

Innovationsmanagement in der Elektronikindustrie
—
**Ansätze zur Verkürzung der Produktentstehungszeit
beim Einsatz der Multichip-Modul-Technologie**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Stefan Meyer
Dipl.-Wirtsch.-Ing.

geboren am 29. September 1964
von Deutschland

Angenommen auf Antrag von

Prof. F. Huber, Referent
Prof. Dr. G. Tröster, Korreferent

Kurzfassung

Wie kaum eine andere Branche wird die Elektronikindustrie durch eine nachhaltige Zunahme der Innovationsdynamik geprägt. Fortschreitende Miniaturisierung und drastisch steigende Leistungsfähigkeit kennzeichnen diese Entwicklung auf der technischen Seite.

Marktseitig drückt sich diese Dynamik in einer anhaltenden Reduktion der Produktlebenszeiten aus, was wiederum grossen Druck auf die Produktentstehungszeiten ausübt.

Vor dem Hintergrund der stetig zunehmenden technischen Ansprüche stossen konventionelle Verfahren der Elektronikproduktion teilweise schon heute an ihre Grenzen. Die Multichip-Modul-Technologie stellt eine vielversprechende Alternative dar, um auch den zukünftigen Anforderungen an Elektronikprodukte in bezug auf Miniaturisierung und Funktionalität zu genügen. Bei diesem Verfahren werden die integrierten Schaltkreise unverpackt, d. h. ohne Gehäuse auf ein Substrat aufgebracht, elektrisch kontaktiert und anschliessend gemeinsam in einem Modul verpackt. Durch dieses Vorgehen lassen sich Fläche, Volumen und Gewicht elektronischer Schaltungen stark reduzieren und die realisierbaren Taktfrequenzen deutlich erhöhen.

Der Einsatz dieser Technologie stellt aber ein grosses Risiko bezüglich der realisierbaren Produktentstehungszeiten dar.

In dieser Arbeit wird zunächst der Wandel in der Elektronikindustrie untersucht. Dabei steht neben den technischen Veränderungen besonders die Bedeutung der Produktentstehungszeit im Zentrum der Untersuchungen. Dann wird die MCM-Technologie mit ihren Haupttechnologieelementen – Substrattechnologie, Verbindungstechnik, Gehäusetechnik – vorgestellt.

Anschliessend werden zwei besonders zeitkritische Produktentstehungsprojekte aus der Schweizer Industrie analysiert. Die leitende Fragestellung, die dieser Analyse zugrunde liegt, lautet: Welche Zeitfenster stehen beim Einsatz der MCM-Technologie für die verschiedenen MCM-Aktivitäten zur Verfügung, wenn sich die Produktentstehungszeit gegenüber dem Einsatz konventioneller Technologien nicht erhöhen soll?

Für die beiden untersuchten Projekte kann diese Zeitspanne mit jeweils zwölf Wochen angegeben werden.

Im nächsten Kapitel werden die Ergebnisse von zwei internationalen MCM-Umfragen diskutiert. Diese internationalen Umfragen knüpfen unmittelbar an die vorgängig erwähnte Fragestellung an. Dabei wurde die Frage jedoch

aus einem anderen Blickwinkel untersucht: Welche MCM-Produktentstehungszeiten können – je nach Technologievariante – heute von industriellen Anbietern realisiert werden? Mit welchen Massnahmen können kurze MCM-Produktentstehungszeiten erreicht werden?

Im nächsten Hauptkapitel werden verschiedene Ansätze und Massnahmen zur Verkürzung der Produktentstehungszeit beim Einsatz der MCM-Technologie vorgestellt. Diese Ansätze berühren sowohl technische Aspekte als auch Projektmanagement-Aspekte. Auf der Ebene der übergeordneten Produktentwicklungsstrategie empfiehlt sich eine konsequente Ressourcenplanung und Projektstaffelung. Dieser Ansatz trägt dem Polyvalenz- und Effizienzkriterium Rechnung, die bei MCM-Produktentstehungsprojekten von besonderer Bedeutung sind. Für die Projektorganisation wird die Bildung eines 'hochkarätigen Teams' empfohlen. Die autonome Projektorganisation sollte die Ausnahme bilden und nur für Projekte mit ausgesprochen hoher zeitlicher Priorität gewählt werden. Für die Projektteamzusammensetzung wird ein konkreter Vorschlag vorgestellt, der so konzipiert wurde, dass alle relevanten Sichtweisen im Kernteam des Produktentstehungsprojektes vertreten sind. An die fachliche Qualifikation und an die Sozialkompetenz des Projektleiters werden bei diesem Vorschlag überdurchschnittliche Ansprüche gestellt.

Die weiteren Massnahmen lassen sich in Hilfsmittel und Vorgehensempfehlungen gliedern. Bei den Hilfsmitteln, deren konsequenter Einsatz dringend angeraten wird, handelt es sich um ein Time-to-Market-Modell und um eine 'Return Map'. Beide Hilfsmittel erleichtern die anfallenden Tradeoff-Entscheidungen im Spannungsfeld zwischen Kosten und Zeit. In bezug auf die Auswahl geeigneter MCM-Entwicklungswerkzeuge werden sowohl technische als auch übergeordnete Systemaspekte zusammengestellt, die bei der Systemauswahl beachtet werden sollten. Darüber hinaus werden verschiedene Auswahlinstrumente zur Technologiewahl vorgestellt.

Durch die entwickelten Vorgehensempfehlungen wird ein konsequentes Überlappen der verschiedenen Einzelaktivitäten sowie ein frühzeitiges Einbringen und Ausnutzen der 'unscharfen' Informationen im Produktentstehungsprozess angestrebt. Die einzelnen Vorgehensempfehlungen sind in den Prozess der Technologie-, Komponenten- und Gehäuseauswahl eingebettet. Eine dieser Empfehlungen zielt auf eine frühzeitige Berücksichtigung der Komponenten-Beschaffungszeiten bei der Überführung der Schaltung in ein physikalisches Design ab. Dazu wurde ein Hilfsmittel entwickelt, das die beschaffungszeitorientierte Bewertung der unterschiedlichen Partitionierungsvarianten ermöglicht.

Daneben wurden konkrete Vorgehensempfehlungen für den Handlungsstrang 'Layout - Substratgrösse - Packagingwahl' entwickelt. Dabei soll nach Möglichkeit dem Einsatz normierter Standardgehäuse der Vorzug gegenüber den kundenspezifischen Gehäusen gegeben werden.

Abschliessend wird dann ein Modell vorgestellt, das den Produktentstehungsprozesses mit Multichip-Modul-Technologie abbildet. Damit kann die Wirksamkeit der entwickelten Ansätze und Massnahmen quantifiziert werden. Das Modell dient als Grundlage zur Szenariobildung. Die erstellten Szenarios erlauben die Abschätzung der Wirksamkeit unterschiedlicher Ansatz-Kombinationen unter Festlegung beliebiger Randbedingungen. Einige Szenarios wurden exemplarisch entwickelt und zeigen die Wirksamkeit der entwickelten Ansätze beispielhaft auf.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Produktentstehungsprojekte mit MCMs heute auch aus zeitlichen Gesichtspunkten in konkurrenzfähige Bereiche vorstossen können. Eine konsequente zeitorientierte Ausrichtung des gesamten Produktentstehungsprozesses ist jedoch beim Einsatz dieser Technologie unerlässlich.

Abstract

The electronic industrial sector unlike most industrial sectors is affected greatly by the ever changing and dynamic market, which requires greater and ever more frequent innovations. On the technical side this development is characterized by a progressive miniaturization and a drastically increased performance of electrical devices. On the market side this dynamic expresses itself in an ongoing reduction of product life cycles, which exerts extreme pressure on product development times. Conventional electronic production technologies are already stretched to their limits due to the ever increasing demands put on them. The multichip module (MCM) technology represents a promising alternative to conventional technologies and most likely can meet the future demands placed on electronic products, with regard to miniaturization and performance. MCM technology consists of multiple naked ICs (integrated circuits or so called "bare dice"), which are placed on a substrate and connected electrically before being assembled in a common package. This approach reduces the footprint, volume and weight of the module significantly and results in a noticeable increase in clock frequency. The main drawback to this technology is the risk of longer product development times in comparison with present day technology. Firstly this paper analyses the changes that are taking place within the electronic industry with emphasis on product development times. Next MCM technology is presented which consists of substrate, interconnection and packaging technology. In the following chapter, two swiss product development projects are analyzed. Product development times were a crucial issue in both cases. The main question addressed here is: when MCM technology is applied, how much time is available for the different MCM activities with the condition that total project development time may not be longer than when conventional technologies are used? It was found that for both projects no more than 12 weeks could be accepted. The results of two international MCM surveys are discussed in the fifth chapter and address the question mentioned above. This time the question was examined from another point of view: what sort of MCM product development times, according to the kind of MCM technology being employed, can be realized, and once the technology is chosen which measures have to be taken in order to ensure short product development times? In the following chapter a set of approaches and measures that enable the acceleration of product development projects using MCM technology are presented. This set includes technical as well as project management related approaches and measures. At a higher level of product development a strict

planning of resources and staggering of projects is recommended. This approach takes into account the criteria of polyvalence and efficiency, which are of special significance in MCM product development projects. It is recommended for the project organisation to establish a "high calibre team". The completely autonomous project team should only be considered if time is absolutely paramount. A definitive proposal for the make up of the core project team, which consists of all the relevant disciplines is presented. This proposal puts high demands on the professional competence as well as the social skills of the project team leader.

The following measures can be divided into aids and recommended procedures. Aids consist of a time to market model and a return map. Their strict use is strongly recommended. The above mentioned measures facilitate the handling of trade off decisions between time and cost. To select suitable electronic design automation (EDA) tools a set of technical as well as design process aspects are put together. Different instruments serve as a further aid to help make the MCM technology decision easier. Through the developed procedures a strict overlapping of the different single activities as well as an early contribution and use of the blunt information out of the process of product development will be striven for. The recommended procedures are built into the selection process for technology, components and packaging. One of these recommendations aims at an early evaluation of the relevant component procurement times at the same time as the logical design is being transferred into a physical design. A special tool enabling the early assessment of various partitionings depending on the corresponding component procurement times has been developed. In addition precise recommendations for the sequence "layout, substrate size and packaging choice" were developed. Standard packages should be selected whenever possible. Finally a model is presented, that is based on the process of making an MCM. This model allows the assessment of the effectiveness of the various approaches and measures. The model is a base tool which is used to test different scenarios. These scenarios allow us to assess the effectiveness of a single approach or a combination of approaches for a given set of boundary conditions. A number of scenarios were tested which give the reader an idea of the effectiveness of the presented approaches and measures. In summary it may be said that product development projects with MCM technology can also be competitive when time is a major factor. To achieve this, a strictly time oriented organization of the whole product development process is imperative.