaatkeuze.

2. Wie is er verantwoordelijk voor de keuze van het laminaattype: de ontwikkelaar, de subcontractor of de PCB fabrikant? Wie dient wat te specificeren?

Wim Perdu: Van bij het begin van een design steeds eerst met de PCB leverancier praten. Het mag niet zo zijn dat indien de klant (OEM, design huis) het niet goed heeft gespecificeerd dit enkel het probleem van de klant is. Dit mag niet de houding zijn van de PCB leverancier.

Geert Willems: Uiteindelijk is diegene die het product op de markt brengt wel de eindverantwoordelijke. Men kan niet verwachten van de PCB en/of PBA (EMS) leveranciers dat ze de toepassing en werkingsomstandigheden van het product waarin de PCB terecht komt precies kennen en daarop anticiperen. Toepassing en werkingsomstandigheden zijn wel medebepalend voor de laminaatkeuze. Tenslotte mag men niet vergeten dat de eindklant de OEM steeds als verantwoordelijke zal beschouwen, niet diens subcontractors en toeleveranciers.

3. Hoe zit het met de assemblage? Bestaan er bepaalde design regels om problemen bij assemblage te vermijden?

Geert Willems: Ja, er bestaan design regels. Deze hebben voornamelijk te maken met PCB materiaal- en assemblage processpecificatie en hangen af van de opbouw van de PCB. Het is de bedoeling om in het kader van het EDM groep initiatief ontwerpregels uit te werken en toegankelijk te maken voor een breed bedrijfspubliek.

Wim Perdu: Er moet ook worden samengewerkt met de assemblageleverancier. Dus een samenwerking tussen de drie partijen - PCB fabrikant, assemblagehuis en ontwerpafdeling – is aan te raden.

4. Wat is het risico indien ik een keuze maak van FR4 met een $T_g = 135^\circ\text{C}$ maar eigenlijk 150°C nodig heb volgens de specificaties?

Wim Perdu: Er is een grote waarschijnlijkheid dat er decompositie van het laminaat zal optreden. De regel is om genoeg veiligheidsmarge te voorzien in het kiezen van het laminaat om achteraf problemen te vermijden (cost of ownership).

Geert Willems (nvdr): De T_g waarde op zich is eerder van secundair belang tenzij voor grote multilayers met hoge interconnectiedensiteit. Een waarde van 135°C wijst mogelijk op een pre-RoHS FR4 type niet geschikt voor loodvrij solderen waardoor er een ernstig risico op delaminatie, decompositie en via-cracking bestaat. Delaminatietijden (T_{260} , T_{288}), decompositietemperatuur (T_d) en uitzettingscoëfficiënt in de z-richting (CTE_z , α_1 , α_2) zijn de primaire parameters.

5. Ik werk voor toepassing in te ruimtevaart (dus betrouwbaarheid is een top prioriteit) waar men vaak gebruik maakt van polyimides. Is er in deze sector ook veel veranderd op gebied van laminaatmaterialen?

Wim Perdu: Ruimtevaart is een niche markt en niet onderworpen aan RoHS. Er zijn geen bijzondere veranderingen te melden voor dit toepassingsgebied op vlak van het gebruik van polyimidesubstraten.

Geert Willems (nvdr): Polyimides hebben een T_g waarde die op of boven de soldeertemperatuur ligt. Z-expansie is dus geen probleem, vochtopname wel.

6. Worden er bij de evaluatie van laminaten (door ACB) ook testen gedaan op elektrische aspecten bijvoorbeeld de verandering van de dielektrische waarde in functie van de temperatuur?

Wim Perdu: Neen, dit is niet de doorslaggevende factor.

7. Wat is een "filler"?

Wim Perdu: Er wordt een keramisch poeder toegevoegd aan het hars om tot betere thermische eigenschappen te komen voornamelijk een kleinere uitzettingscoëfficiënt in de dikterichting (CTEz). Een typische vulstof is SiO₂ (kwartzand).

Geert Willems: Keramische vulstoffen zijn abrasieve materialen (=schuurpoeder) waardoor boren bij het maken van vias veel sneller (x2) slijten dan voorheen. Versleten boren beschadigen het laminaat en verhogen de kans op falingsmechanismen zoals Conductive Anodic Filament (CAF) in hoge mate. De kans op kwaliteitsproblemen ten gevolge van excessieve kostenbesparing – goedkoopste PCB wordt aangekocht – is zeer reëel. Kwaliteitsbewaking in de PCB fabricage is veel kritischer geworden omwille van de hoge soldeertemperaturen. Kwaliteit kost geld: temperaturen dienen voldoende hoog te zijn, pers- en depositietijden lang genoeg, standtijden van boren en baden kort genoeg, enz. Niet alle PCB leveranciers zijn gelijkwaardig. Kwalificeer uw PCB leverancier en vermijd shopping!

8. Moeten de FR4 printen uitgebakken worden vooraleer men ze naar de assemblage stuurt?

Wim Perdu: FR4 printen dienen in principe niet gedroogd te worden vooraleer bestukking kan gestart worden. De robuustheid wordt verzekerd door de laminaatkeuze en de kwaliteit die de PCB leverancier aflevert. Delaminatie – veelal toegeschreven aan vocht – heeft echter in grote mate te maken met decompositie van het epoxy. Dit vang je niet op door drogen.

Indien drogen voor bestukking toch wordt geëist door assemblage of eindklant zal de kost uiteindelijk doorgerekend moeten worden.

Geert Willems: Drogen is in principe niet nodig bij de correcte selectie van geschikte PCB laminaten. Indien dit niet gebeurd is, kan drogen in beperkte mate helpen om delaminatie te vermijden. Drogen heeft een negatieve impact op de soldeerbaarheid van de kaart.

9. Kan de aanwezigheid van grote kopervlakken ook voor extra problemen (delaminatie) zorgen?

Wim Perdu: Neen, het is de decompositie van het laminaatmateriaal zelf dat bepalend is voor het delamineren. Het is een verkeerd idee dat er delaminatie optreedt tussen het epoxy en het Cu. Dit zien we niet in secties.

Bart Allaert (Connectronics, Poperinge): Bij grote Cu vlakken kan het vocht moeilijker ontsnappen waardoor er meer kans op delaminatie ontstaat. Kan werken met een raster i.p.v. met continue Cu vlakken de situatie niet verbeteren?

Wim Perdu: In PCB productie zijn continue Cu vlakken te verkiezen.
Geert Willems (nvdr): Een open discussiepunt.

10. Hoe ver staan ze in het Verre Oosten op het vlak van laminaatmaterialen?

Wim Perdu: In het Verre Oosten staan ze een stuk verder als in Europa. In Japan bijvoorbeeld zijn halogeenvrije laminaten standaard sinds een aantal jaren.

Geert Willems: Welke brandvertragers worden hiervoor gebruikt? Als alternatief wordt wel eens fosforhoudende verbindingen gebruikt. Deze zouden niet zo effectief zijn als brandvertrager en mogelijk corrosieproblemen opleveren. Er kan namelijk fosforzuur ontstaan. Dit probleem is reeds vastgesteld bij molding compounds van plastic verpakking voor halfgeleiders.

Geert Willems (nvdr): De halogeenvrije vlamvertragertypes zijn onder te verdelen in:

- Anorganische verbindingen: aluminium, magnesiumhydroxide, antimoontrioxide, zinkboraat en rode fosfor (!!corrosiegevaar!!).
- Fosforverbindingen: fosfaatesters en fosfonaten.
- Stikstofverbindingen: polyamide, melamine en hun zouten.

Er wordt melding gemaakt van performantie, fabricage en betrouwbaarheidsproblemen.

(Bron: White Paper – Bromide-Free Options for Printed Circuit Boards – Craig Hillman, Seth Binfield – 2006. Gebaseerd op iNEMI Halogen-free project)

11. Wat is de tendens op het vlak van de printafwerking (PCB finish)? Hoe is het percentage verdeling op de markt?

Wim Perdu: Verdeling in onze regio is als volgt: 50% NiAu, 35% SnPb (vooral aerospace), 10% chemisch, 10% chemisch tin (blijft een probleem bij assemblage), rest is chemisch Ag (is misschien uiteindelijk de oplossing), OSP zie je bijna nooit.

Deze verdeling kan sterk afwijken van land tot land al naargelang wat in dat land ‘de mode’ is, bijvoorbeeld veel Sn in Duitsland, veel NiAu in Frankrijk.

12. Wat bepaalt de keuze van de PCB finish?

Wim Perdu: Het is meestal aangeraden dat type van finish te nemen dat gebruikelijk is voor het assemblagehuis waarmee je gaat werken. Gebruik de ervaring van de mensen waarmee je werkt.

Geert Willems: Finishes kunnen ook bepalend zijn voor de betrouwbaarheid van het eindproduct en daar heeft het assemblagehuis geen zicht op aangezien het de precieze toepassing en de werkingsomstandigheden van een product niet kent. Bij het kiezen van bv. NiAu moet je ervan bewust zijn dat de intrinsiek zwakke soldeer-Ni interface het eindproduct gevoeliger maakt aan schokken, vibraties en trekspanningen. Niet echt aan te raden voor bv. industriële en andere toepassingen waar dit soort belastingscondities kunnen voor komen. Er is geen enkele finish die een universele oplossing aanlevert.

Voor meer informatie over soldeerbare afwerkingen wordt verwezen naar het

verslag van de eerste workshop terug te vinden op www.rohsservice.be.

13. Zijn de eigenschappen van laminaten anisotroop? Kunnen de verschillende lagen glasvezel matten afwisselend in een ander oriëntatie gelegd worden om isotropie te verbeteren?

Wim Perdu & Geert Willems: Laminaten zijn altijd anisotroop. Naast grote verschillen in eigenschappen in het vlak van de kaart (X-Y) en loodrecht op dit vlak (Z) omwille van de horizontale ligging van de glasmatten zijn er ook verschillen in eigenschappen in X en Y richting omwille van het verschil tussen schering en inslag van de glasvezel in de geweven glasmat. Theoretisch kan er een afwisselende oriëntatie toegepast worden maar dit is niet te industrialiseren (lees te betalen). Dit geeft evenmin een oplossing voor het expansieprobleem van het laminaat in de Z-richting die de vias belast tijdens het solderen.

14. Op basis van wat moet men het laminaat specificeren?

Wim Perdu & Geert Willems: De keuze is een combinatie van vele zaken:

- Thermische belasting voor en tijdens assemblage: welke soldeerprocessen ziet de kaart: dubbele reflow, golfsolderen, wordt er repair voorzien (meerdere malen?), HASL afwerking, ...
Voor dit aspect zijn de belangrijkste laminaateigenschappen: Delaminatietijden (T260, T288), decompositietemperatuur (Td), uitzettingscoëfficiënt in de z-richting (CTE_z, α_1 , α_2) en de glasovergangstemperatuur (Tg).
- Elektrische vereisten die de materiaalkeuze gaan bepalen zoals bij HF toepassingen.
- Milieureeisten: bv. halogeenvrij
- Mechanische en dimensionale vereisten.

15. Is WEEE verplicht of niet? Verbiedt WEEE het gebruik van bepaalde stoffen?

Geert Willems: WEEE heeft betrekking op de terugnameverplichting van bepaalde elektronische en elektrische eindproducten. WEEE bepaalt niet welke producten verboden zijn. De RoHS richtlijn doet dit en is in dit opzicht complementair aan WEEE. Wel bepaalt WEEE dat indien je een ecolabel wenst aan te brengen op je producten je bepaalde stoffen niet mag gebruiken bv. halogenen.

16. Zijn er brandvertragers die geen probleem hebben om te voldoen aan de RoHS richtlijn maar een probleem zijn voor UL?

Wim Perdu: Er is geen directe link tussen RoHS en UL. Er is steeds een extra kwalificatie voor UL vereist indien men met nieuwe materialen experimenteert. Dit is echter een tijdrovende aangelegenheid en kost dus veel geld.

Geert Willems: >95% van de PCB's gebruiken broomhoudend TBBPA als brandvertrager die integraal deel uitmaakt van de epoxymatrix (mee

“ingepolymeriseerd”). RoHS verbiedt het gebruik van TBBPA niet. Sommige landen – nu of in de nabije toekomst - mogelijk wel.

Geert Willems (nvdr): Het blijkt inderdaad zo te zijn dat een aantal halogeenvrije PCB materialen problemen hebben om door de UL kwalificatie te komen op vlak van de brandvertragende eigenschappen. Dit is een domein dat natuurlijk permanent evolueert.

17. In de slide van de presentatie staat er een grafiek voor verschillende laminaattypes met loodvrij solderen en het aantal keren er een golfsoldeer en reflow proces kan worden doorlopen vooraleer er delaminatie/decompositie optreedt. Wordt hier ook rekening gehouden met het aanbrengen van een HASL-finish?

Wim Perdu & Geert Willems: Neen, de grafiek duidt aan welke materialen 2x golfsolderen plus een aantal malen reflow solderen kunnen weerstaan. Voor het HASL proces moet nog een extra marge ingebouwd worden. Hiervoor dient best het equivalent van twee soldeerstappen gerekend te worden. Volledige onderdompeling in een vloeibaar loodvrij soldeerbad van een HASL machine is een zware thermische shock. Er kan zelfs niet uitgesloten worden dat occasioneel meer dan 1 HASL dip wordt uitgevoerd bv. om HASL-kortsluitingen op de kaart te verwijderen.

Additionele marge bovenop die van de vermelde grafiek dient voorzien te worden voor repair. Het verwijderen en terugplaatsen van componenten van het type BGA of QFN betekent het equivalent van 3 soldeerstappen: verwijderen, reinigen, solderen.

18. Hoe kan men de Cu dikte voor de via's controleren en vergelijken met wat is gespecificeerd?

Wim Perdu & Geert Willems: Dit gebeurt door het maken van een sectie en de inspectie met de hulp van een microscoop. In principe is de plating dikte functie van de via-diameter. Kleine gaten zijn moeilijker te platen en dus dunner.

Jammer genoeg zijn dit ook diegene met de grootste kans op via-cracking.

Geert Willems (nvdr): Men moet zeer zorgvuldig te werk gaan bij het maken van de sectie om een accurate meting van de platingdikte te verkrijgen. In een dwarssectie (via-as in het vlak van de doorsnede) dient de sectie precies in midden van de via te vallen of men meet steeds een wanddikte die groter is dan de werkelijke dikte omdat men niet loodrecht op de via-wand meet maar schuin.

19. Indien men vereist dat via's volledig opgevuld worden met Cu vereist voor het toelaten van hoge stromen, hoe wordt dit opgelost?

Wim Perdu & Geert Willems: Voor microvia's kan dit bekomen worden. Voor TH-via's worden via-fill materialen gebruikt die eventueel aan de uiteinden met Cu bedekt worden. Het is een technologie die af en toe toegepast wordt maar steeds heel wat problemen geeft. Het besluit is dat via-filling geen standaardoplossing is en beter kan vermeden worden.

20. Wat is de maximum dikte voor de koper lagen?

Wim Perdu: Tot 70 μm is courant, grotere diktes worden duurder. Soms wordt ook 105 μm en 140 μm op binnenlagen toegepast, maar de stap naar een metal-core PCB is dan niet ver meer.

Uw evaluatie

Wat u goed vond:

Introductie en presentatie door Wim Perdu, het debat (Q&A), open formaat, variëteit van de deelnemers, de doelstelling: samen sterker.

We dienen nog verder te werken om de opstelling van de zitplaatsen te verbeteren om zo een meer interactief en dynamisch forum te verkrijgen. Enkele praktische aspecten die u naar voren bracht zullen we ter harte nemen.

De vraag werd gesteld om meer praktische voorbeelden te behandelen. Hierop willen we met alle plezier ingaan. Deze concrete, praktische voorbeelden dienen echter door de bedrijfspraktijk aangedragen te worden. We roepen dan ook iedereen op om ons te contacteren met praktijkervaringen die in een publiek forum kunnen besproken worden. Een goede gelegenheid om uw case eens voor te leggen aan een breed forum dat de problematiek van alle zijden kan bekijken. De kans op de klassieke uitspraak “u bent de eerste die met dit probleem afkomt” schatten we als heel klein in tenzij u wel een heel bijzondere toepassing hebt. En daar zijn we ook in geïnteresseerd.

Thema's die naar voren worden geschoven voor een volgende workshop:

- Ontwerpregels
- Assemblage:
 - assemblage problematiek en link met PCB design en manufacturing
 - assemblage overzicht en technieken
 - bestukkingsspecificaties voor assemblagehuizen
- PCB specificaties voor Aziatische productie
- Betrouwbaarheid van de loodvrije soldeerverbindingen
- EU wetgeving op gebied van RoHS, WEEE, ... en wat is het verschil met Azië.

Een gedetailleerde bespreking van ontwerpregels en specificaties valt buiten de opzet van de workshop in de huidige formule maar maakt wel het onderwerp uit van de activiteiten van de Electronic Design & Manufacturing groep en het Collectief Onderzoek.

In een volgende workshop zal het assemblagethema aangesneden worden met als voorlopige titel:

De impact van loodvrij solderen op het PBA ontwerp

Plaats: IMEC, Heverlee

Datum: 23 mei 2008 – 13u30

Verdere aankondigingen volgen per e-mail, www.rohsservice.be, Techniline en Agoria-on-Line

We waren met 47. U vindt hierna de aanwezigheidslijst.

Uw reacties en vragen zijn steeds welkom bij:

Geert Willems, IMEC

Kapeldreef 75, 3001 Heverlee

0498/919464, Geert.Willems@imec.be

Deelnemerslijst:

Naam	Voornaam	Bedrijf/organisatie	e-mail
De Bolle	Luc	Abitana	luc.debolle@abitana.com
Perdu	Wim	ACB	wim.perdu@acb.be
Vandenbossche	Ludo	Alcatel-Lucent	ludo.van.den.bossche@alcatel-lucent.be
Vandenbroeck	Herman	Alcatel-Lucent	Herman.VanDenBroeck@alcatel-lucent.be
Drielinck	Marnix	ATOS Worldline	marnix.drielinck@atosorigin.com
Vandenberghe	Jan	Autojet Technologies	jan@autojet.be
Haumont	Benoit	AW Europe	Benoit.Haumont@aweurope.be
Verhaeghe	Luv	AW Europe	Luv.Verhaeghe@aweurope.be
Flour	Mieke	Barco	mieke.flour@barco.com
Detemmerman	Eddy	C-MAC	EddyDetemmerman@cmac.com
Mannens	Marcel	C-MAC	MarcelMannens@cmac.com
Allaert	Bart	Connectronics CTBP	b.allaert@connectronics.be
Waerenburgh	Jos	dZine	Jos.Waerenburgh@dzine.be
Feys	Joost	Elprinta	Joostf@elprinta.com
Vermaut	Thierry	Elprinta	Thierryv@elprinta.com
De Temmerman	Leen	Elvia-PCB	ldt@pcbservices.be
Nieuwenhuis	Arnie	Elvia-PCB	ab.nieuwenhuis@my.m1call.be
Van den Hurk	Karel	Eurotronics	karel@eurotronics.be
Bruyneel	Nelson	Gemidis	Nelson.Bruyneel@gemidis.be
Vernieuwe	Arnold	Gemidis	arnold.vernieuwe@gemidis.be
De Baets	Johan	IMEC - UG/TFCG	johan.debaets@imec.be
Lanoye	Guido	Indium	glanoye@indium.com
Bamelis	Flip	IPTE	flip.bamelis@ipte.be
Persoons	Eric	Jabil	Eric.Persoons@jabil.com
Naets	Ivo	Layers	Ivo@layers.be
Baestaens	Tim	Layers	tim.baestaens@layers.be
Delen	Miel	Multiboard	miel.delen@multiboard-pcb.be
Depinois	Tom	Multiboard	tom.depinois@multiboard-pcb.be
Achten	Kristiaan	Newtec	Kristiaan.Achten@newtec.eu
Vercauteren	Filip	Newtec	Filip.Vercauteren@newtec.eu
De Rudder	Bart	Nexans	Bart.Derudder@nexans.com
D'Hondt	Peter	Nexans	Peter.Dhondt@nexans.com
De Petter	Geert	Option	g.depetter@option.com
Vandebril	Stijn	Option	s.vandebril@option.com
Blanckaert	Ivan	Page Electronica	ivan@page.be
Lozie	Bart	Page Electronica	bart.lozie@page.be
Cateeuw	Wim	Primus Laundry	w.cateeuw@primuslaundry.com
Roskin	Eric	Septentrio	Eric.Roskin@septentrio.com
Vets	Eric	TBP Electronics	evets@tbp.eu

Demeyere	Pieter-Jan	Teamtec	pieterjan.demeyere@teamtec.be
Heyvaert	Luc	Teamtec	luc.heyvaert@teamtec.be
Creus	Geert	Traficon	geert.creus@traficon.com
Tack	Christoph	Traficon	christoph.tack@traficon.com
Dekeyser	Esther	Tyco Electronics Raychem	edekeyser.@tycoelectronics.com
Wijnants	Sam	Tyco Electronics Raychem	sam.wijnants@tycoelectronics.com
Van Kerckhoven	Thierry	Umicore	Thierry.VanKerckhoven@umicore.com
Deleu	Stephen	Unitron	stephen@unitongroup.com
Verriest	Christoph	Unitron	christoph@unitongroup.com
Creve	Glenn	Verhaert Space	Glenn.Creve@verhaertspace.com
Willems	Geert	IMEC & Sirris	Geert.Willems@imec.be
Carton	Alain	IMEC	Alain.Carton@imec.be
Van Vlierberghe	Anje	Sirris	anje.vanvlierberghe@sirris.be