

Uitdagingen van DFM-analyse voor flex- en rigid-flex-ontwerpen

Flex- en rigid-flex-PCB's verschillen van stijve PCB's met betrekking tot materialen, constructie en ontwerpuitdagingen. Ze worden gebruikt in gespecialiseerde toepassingen zoals medische apparaten. Analysetools evolueren om aan hun unieke vereisten te voldoen.

Een bijdrage van DownStream Technologies

Flex- en rigid-flex-printen zijn geen nieuw idee. Ze worden tegenwoordig heel vaak toegepast, omdat we op zoek zijn naar alternatieve behuizingen voor steeds kleinere elektronische producten. Een eenvoudig schema voor een rechte, platte kabel is een analogie van zijn fysiek plat substraat. Een schema op meerdere pagina's voor een rigid-flex-ontwerp lijkt nauwelijks op het driedimensionale eindproduct, dat uit verschillende materialen bestaat. Toch kunnen bij beide voorbeelden analysetools worden gebruikt die op basis van dat schema werken. Dat geldt ook voor gewone twee- of meerlaags FR4-printen. Moderne print-analysetools zijn geschikt voor alle combinaties van starre printen, ongeacht het aantal lagen en de afmetingen. Maar voor de unieke eigenschappen van flexibele substraten en van de combinatie van flexibele en starre substraten zijn specifieke analyses nodig, zowel voor de functionaliteit als voor de fabricage. Analyse van de impedantie, koppeling, overspraak en storingsgevoeligheid is ingewikkeld door de verschillende stack-ups bij flexibele printen. Eén en dezelfde transmissielijn kan een stripline zijn in een star deel en een microstrip in een flexibel deel van het ontwerp. Materiaaltypen en dielektrische constanten boven en onder een spoor kunnen onderweg verschillen als het het ontwerp doorloopt. Hoewel de uitdagingen voor signaalintegriteitsanalyse voor flexibele ontwerpen het bespreken waard zijn, behandelen we in dit artikel vooral de huidige uitdagingen bij Design for Manufacture-analyse (DFM) van flex- en rigid-flex-ontwerpen.

Het verschil tussen starre, flex- en rigid-flex-printen

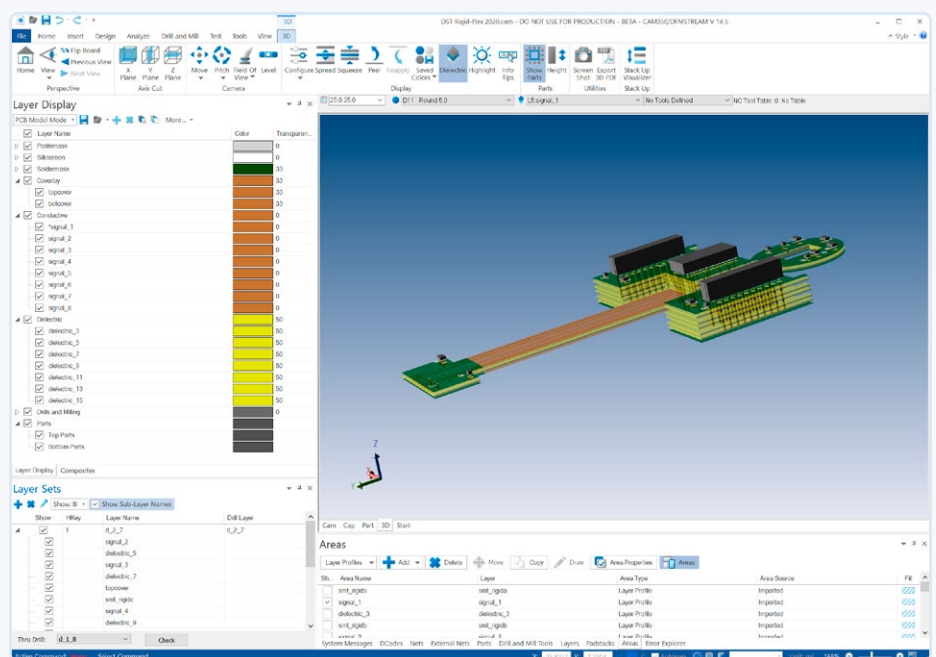
Sommige engineers ontwerpen flexibele PCB's gewoon als buigzame printen, maar er zijn grote verschillen tussen star en flexibel.

Beide technologieën zorgen voor elektrische verbindingen, maar ze worden gefabriceerd met verschillende materialen en processen. Ze hebben ook verschillende toepassingen. Voor het moederbord van een desktop-PC hoeven we geen rigid-flex-PCB te ontwerpen, maar dat is wel nodig voor de meeste medische implantaten.

Een typische starre print bestaat uit lagen van met koper beklede glasvezelversterkte kunststofsubstraten op elkaar. Er bestaan wel variaties in de materialen die worden gebruikt om de substraten te binden, maar het zijn over het algemeen geweven lagen die zijn geïmpregneerd met niet-uitgehard epoxy. Dit materiaal is niet ontworpen om flexibel te zijn. Het koper wordt chemisch geëet om een patroon voor de schakeling te creëren. De hardheid van de verbonden substraten maakt mecha-

nisch frezen nodig om de ruwe printen op maat te maken. Alle lagen van de print zijn normaal gesproken even groot en gelijk van vorm, tenzij er sprake is van holtes, ingebedde componenten of andere exotische constructies. De stapeling van lagen is over de hele print hetzelfde. Er worden vrijwel altijd een soldeermasker en opdruk aangebracht.

Flexibele printen bestaan uit gewalst, gegloeid koper op flexibele polyimide-substraten. Flexibele lagen of cores worden geproduceerd met of zonder lijm. Lijmloze flex is gangbaar bij toepassingen waar grote prestaties verlangd worden, flex met lijm wordt vaak gebruikt voor toepassingen met een beperkt aantal lagen. De meest gebruikelijke vorm is koperfolie op een substraat met epoxy- of acryllijm. Zowel het substraatmateriaal als de lijm zijn ontworpen om te kunnen buigen, zodat het risico van

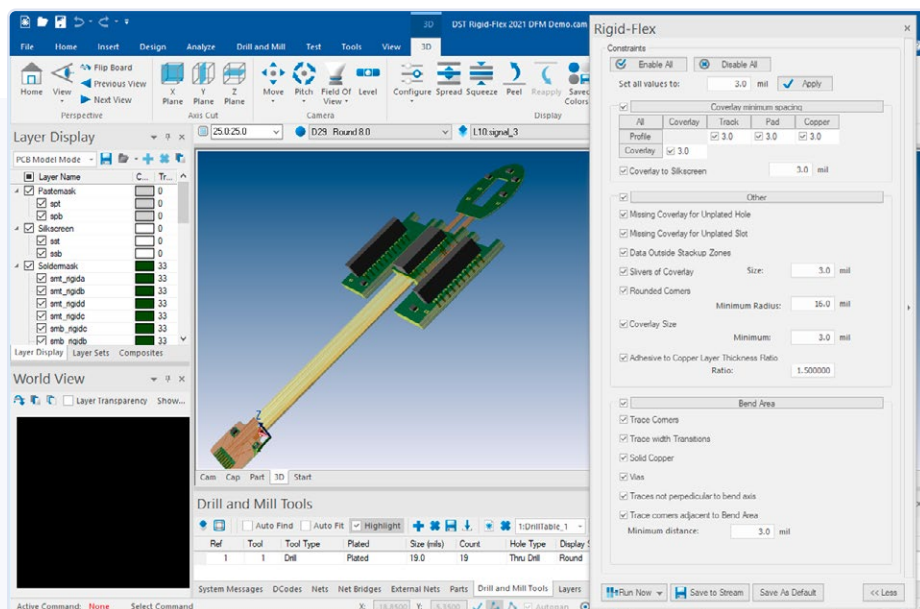


Figuur 1. Een rigid-flex ontwerp in 3D; de lagen voor de duidelijkheid zijn van elkaar gescheiden.

breuk wordt geminimaliseerd. Ook hier wordt een chemisch etsproces gebruikt voor het vormen van een patroon. Het flexibele karakter van de materialen vraagt om die-cutting of 'blanking' in plaats van mechanisch frezen. Elke laag van een flexibele dubbelzijdige core heeft een identieke vorm. Maar meerlaags flex zal vaak een verschillende vorm hebben voor elke laag of core. Flexibele PCB's hebben een dunne film-isolator over de geleiders nodig, een zogenaamde coverlay. In tegenstelling tot de soldeermaskers van starre printen, zijn coverlays meestal die-cut, net als de flexibele lagen die ze isoleren. De stapeling van een meerlaags flexibele print kan variëren over het oppervlak. Dat geldt vooral voor meerlaags flex, waar de vorm van de lagen onderling varieert. Een flexibel massa- of voedingsvlak wordt meestal gearceerd in plaats van volledig gevuld, zoals bij starre printen. De arcering reduceert de kans op breuk van de geleiders. Flexibele lagen kunnen ook worden afgeschermd met een laag koper- of zilverfolie. Maskering en opdruk van flexibele lagen is niet echt zeldzaam, maar wel ongebruikelijk. Rigid-flex PCB's zijn uiteraard een combinatie van starre en flexibele materialen. Rigid-flex is in feite een hybride combinatie van materialen en processen van zowel starre als flexibele printen. De twee materiaaltypen worden in het algemeen afzonderlijk verwerkt en later met elkaar verbonden tijdens het fabricageproces. De stapeling van lagen varieert meestal enorm over de print (**figuur 1**). Er kunnen rigid-flex gebieden zijn en ook verschillende combinaties van alleen star en flexibel enzovoort. Er bestaat ook verstevigd flex, waar kaal FR4 of ander star materiaal selectief wordt verbonden met flexibele substraten om ze star te maken. Het starre verstevigingsmateriaal heeft zelden geleiders.

Toepassingen van starre printen versus flex en rigid-flex

Starre printen zijn een fundamentele technologie in hedendaagse elektronische producten. Starre printen bieden mechanische integriteit, elektrische verbindingen en betrouwbaarheid, maar worden beperkt door hun tweedimensionale vorm. De vlakheid beperkt ontwerpers tot twee dimensies, wat de ontwerpflexibiliteit sterk beperkt, vooral als elektronische apparaten steeds kleiner worden. Flexibele printen worden gebogen om te profiteren van een driedimensionale ruimte, terwijl er toch componenten op zitten. Flexibele printen



Figuur 2. Rigid-Flex DFM-analyse die momenteel beschikbaar is in DFMStream van DownStream.

maken optimaal gebruik van de ruimte in de behuizing van elektronica mogelijk, maar daar zijn wel grotere kosten mee verbonden dan bij traditionele PCB's.

Starre en flexibele printen zitten in veel elektronische producten. Maar sommige toepassingen hebben meer voordeel van één type PCB. Starre printen zijn op hun plaats in producten zoals televisies, desktop-PC's, Blu-ray-spelers en andere grote elektronische producten. Flexibele printen zijn te vinden in smartphones, smartwatches, tablets, camera's, printers en laptops. Ze zijn essentieel voor medische implantaten zoals pacemakers, hoor-implantaten en ICD's. Ingewikkelde assemblages met meerdere, onderling met draden of kabels verbonden printen, worden vaak opnieuw ontworpen met rigid-flex-PCB's om de bedrijfszekerheid te verbeteren en te besparen op gewicht en ruimte. Dit werkt als katalysator voor veel militaire en luchtvaart-producten die worden ontworpen met rigid-flex. Een voorbeeld is een slimme kogel die zijn baan kan veranderen als het doel beweegt. De introductie van kleine SMD-halfgeleiders heeft geleid tot een revolutie van geminiaturiseerde nieuwe behuizingen. Vergelijk maar eens de Sony Walkman met een moderne boom box. Jarenlang werden flexibele printen alleen gebruikt om meeraderige kabels te vervangen. Iedereen kan zich nog wel herinneren hoe de kop van een matrix-printer werd aangesloten met een flatcable. De kop ging heen-en-weer over het papier en de kabel paste zich dynamisch aan voor het verbinden van de kop met het moederbord. De introductie van rigid-flex is niet zo'n game-changer als die van SMD-componenten, omdat het toepassingsgebied beperkt is en ook de kosten een rol spelen. We hoeven niet te rekenen op een nieuwe generatie van

desktop-PC's met rigid-flex-moederborden om de kosten te drukken. Maar geminiaturiseerde betrouwbare technologie zoals pil-camera's, opvouwbare telefoons of implantaten kunnen niet bestaan zonder rigid-flex-technologie.

Conclusie

Ontwerpers en fabrikanten hebben zich tot nu toe goed gered met beperkte toegang tot flex-specifieke DFM-analysetools. Maar flex en rigid-flex zijn intussen steeds meer gemeengoed geworden en de onderliggende technologie ontwikkelt zich voortdurend. Net als bij alle andere nieuwe technologieën, lopen de printontwerp en -analysetools daar achteraan. PCB-CAD-tools ondersteunen nu het ontwerp voor flex en rigid-flex, maar vaak ontbreekt nog de ondersteuning voor het doorgeven van de gegevens naar fabrikanten. Ook de meeste DFM-tools zijn nog onvoldoende geschikt voor het analyseren van fabricageproblemen bij flex- en rigid-flex-ontwerpen. Bij DownStream hebben we gelukkig een groot aantal gebruikers, die zich volledig op flex-ontwerpen hebben gestort en met ons samenwerken bij het ontwikkelen van een geschikte DFM-oplossing. We blijven met deze klanten werken om onze mogelijkheden voor DFM-analyse te verbeteren. Naast de ondersteuning van DFM-analyse die we in dit artikel beschrijven, zijn we onder meer van plan om de mogelijkheid toe te voegen de kans op breuken, zoals I-beaming, te analyseren en de 3D-visualisatie en DFM voor flex en rigid-flex in gebogen toestand te verbeteren (**figuur 2**). Dit zijn slechts enkele voorbeelden. Net als de onderliggende technologie moeten printontwerp en -analysetools zich permanent ontwikkelen om klantsucces te garanderen. Dat is een hoeksteen van DownStream's toewijding aan onze industrie. ◀