

EDA Round Table: Ist das 3D-Elektronik-Design schon auf der Höhe der Zeit?

Der Fachverband für Design, Leiterplatten- und Elektronikfertigung (FED e.V.) veranstaltete am 28. April 2021 einen „Virtuellen Runden Tisch“ mit den führenden EDA-Herstellern (EDA, Electronic Design Automation), an dem über 80 Personen teilnahmen. Folgende Fragen standen im Mittelpunkt der Diskussion: Was bieten aktuell die Elektronik-CAD-Werkzeuge an echter 3D-Entwurfsunterstützung? Ermöglichen sie es, die großen Vorteile der neuen 3D-Technologien voll auszuschöpfen? Wie sieht es mit den Entwurfswerkzeugen und den erforderlichen Datenformaten aus?

Dreidimensionale Elektronikkonzepte haben in den letzten zehn Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Leistungssteigerung, Miniaturisierung, funktionale Integration oder ergonomische Gerätekonzepte sowie eine einfachere Produktion lassen sich mit 3D-Elektronik optimal realisieren. Weiteres Potenzial bieten neue Materialien und Fertigungstechnologien wie der 3D-Druck, Embedding oder Kunststoffelektronik, die heute serientauglich sind. Die EDA-Hersteller der Top-5-eCAD-Systeme präsentierten in einer Kurzvorstellung ihre neuen 3D-Funktionen und -Highlights (Altium, Cadence, Siemens EDA-Mentor Graphics, Pulsonix, Zuken).

Hintergrund: Leiterplatte wird zum „Leiter-Körper“

In mehreren Branchen haben sich in den letzten Jahren die 3D-Elektronik-Technologien im Serieneinsatz etabliert. Getrieben vom Bedarf an mehr Leistung auf kleinem Bauraum, an steigenden Frequenzen, an höherer Zuverlässigkeit und ergonomischen Gerätekonzepten wird auch der Einsatz in moderner Industrieelektronik immer wichtiger.

Der Hauptvorteil der 3D-Elektronik besteht darin, dass anstelle der starren Leiterplatten elektronische Bauteile und Verbindungen auch auf der gewölbten Oberfläche eines Gehäuses montiert oder im Substrat bzw. Gehäuse eingebettet werden können. Das Ersetzen von einzelnen Leiterplatten mit Kabeln und Drähten durch eine integrierte Funktionalität bietet somit viele Vorteile:

- reduzierte Formfaktorbeschränkungen – kleinere Bauform
- reduziertes Gewicht, weil Leiterplatten, Stecker und Kabel entfallen
- Verbesserung der elektrischen Performance durch Reduktion parasitärer Verluste
- einfachere Montage von Elektronik, Beleuchtung, Sensoren, SMD-Komponenten
- höhere Zuverlässigkeit durch Einbetten von Elektronik in Träger oder Gehäuse – erhöht die Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse wie Feuchtigkeit und Vibration.

Der Begriff der 3D-Elektronik steht für die unterschiedlichen mehrdimensionalen Aufbau- und Verbindungslösungen, die sich mit unterschiedlichen Material- und Fertigungsverfahren umsetzen lassen. Neben den klassischen Flex- und Starrflex-Leiterplatten, wie sie bereits seit 50 Jahren zur mehrdimensionalen Integration verwendet werden, sind in den letzten Jahren eine ganze Reihe von neuen Aufbau- und Verbindungslösungen entstanden.

Verschiedene neue AVT-Lösungen mit 3D-Elektronik-Technologien

- IME – In Mould Elektronik
- MID – Spritzguss mit Leiterstrukturen (Mechatronic Integrated Device)
- Embedded PCB – Leiterplatten mit integrierten Bauteilen
- 3D-Hybrid-Druck, Aerosol-Druck, Jet-Printing
- FHE – Flexible Hybrid-Elektronik
- OA – Organische Elektronik, Träger mit integrierten Sensoren oder Aktoren
- Wearable, Stretchable Elektronik
- funktionale Träger, z. B. die Kombination von Elektronik und Fluidtechnik oder Optik

Die Generative Fertigung – 3D-Druck

Besonders interessant sind die sogenannten „Generativen Herstellungsverfahren“, weil sie keine Werkzeuge benötigen und die Elektronik praktisch direkt aus dem CAD-System gefertigt werden kann. (Abbildung 2 bei Bildern am Ende)

Digitaler Zwilling

Mit dem 3D-Drucker lassen sich sehr einfach Änderungen ohne neue Werkzeuge oder Variantenproduktionen mit Seriengröße 1 Stück herstellen. Hybride 3D-Drucker bieten die Möglichkeit, die elektrischen Materialien (Kunststoff, Keramik) und leitfähige Materialien in einem Gerät und einem Durchlauf herzustellen. In Kombination mit SMD-Bauteilen oder Silizium Dies lassen sich komplexe Mehrschichtaufbauten realisieren (Embedded Components).

3D-Elektronik benötigt individuelle eCAD-Software-Funktionalität

Viele Leiterplatten-CAD-Tools bieten heute Unterstützung für das Leiterplattendesign von *Starrflex-Leiterplatten*. Einige unterstützen auch bereits das Einbetten von Bauteilen (Embedding) oder sogenannte 2,5D-Technologien.

Für den 3D-Druck oder *Mechatronic Integrated Device* (MID) werden jedoch „echte“, also vollumfängliche 3D-Funktionalitäten von Mechanik und Elektronik benötigt. Bauteile müssen sich in allen Rotationen platzieren und die Anschlüsse mit Leiterbahnen verbinden lassen. Es gibt keine Lagen und Löcher und sie können auch quer durch den Verbindungsträger geführt werden. (Abbildung 3 unter Bilder am Ende)

Was müssen die CAD-Tools können, wie wird das Arbeiten im 3D-Raum unterstützt?

- kein fester Lagenbezug (endless layer, any angle traces)
- keine Vias, direkte Verbindung (vertical fanout for μ BGA or bare dies)
- twisted pair, koaxiale Schirmungen, Harness design

- vertikale Fläche, conductive 3D area (z. B. EMV-shielding LP-Rand)
- 3D line/spacing, 3D DRC, (z. B. min. Abstand zu Substratkontur)
- Beschreibung von „any-angle“ holes, tunnel
- Isolationsflächen, Berechnung von Pastenflächen
- 3D-Abstandsregeln, Isolationsstege, 3D-Soldermask u.v.a. m.
- Löcher quer oder längs zur Bauteilmontage
- Stege zur Vergrößerung der Kriechstrecken

Die interdisziplinären Aufgabenstellungen von Elektronik, Mechanik, Photonik, Robotik, Bionik, Sensorik u.v.a.m. werden sich in der Zukunft weiter rasant verstärken. Dafür wird auch für den CAD-Entwurf eine neue Denkweise für die Konstruktionswege von „Organischer Elektronik“ benötigt.

Interoperabilität der Systeme – Methodologisches Design – Design Thinking

Der EDA-Round Table verdeutlichte: Interoperabilität von eCAD-Tool zu mCAD-Tool, also das barrierefreie Umschalten zwischen den Tools, erweiterte Simulationsschnittstellen zur Feldsimulation direkt aus den EDA-Systemen aufrufbar, Thermo-Simulation und auch die Simulationen der deutlich komplexeren, individuellen und fertigungsspezifischen Designrules – all das wird für den Entwurf von 3D-Elektronik unbedingt benötigt. (Abbildung 4)

Diskutiert wurde auch, inwieweit „Künstliche Intelligenz“ den Technologie-Design-Flow unterstützen oder übernehmen könnte. Aus den Erfahrungen der letzten 20 Jahre in der EDA-Branche lässt sich jedoch sagen, dass eher nur versierte und erfahrene Elektronikdesigner die hohe Komplexität von den interdisziplinären Aufgabenstellungen optimal lösen können. Allerdings können intelligente, regel- und technologiegetriebene Tools die Arbeit der Entwickler dabei erheblich unterstützen.

Design Thinking

In der Konzeptphase ist oft gar nicht klar, welche der verschiedenen 3D-AVT-Lösungen denn überhaupt am besten geeignet ist. Wie beim „Design Thinking“-Prozess wird iterativ evaluiert, welche Lösung für die komplexe Aufgabenstellung optimal ist. Mit der Methode kann unter Abwägung von Wirtschaftlichkeit, Machbarkeit und Erwünschtheit eine überlegene Lösung entwickelt werden.

Auch hier sind Tools für die Simulationen und Verifikation zur Unterstützung für den Entwickler dringend erforderlich. Denn nicht jede 3D-Verbindungslösung lässt sich mit jeder der unterschiedlichen 3D-Technologien herstellen, bzw. umsetzen.

In der Diskussion wurde klar, dass alle beteiligten EDA-Hersteller in den letzten Jahren 3D-Features entwickelt haben, aber auf die Nachfrage des Marktes warten. Projekte wie das Embedding PCB Projekt „HERMES“ wurden bisher oft nur in Forschungsprojekten umgesetzt.

Die durchgeführte Umfrage innerhalb des Round Tables zeigt deutlich, dass die Tendenz für 3D-Elektronik in den letzten 3 Jahren erheblich zugenommen hat (Abbildung 5).

Der Paradigmenwechsel der Digitalisierung und „More than Moore“ stellen neue, weitergehende Anforderungen an die Leiterplatte sowie an die Aufbau- und Verbindungstechnik. Die Kombination von Digital- mit Analogtechnologie, die Verbindung vom Siliziumchip zu Analog- und Hochfrequenzbauteilen, von Hochvolt- und Hochspannungsbauteilen, zu Sensoren und Aktoren stellen in den nächsten Jahren große Herausforderungen an die Entwickler und auch die EDA-Tools. Immer häufiger wird eine Integration in die dritte Dimension benötigt.

Heterogene Integration mit 3D-Elektronik

Im BMBF-Forschungsprojekt „FreiForm“ entwickelte GED mbH zusammen mit dem Fraunhofer Institut IZM, Schaeffler und anderen Partnern Konzepte mit verschiedenen AVT-Lösungen für einen IoT-Sensor mit freier Formgebung. Die Partner entwickelten erfolgreich drei verschiedene Technologiedemonstratoren mit unterschiedlichem Integrationsgrad. Dank der „3D-dimensionalen“ FreiForm-Lösung wurde mittels 3D-CSP-Technologie ein „IoT-Multisensor“ inklusive BLE-Antenne und Energy-Harvesting mit einer Baugröße von nur 8 x 20 mm umgesetzt. (Abbildung 6)

Welche 3D-eCAD Datenformate werden benötigt?

Für die unterschiedlichen Fertigungsverfahren, wie 3D-Druck, 3D-CSP und Hybridflex werden Daten in den Formaten IDF, STL oder GDSII für die Produktion benötigt. Ein wichtiges Thema am Runden Tisch war daher auch die Erzeugung der unterschiedlichen 3D-Fertigungsformate. Die verschiedenen 3D-Technologien werden mit ganz unterschiedlichen Maschinen und Materialien hergestellt. Gerberdaten sind dazu nicht brauchbar. Z.B. benötigt der MID-Prozess einen Datensatz für das Gehäuse im STEP-Format und einen Datensatz für die Leiterbahnen im IDF-Format. In der Round-Table-Runde gab es unterschiedliche Meinungen, inwieweit das vom IPC propagierte Format IPC2581 künftig allen unterschiedlichen 3D-Anforderungen gerecht wird. In internationalen Normgremien wie DKE und IEC beteiligt sich der Arbeitskreis 3D-Elektronik aktiv an der Definition der Designregeln und Datenformate.

Ergebnis des EDA Round Table

Zur schnellen, erfolgreichen Entwicklung von komplexer 3D-Elektronik werden künftig regelbasierende, leistungsstarke CAD- und Simulationstools mit erweitertem Funktionsumfang dringend benötigt – die Hersteller sind zum Handeln aufgerufen. Die Teilnehmer erwarten von den EDA-Herstellern mehr Technologieunterstützung aus dem

CAD-Tool, angefangen bei einfachen Standard Regeln, wie z.B. IPC-Klassen 1/2/3 oder normierte Abstände für Spannungen und Leiterbreiten für die Leistungselektronik. Aber auch Technologieregeln für Technologien wie „In Mould Technologie (IME)“ oder „Embedded PCB“, und andere stehen auf der Wunschliste. Die Teilnehmer wünschen sich den „EDA Round Table“ in dieser Form ein- bis zweimal pro Jahr – zukünftig auch mit Beispielen von 3D-Funktionen, die life von den Herstellern gezeigt werden.

Eine Studie vom IDtechEx besagt, dass in den nächsten 5 Jahren eine Verdopplung des Marktes für 3D-Elektronik erwartet wird, bis 2030 sogar eine Verdreifachung. Der Bedarf ist da und die europäische Elektronikindustrie muss sich jetzt mit dem Thema befassen.

Links:

<https://www.fed.de/verband/arbeitskreise/arbeitskreis-3d-elektronik/>

Bilder:

Abbildung 1: 3-D-Elektronik



Abbildung 2: Zur 3D-Integration in der Elektronik stehen unterschiedliche neue AVT-Technologien zur Verfügung

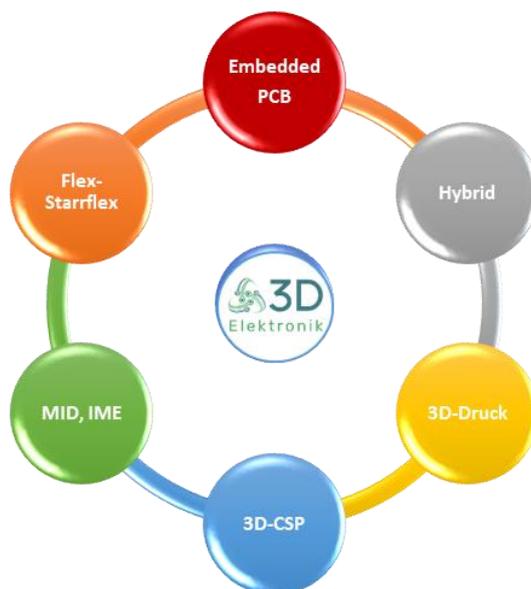


Abbildung 3: Sensorgehäuse mit USB-Stecker, kapazitiver Sensor, LED, Antenne hergestellt im 3D-Multimaterialdruck

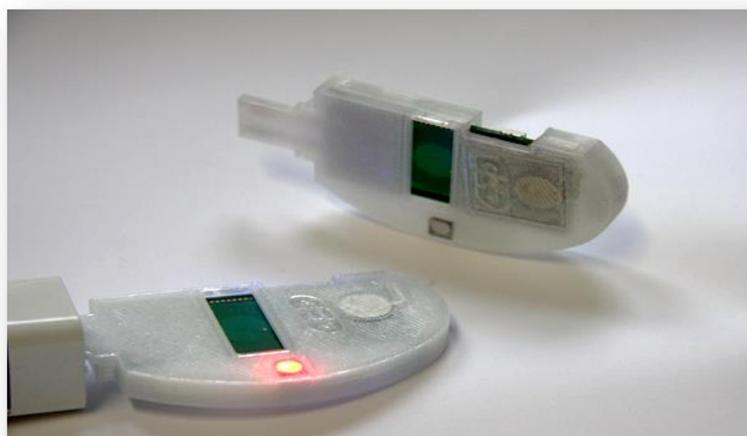


Abbildung 4:

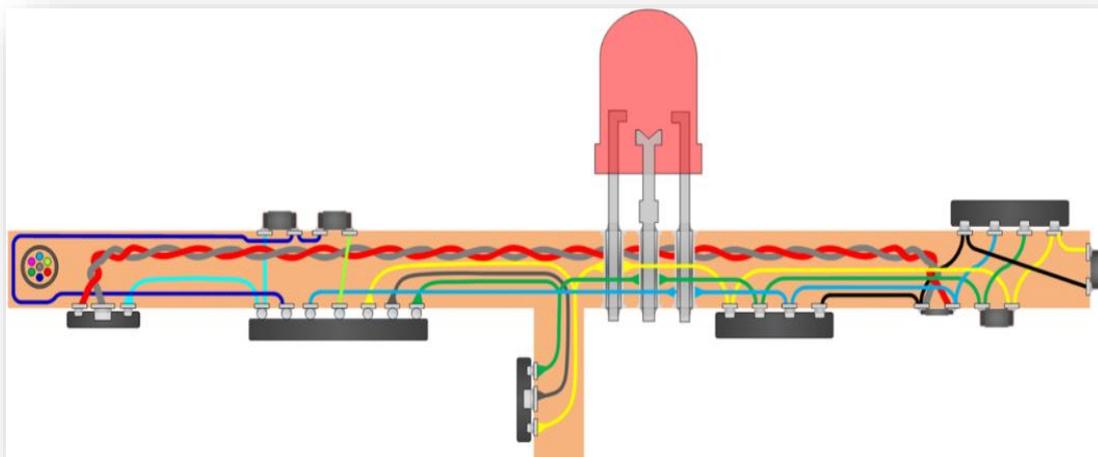


Abbildung 5: Umfrage

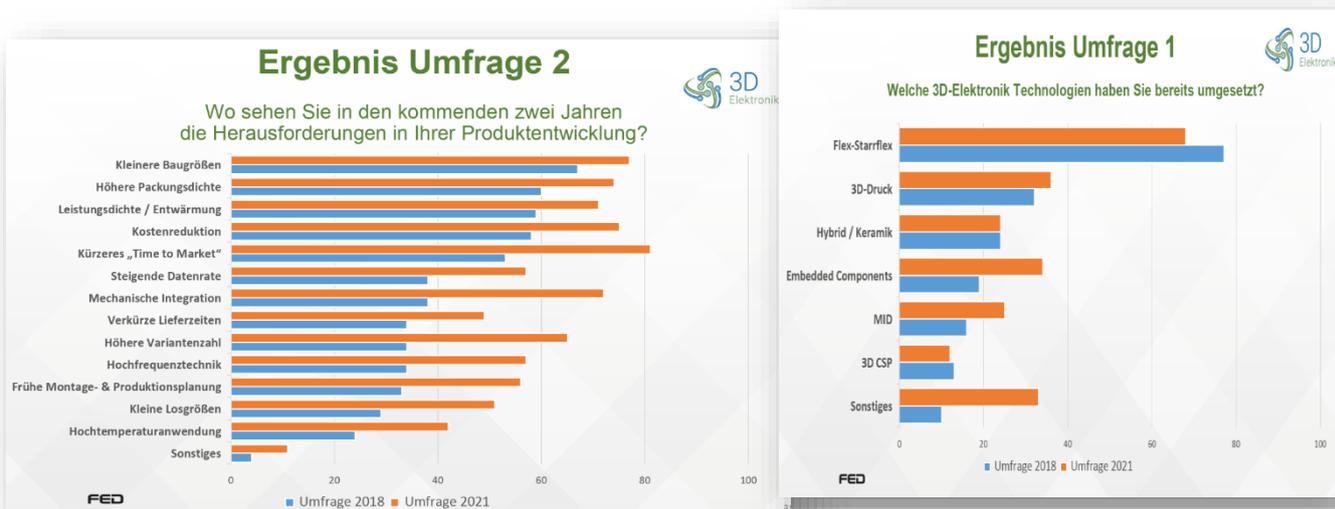


Abbildung 6

