

## vPrimePCBA

Virtual Prototyping of Reactive Injection Molding for Enhanced Sustainability of Printed Circuit Board Assemblies

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Produktionstechnologien, Produktionstechnologien, Schlüsseltechnologien für nachhaltige Produktion Ausschreibung 2023	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.04.2024	<b>Projektende</b>	31.03.2027
<b>Zeitraum</b>	2024 - 2027	<b>Projektlaufzeit</b>	36 Monate
<b>Keywords</b>	Medical Devices; Printed Circuit Board Assembly (PCBA); Virtual Prototyping; Computational Fluid Dynamics (CFD); Finite Elemente Methode (FEM)		

### Projektbeschreibung

vPrimePCBA strebt die Entwicklung, Implementierung und Validierung einer virtuellen Auslegung für verkapselte Elektronik mit Schutz gegen chemische Reinigung sowie Dampfsterilisation in der Medizintechnik an. Dies ermöglicht Best-Practices für die normativ geforderte Verifikation und Validation zu definieren.

Das Ziel von vPrimePCBA ist es die Effizienz des aktuellen Entwicklungsprozesses und der Fertigungserprobung für elektronische Medizinprodukte zu erhöhen und dadurch die Ressourcen- und Rohstoffnutzung nachhaltig zu reduzieren.

Im vorliegenden Fall des Produktionsprozesses der Verkapselung mit duroplastischen Formmassen ist der durch die Vernetzungsreaktion variierende Aushärtungsgrad und die damit verbundenen Einflüssen auf die Materialeigenschaften (Festigkeit, Steifigkeit, Viskosität) die treibende Kraft für eine hohe Belastung der Lötstellen von oberflächenmontierten Bauteilen (engl. Surface Mounted Devices, SMDs), welche folglich im Verkapselungsprozess brechen können.

Aus diesem Grund strebt vPrimePCBA eine innovative virtuelle Analyse der Leiterplattenbelastungen im Verkapselungsverfahren an, welche eine Beurteilung der Schädigung der Lötstellen moderner Ball Grid Array (BGA) oder Land Grid Array (LGA) Verbindungstechniken in einem bisher noch nicht realisierten Detaillierungsgrad ermöglicht. Dazu wird die numerische Strömungsmechanik (engl. Computational Fluid Dynamics, CFD) zur Nachbildung des Verkapselungsprozesses über geeignete Schnittstellen mit der thermo-mechanischen Finite Elemente Analyse von Leiterplattenbaugruppen (engl. Printed Circuit Boards, PCBAs) verknüpft. Durch Automatisierung in der Modellierung, Open-Source Software und Cloud-Computing soll eine, in der Praxis bisher noch nicht realisierte, Bewertung der Zuverlässigkeit von PCBAs und Lötstellen ermöglicht werden.

Abgerundet werden diese Ansätze durch eine umfassende Materialcharakterisierung sowie -modellierung da die Qualität der Materialdaten und der jeweiligen Materialmodelle die Grundvoraussetzung für die Gewinnung von aussagekräftigen und qualitativ hochwertigen Simulationsergebnissen ist.

Basierend auf der entwickelten Methodik kann eine virtuelle Optimierung des Component-Placing für den Verkapselungsprozess realisiert werden, welche aktuell nur durch einen sehr hohen Prüf- und Testaufwand realisiert wird.

Darüber hinaus ermöglicht die entwickelte Methodik die effiziente virtuelle Bewertung der Einführung von biobasierten Verkapselungsmaterialien als Alternative zu klassischen Duroplast-Materialien um maßgeschneiderte Lösungen, beispielsweise hinsichtlich Hautverträglichkeit und Recyclingfähigkeit, realisieren zu können.

Das etablierte Wissen und die virtuelle Auslegung der gesamten Prozesskette von verkapselten PCBAs ermöglicht eine dauerhafte Ressourceneinsparung bei der Neuentwicklung, Weiterentwicklung oder auch Designänderung von verkapselten PCBAs in der Medizintechnik bei gleichzeitiger Gewährleistung der hohen Anforderungen an Produktqualität und -zuverlässigkeit. Dadurch kommt es zu einer Steigerung der Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit am internationalen Markt. Ebenso ermöglicht vPrimePCBA, durch Reduktion der benötigten Designvariationen und der damit verbundenen Reduktion von physischen Tests, eine Reduktion der Ressourcen- und Rohstoffnutzung durch eine Einsparung von  $\approx 10000$  SMD sowie  $\approx 2000$  Through Hole Technology (THT) Bauteilen je entwickeltem PCBA und ein Gesamt-Energieeinsparungspotential von 684 kWh pro Jahr.

## **Abstract**

vPrimePCBA aims for the development, implementation and validation of a concept for virtual prototyping of encapsulated electronics with protection against chemical cleaning as well as steam pressure sterilization in the medical sector.

The objective of vPrimePCBA is to increase the efficiency of the current development process and production testing for electronic medical devices, and thus, to enable a sustainable use of resources and raw materials.

In the commonly implemented production process of encapsulating printed circuit board assemblies (PCBAs) with thermoset molding compounds the curing degree, which varies due the crosslinking reaction, and the associated changes of material properties (strength, stiffness, viscosity) are the driving force for high stresses in the solder joints of surface mounted devices (SMDs), which consequently can suffer from damage in the encapsulation process.

Therefore, vPrimePCBA seeks an innovative virtual analysis of the stresses induced by the encapsulation process. This enables the assessment of the stresses in the solder joints of modern ball grid array (BGA) or land grid array (LGA) interconnection techniques to an unprecedented level of detail. To this end, computational fluid dynamics (CFD) is linked to the thermo-mechanical finite element analysis of PCBAs via suitable interfaces to reproduce the encapsulation process. The automatization of the modeling process as well as the use of open-source software and cloud computing will enable an evaluation of the reliability of PCBAs and solder joints that has not yet been implemented in practice.

Enabled by extensive and thorough material characterization as well as suitable material models, which are the basic prerequisite for obtaining meaningful and high-quality simulation results, highly precise virtual predictions are achieved.

Based on the developed methodology for virtual prototyping, a virtual optimization of the component placement can be realized. Currently, this can only be realized with a very high testing and inspection effort.

Furthermore, the developed methodology enables an efficient virtual feasibility study for introducing bio-based encapsulation materials as an alternative to classic thermoset molding compounds to realize customized solutions, for instance regarding skin compatibility and recyclability.

The established knowledge along with the virtual design of the entire production process of encapsulated PCBAs enables a permanent saving of resources of PCBAs in medical technology while at the same time meeting the high standards of product quality and reliability. Thus, the efficiency and the competitive advantage of the consortia is increasing. Furthermore, by reducing the required design variations and the associated reduction of physical tests, vPrimePCBA enables a reduction in the use of resources and raw materials by saving  $\approx 10000$  SMD as well as  $\approx 2000$  through hole technology (THT) components per developed PCBA along with a total energy saving potential of 684 kWh per year.

### **Projektkoordinator**

- Polymer Competence Center Leoben GmbH

### **Projektpartner**

- "OTTRONIC" Regeltechnik Gesellschaft m.b.H.
- Elastic-Simulations GmbH