IPC-6011, IPC-6012B, IPC-A-600G: Für Leiterplatteneinkauf, Fertigung und Abnahme

Das internationale Richtlinien-Trio

Unabhängig davon, wo eine Firma Leiterplatten einsetzt oder fertigen lässt – ob in Deutschland, Europa oder Asien – immer steht dieselbe Frage: Nach welcher Methodik entwickle ich optimale standardisierte Abläufe für die Beschaffung, Herstellung und Abnahme von Leiterplatten? Der IPC gibt dazu mit seinen Richtlinien messbare Hilfe. Der FED hat die wichtigsten Dokumente ins Deutsche übersetzt.

Auf der einen Seite steht der Leiterplattenanwender: Er muss sich zunächst selbst klar werden, was für die Formulierung der Bestellung einer Leiterplatte wichtig ist, so dass der Hersteller ohne Probleme sofort versteht, was und in welcher Qualität gefordert ist. Nach Fertigstellung des Produktes braucht der Auftraggeber dann Beurteilungskriterien, anhand derer er möglichst ohne großen Anfangsaufwand feststellen kann, ob das bestellte Produkt auch seinen Wünschen entspricht.

Auf der anderen Seite gibt es den Leiterplattenhersteller: Er ist aus Effektivitätsgründen ebenfalls darauf bedacht, mit dem Kunden dieselbe „technische" Sprache zu sprechen, damit der Auftrag zügig und problemlos abgewickelt und vor Auslieferung auch qualitätsmäßig geprüft werden kann – möglichst nach einheitlichen und beiden – dem Kunden und dem Hersteller – geläufigen Grundsätzen.

Mit zunehmender Internationalisierung bzw. Globalisierung der Beziehungen zwischen Leiterplattenkunden und -herstellern wird es zunehmend schwieriger, sich gegenseitig auf Anhieb klar zu machen, was man voneinander will.

Der amerikanische Fachverband IPC hat sich bereits seit einer Reihe von Jahren darauf konzentriert, die Beziehungen zwischen Kunden und Lieferanten auf eine tragfähige, allgemein verständliche und möglichst aktuelle Basis zu stellen. Er hat dafür ein Richtlinienpaket entwickelt, das vom Design über die Leiterplattenfertigung bis zur Baugruppenfertigung reicht (**Bild 1**). Es wird in überschaubaren zeitlichen Abständen an die technologische und konstruktive Entwicklung der Leiterplatten angepasst. Dieses Vorgehen zahlt sich jetzt im Zeitalter der Globalisierung zunehmend für die gesamte internationale Elektronikindustrie aus.

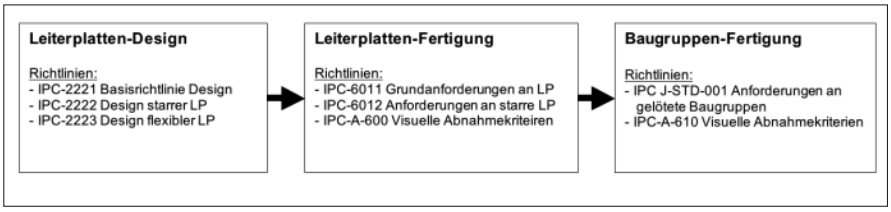

Bild 1: Kernrichtlinien des IPC für Design, Leiterplatten- und Baugruppenfertigung

Der Fachverband Elektronik-Design e.V. hat die aktuellen Ausgaben der IPC-Richtlinien ins Deutsche übersetzt und bietet diese jetzt den Unternehmen zur Rationalisierung und Systematisierung ihrer Arbeit an (**Tabelle 1**).

Da die englischen Ausgaben derselben Richtlinien auch in anderen Ländern eingesetzt werden, ist zwischen deutschen Unternehmen und den anderen beteiligten Seiten selbst bei eingeschränkten Fachenglisch-Kenntnissen der deutschen Seite eine bessere Kommunikation möglich, da der Richtlinieninhalt besser verstanden werden kann.

Die in Tab. 1 und Abb. 1 genannten Richtlinien IPC-6011 und IPC-6012B gehören zur Richtlinien-Familie IPC-6010 (**Bild 2**), die die Leistungsspezifikationen (Performance Specifications) für die unterschiedlichen Leiterplattenarten umfasst. IPC-6010 und IPC-A-600G bilden zusammen das Basis-Leiterplattenpaket des IPC.

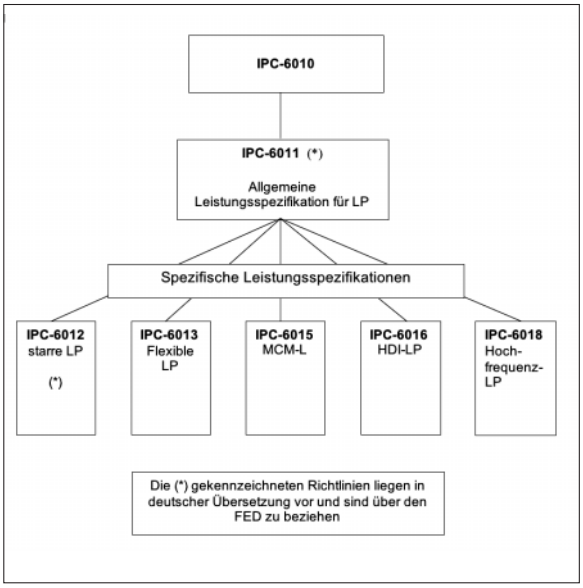

Bild 2: Struktur und Hierarchie der IPC-Richtlinien für Qualifizierungs- und Leistungsspezifikationen von Leiterplatten (6010-Serie)

AUTOR
Dr. Hartmut Poschmann,
FED

all-electronics.de
ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG

Entdecken Sie weitere interessante Artikel und News zum Thema auf all-electronics.de!

Hier klicken & informieren!

Einsatzbereich	Nummer	Titel	Herausgabe der englischen Ausgabe	Herausgabe der deutschen Ausgabe
Design	IPC-2221A	Allgemeine Richtlinie für das Design von Leiterplatten	Mai 2003	In der neuen FED-Design-Richtlinie FED-22-02A März 2006
	IPC-2222	Fachbereichsrichtlinie für das Design starrer Leiterplatten	Februar 1998	In der neuen FED-Design-Richtlinie FED-22-02A März 2006
	IPC-2223A	Fachbereichsrichtlinie für das Design flexibler Leiterplatten	Juni 2004	Dezember 2004 bzw. in FED-22-02A (siehe oben)
Leiterplatten-fertigung	IPC-6011	Allgemeine Leistungsspezifikation für Leiterplatten	Juli 1996	Oktober 2004
	IPC-6012B	Qualifikation und Leistungsspezifikation für starre Leiterplatten	August 2004	August 2005
	IPC-A-600G	Abnahmekriterien für Leiterplatten	September 2004	September 2005
Baugruppen-fertigung	IPC J-STD-001D	Anforderungen an gelötete elektrische und elektronische Baugruppen	Februar 2005	März 2006
	IPC-A-610D	Abnahmekriterien für elektronische Baugruppen	Februar 2005	Dezember 2005

Tabelle 1: Bereitstellung der aktuellen Kernrichtlinien des IPC in Deutsch

Richtlinien-Familie IPC-6010

Ebenso wie IPC J-STD-001 für die Baugruppenfertigung formuliert die Familie IPC-6010 die Anforderungen an die Leiterplatten selbst sowie die Anforderungen an die Qualitätssicherung, die für die erfolgreiche Abwicklung der Bestellung eingehalten werden müssen.

Innerhalb der Familie IPC-6010 gehen die Richtlinienerarbeiter hierarchisch vor:

IPC-6011 ist das Basisdokument (Generic Performance Specification for Printed Boards) und enthält als „Allgemeine Leistungsspezifikation für Leiterplatten" Grundsätze, die für alle Arten von Leiterplatten gültig sind, also starre, flexible, HDI-Leiterplatten usw. Dazu gehört beispielsweise die Einteilung der Produkte nach den drei Leistungsklassen 1, 2, 3. Diese leiten sich aus den Einsatzbedingungen der fertigen Elektronikgeräte, also den „Feldbedingungen" ab. Die Klasseneinteilung zieht sich wie ein rotes einheitliches Band durch alle wesentlichen IPC-Richtlinien. In Abhängigkeit von der durch den Kunden an den Hersteller vorzugebenden Produktklasse vergrößern oder verringern sich auch die Anforderungen an die Qualitätsmerkmale der Leiterplatte, kann also theoretisch teurer oder billiger produziert werden. Hieraus folgt, dass man durch bewusste definierte Einordnung des Produktes durchaus Kosten sparen kann.

Die weiteren Richtlinien der Familie IPC-6010 präzisieren die spezifischen Forderungen an einzelne Leiterplattenarten (**Bild 2**). Die Richtlinie IPC-6012B „Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards" (Qualifikation und Leistungsspezifikation für starre Leiterplatten) untersetzt die in IPC-6011 zusammengefassten allgemeinen Forderungen an Leiterplatten durch die spezifischen Forderungen für starre Leiterplatten (**Tabelle 2**).

Die 44-seitige IPC-6012B wurde im November 2004 herausgegeben. Sie weist inhaltlich erhebliche Veränderungen gegenüber dem Vorgänger IPC-6012A auf. Diese beziehen sich entsprechend dem Technikfortschritt z. B. auf Oberflächenbeschichtungen, Loch- und Restringabmessungen, Ausbrüche, BGA-Anschlusspattern, minimale innere und äußere Kupferleiterdicke, Tests für Wärmebelastbarkeit der Leiterplatte.

Ein Beispiel: Zu Punkt 3.5.3.2 heißt es in der Richtlinie:

Leiterdickenreduzierung: Die zulässige Reduzierung der minimalen Leiterdicke aufgrund von einzelnen Fehlern (z. B. Kantenrauhigkeit, Kerben, Nadellöcher und Kratzer), darf 20 % der minimalen Leiterdicke bei den Klassen 2 und 3, sowie 30 % bei Klasse 1 nicht überschreiten.

Auch in der Luft- und Raumfahrt als auch der Militärtechnik werden IPC-6011 und IPC-6012B offiziell zunehmend eingesetzt. Zum Beispiel sind in einer Extra-Anlage zum Dokument in einer fünfseitigen Tabelle die spezifischen Anforderungen an Leiterplatten für Luft-, Raumfahrt und Militärelektronik, die über Klasse 3 hinausgehen, als Klasse 3/A aufgenommen. Anlage A fasst in einer 6-Seiten-Tabelle die Leistungsanforderungen an Leiterplatten – wieder unterteilt nach den Klassen 1, 2, 3 – straff und übersichtlich zusammen.

Der FED hat die Richtlinien IPC-6011 und IPC-6012B in Deutsch herausgebracht, weil diese beiden Dokumente die überwiegende Mehrheit der in Deutschland eingesetzten Leiterplatten betreffen, also auch starre Multilayer.

IPC-A-600G kontrolliert die Einhaltung der Qualität

Für die Qualitätsbeurteilung der fertigen Leiterplatten, also den Abnahmeprozess, dient das andere Dokument des Paketes:

Gliederungspunkt	Inhalt
3.2.6.8	Galvanisches Kupfer
3.2.8	Polymerbeschichtung (Lötstopplack)
3.2.10	Bezeichnungsdruckfarben
3.3.2.1	Fleckenbildung
3.3.2.3	Delaminierung
3.3.2.6	Kratzer, Dellen, Bearbeitungsspuren
3.3.5	Kennzeichnung
3.3.6	Lötbarkeit
3.3.8	Randsteckverbinder
3.5.1	Leiterbahnbreite und -dicke
3.5.2	Leiterbahnabstand
3.5.3.1	Leiterbreitenreduzierung
3.5.3.2	Leiterdickenreduzierung
3.5.4.2	Lötfähige Anschlussflächen für SMD-Bauelemente
3.5.4.2.2	Runde Anschlussflächen für BGA
3.5.4.3	Drahtbondanschlussflächen
3.7.1-3	Lötstopplackabdeckung, -haftfestigkeit, -dicke

Tabelle 2: Auszüge aus der Gliederung von IPC-6012B

IPC-A-600G. Der IPC brachte diese neue 125-seitige Fassung als Nachfolger von IPC-A-600F im Juli 2004 heraus. Die Richtlinie enthält eine Zusammenstellung von Abnahmekriterien, die bei der visuellen Qualitätskontrolle innerer und äußerer Fehler von Leiterplatten eine Rolle spielen. Die Beurteilung der Qualität der Leiterplatten erfolgt auch anhand ihrer Zuordnung zu den bereits vorn erwähnten drei Produktklassen. Einen Auszug aus Kapitel 2 „Rissbildung“ (Crazing) zeigt **Bild 3**.

Die Richtlinie enthält eine große Anzahl farbiger Aufnahmen von Leiterplattenausschnitten, zeichnerischen Prinzipdarstellungen, mikroskopischen Aufnahmen und Schliffdarstellungen, ergänzt durch textliche Erläuterungen und Parametertabellen. Mehr als 80 neue bzw. überarbeitete Bilder und Illustrationen geben in der gegenüber dem Vorgänger IPC-A-600F stark überarbeiteten Fassung zusätzliche oder veränderte Informationen zur Produktabnahme. Das betrifft u. a. abgehobene Anschlussflächen und Leiterzüge, Restringanforderungen, Unterätzen, Folienunterbrechungen, flexible Leiterzüge und die minimale Dicke für Leiterzüge. IPC-A-600G (**Tabelle 3**) läuft synchron mit den Abnahmeforderungen in IPC-6012B und IPC-6013A.

Das 3-Klassen-Produktsystem des IPC

Da die Einteilung der Produkte in drei Leistungsklassen in Europa noch vielfach unbekannt ist, soll nachfolgend kurz darauf eingegangen werden. Die Klassenzuordnung wird durch den Entwickler in Abhängigkeit von den Einsatzanforderungen an die Finalerzeugnisse vorgenommen. Diese Einteilung zwingt die Unternehmen, sich intensiv zusätzliche Gedanken über die konkreten tatsächlichen Einsatzanforderungen ihrer Geräte und den dafür zu treibenden technischen Aufwand (und damit über die Kosten) zu machen.

Die drei allgemeinen Klassen wurden festgelegt, um das progressive Voranschreiten in Technologie, funktionalen Leistungsanforderungen und Test-/Inspektionshäufigkeit widerzuspiegeln. Es sollte bei der Nutzung der Klassen aber beachtet werden, dass es eine Überlappung der Gerätekategorien zwischen

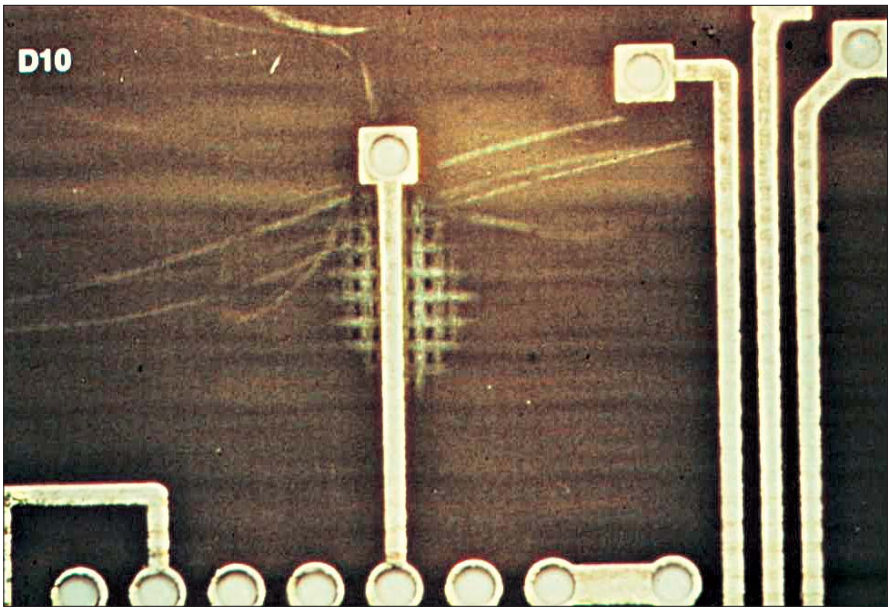

Bild 3: Beispiel für Rissbildung und die dazugehörigen Abnahmekriterien (Pkt. 2.3.2 von IPC-A-600G) Zulässig – Klasse 2, 3:

- **Der durch Fehler reduzierte Abstand zwischen Leiterbildern ist nicht geringer als der Mindestleiterabstand.**
- **Der Bereich der Rissbildung beträgt nicht mehr als 50 % des Abstandes benachbarter Leiterbilder, die nicht elektrisch verbunden sind.**
- **Keine Ausbreitung der Fleckenbildung als Ergebnis thermischer Tests, welche die Wärmebelastungen des Fertigungsprozesses nachbilden.**
- **Rissbildung an der Leiterplattenkante reduziert nicht den Mindestabstand zwischen Leiterplattenkante und Leiterbild, oder, falls nicht vorgeschrieben, sollte dieser mindestens 2,5 mm (0,0984“) betragen.**

den verschiedenen Klassen geben kann. Der Benutzer der IPC-Richtlinien ist dafür verantwortlich, dass er im Vertrag oder in der Bestellung für jede Leiterplatte oder für jede Baugruppe auch die erforderliche Leistungsklasse spezifiziert. Er muss jegliche Ausnahmen bei speziellen Parametern angeben, soweit dies angebracht ist. Die Aufteilung erfolgt in drei Klassen.

Äußere Beurteilungsmerkmale wie
Kanten, Basismaterial-Oberfläche, Delaminierung, Blister, Einschlüsse, Zinn-Blei-Beschichtungen, Durchkontaktierungen, unplattierte Bohrungen, gedruckte Kontakte und Kontaktkämme, Markierungen, Lötstopmasken, Abmessungskennwerte für Leiterzugbreiten- und -abstände, Ebenheit, Bohrungen
Innere Beurteilungsmerkmale wie
Delaminierung, Blister, Harzaustritte, Fehlstellen, Hinterätzungen bei den dielektrischen Materialien, allgemeine Kennwerte des Leiterbildes, Kennwerte der verschiedenen Arten von durchkontaktierten Bohrungen
Beurteilungsbesonderheiten der einzelnen Leiterplattentypen wie
flexible und starr-flexible Leiterplatten, Leiterplatten mit Metallkern,
Testarten und Testhinweise wie
elektrische Integrität, Lötbarkeit

Tabelle 3: Aus dem Inhalt von IPC-A-600G

Klasse 1: Gewöhnliche Elektronikprodukte (General Electronic Products)

Die Hauptforderung an die Produkte dieser Klasse ist, dass die fertige Baugruppe nach Erwerb funktioniert. Hierunter fallen Produkte der Konsumgüterindustrie, einige Computer und zugehörige Peripheriehardware, bei denen oberflächliche Unzulänglichkeiten der Leiterplatten oder Baugruppen nicht von Bedeutung sind und die Hauptforderung das Funktionieren der fertig bestückten Baugruppe bzw. des Gerätes ist.

Klasse 2: Zweckbestimmte Elektronikprodukte (Dedicated Service Electronic Products)

Hierunter fallen Produkte, für die kontinuierliche Leistung und verlängerte Lebensdauer gefordert sind und unterbrechungsfreier Betrieb erwünscht, aber nicht kritisch ist. Die typische Anwendungsumgebung bewirkt keinen Ausfall. Bei-

spiele: Produkte aus der Kommunikationstechnik, Geräte und Instrumente. Bestimmte oberflächliche Unzulänglichkeiten bei Leiterplatten können toleriert werden, andere wiederum nicht.

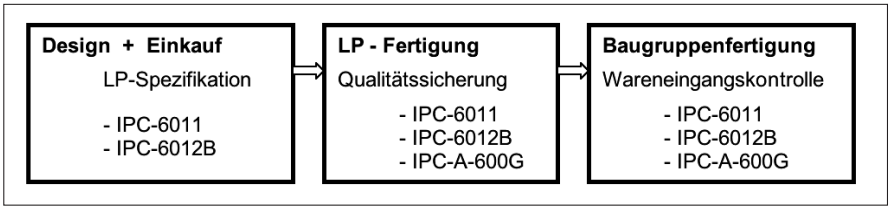

Bild 4: Einsatzbereiche von IPC-6011, IPC-6012B, IPC-A-600G in den Unternehmen

Klasse 3: Hochleistungselektronik (High Performance Products)

Hierunter fallen Produkte, für die kontinuierliche Hochleistung oder Leistung auf Abruf kritisch ist, bei denen ein Funktionsausfall nicht toleriert wird, die Endanwendungsumgebung besonders harsch sein kann, und das Gerät jederzeit funktionsfähig sein muss. Beispiele: So wie lebenserhaltende oder ähnlich kritische Systeme. Ein Funktionsausfall in solchen Einsatzgebieten wie lebenserhaltenden Einheiten, Flugüberwachungssystemen, bestimmter Militärtechnik und Raumfahrt ist nicht zulässig. Leiterplatten und Baugruppen dieser Klasse sind geeignet für Anwendungen in Bereichen, für die hohe Sicherheitsstandards vorgeschrieben sind und das Funktionieren eine wesentliche Rolle spielt.

Bild 4 soll zum Abschluss demonstrieren, wo die Haupteinsatzgebiete der drei Richtlinienübersetzungen in der Entstehungskette von Elektronikgeräten liegen.

Interessenten können alle genannten Richtlinien über die FED-Geschäftsstelle beziehen. Weitere Informationen zum Inhalt und zu den Bezugsbedingungen: info@fed.de, www.fed.de, Rubrik Normen/Dokumente, FED-Shop.

FED Kennziffer 413

Fax +49/30/8 34 18 31
www.fed.de