

Wirtschaftlicher Test von elektronischen Flachbaugruppen mit Fakten und Zahlen

Der Fertigungsprozess bei der Bestückung und Lötung von elektronischen Flachbaugruppen kann leider nicht fehlerfrei erfolgen. Deshalb ist eine hundertprozentige Prüfung der elektronischen Flachbaugruppen notwendig. Über viele Jahre hinweg bis heute ist versucht worden, diese Fehler mit dem Funktionstest festzustellen, in vielen Fällen selbstgebaute Lösungen mit Schaltern und Ablaufsteuerungen, die bereits den Computer nutzen. Leider wird ein beträchtlicher Teil der wirklichen Fertigungsfehler mit dieser Methode nicht erkannt; die Fehlersuche ist extrem aufwendig und kann nur von hoch qualifiziertem Personal durchgeführt werden. So sind sehr oft bei einer typischen Fehlerrate zwischen 3% und 40% Prüfzeiten und Instandsetzungszeiten der defekten Baugruppen von typisch 20 bis 30 Minuten zu erwarten. Wenn die Baugruppe dann noch einen Material- und Arbeitswert von unter 20 Euro hat, sind die Kosten so hoch, dass es teilweise unwirtschaftlich wird, die Instandsetzung vorzunehmen.

Tatsächlich sind viele alte, aber auch neue Testsysteme im Markt, welche weit über jedem wirtschaftlichen Faktor liegen. Wir möchten nachfolgend den Test einer Baugruppe mit typisch 500–600 Bauteilen und ca. 380 Netzen (Leiterbahnzügen) betrachten, einer heute in vielen Firmen üblichen Baugruppe. Fast 85% der in Deutschland gefertigten elektronischen Flachbaugruppen gehören in diesen Bereich. Die Investition für ein solches Testsystem hat sich in der heutigen Zeit stark verändert; deshalb sollen die alten Zahlen, die immer wieder herumgeistern, ein für alle Mal ausgelöscht werden:

1	kombiniertes Testsystem mit analogem und digitalem Funktionstest mit 384 Incircuit- und Funktionskanälen zum Testen einer elektronischen Flachbaugruppe mit 500–600 Bauteilen und 380 Netzen
1	umfangreiche Systemsoftware mit Oberflächenprogrammierung, Statistik, Vernetzungsmöglichkeiten und Nutzung von Servern für Programme und Prüfergebnisse, CAD-ASCII-Schnittstelle
1	Software zum Bearbeiten von Gerberdaten zum Bohren und vollgrafischen Fehlerorten auf dem Bildschirm
32	Logikkanäle
384	Incircuit- und Funktionstestkanäle
4	programmierbare Netzgeräte
1	elektronische Last
1	Sinus- und Rechteckgenerator
6	Festspannungsquellen
24	Stimulikanäle
1	I ² C-Interface, COM-Interface, USB-Interface, Ethernet-Interface
1	Universal-Testadapter Typ 42A für 800 gefederte Kontaktstifte für beidseitige Kontaktierung
	Anlieferung, Installation und Schulung vor Ort beim Kunden
	Gesamtpreis 57.300 Euro

REINHARDT System- und Messelectronic GmbH

Bergstr. 33 D-86911 Diessen-Obermühlhausen Tel. 08196 934100 und 7001, Fax 08196 7005 und 1414
E-Mail: info@reinhardt-testsystem.de <http://www.reinhardt-testsystem.de>

Es sollten noch Service und Software-Updates für den Zeitraum von 5 Jahren eingerechnet werden, bei unserem Testsystem typisch 1.500Euro. So ergibt sich eine Investition von 58.800Euro, die über 5 Jahre abgeschrieben wird und dann pro Monat



980Euro kostet oder auf die Stunde gerechnet 5,65Euro bzw. 9Ct in der Minute. Ist die Abschreibung auf 10 Jahre geplant, erhöht sich der Service- und Softwareaufwand auf 3.000Euro, sodass eine Abschreibungssumme von 60.300Euro zugrunde liegt, wobei die Kosten 502,50Euro pro Monat bzw. 2,83Euro pro Stunde und 5Ct pro Minute betragen.

Testsystem inkl. Service und Software-Update	pro Monat	pro Stunde	pro Minute
bei Abschreibung auf 5 Jahre 58.800,- EUR	980,- EUR	5,65 EUR	0,09 EUR
bei Abschreibung auf 10 Jahre 60.300,- EUR	502,50 EUR	2,90 EUR	0,05 EUR

Die genannten Werte gehen von einer vollen Auslastung des Testsystems aus. Es muss daher eine realistische Zahl genannt werden, die sich auf die Anzahl der Baugruppen bezieht, die pro Jahr getestet werden. Bei fünfjähriger Abschreibung, einer Investition von 58.800Euro und 10.000 Baugruppen pro Jahr betragen die Abschreibungskosten pro Prüfling 1,18Euro, bei 5.000 Baugruppen 2,35Euro und bei 1.000 Baugruppen 11,76Euro. Bei zehnjähriger Abschreibung liegen die Abschreibungskosten bei 10.000 Baugruppen bei 0,60Euro, bei 1,21Euro bei 5.000 und bei 6,03Euro bei 1.000 Prüflingen pro Jahr. Diese Werte müssen zu den eigentlichen Prüfkosten addiert werden. Es sollte noch angemerkt werden, dass unsere Testsysteme mindestens 10 Jahre mit neuer Technologie, Software und Service in unserem Hause und vor Ort versorgt werden. Sie können also mit diesem Produkt mindestens 10 Jahre rechnen, in denen wir jederzeit Ausbildung

REINHARDT System- und Messelectronic GmbH

Bergstr. 33 D-86911 Diessen-Obermühlhausen Tel. 08196 934100 und 7001, Fax 08196 7005 und 1414
E-Mail: info@reinhardt-testsystem.de <http://www.reinhardt-testsystem.de>

für die Programmierung oder den Service liefern. Auch die Kalibrierung nach ISO 9000 in Ihrem oder in unserem Hause ist jederzeit gewährleistet. Dieser Kostenrahmen von der Investitionsseite mit ehrlichen Service- und Software-Updatekosten wird zur Zeit von keinem Wettbewerber der Welt erreicht.

Zum Testen von Prüflingen müssen natürlich Adaptionen und Prüfprogramme erstellt werden. Bei den meisten Firmen sind sie so teuer, dass für viele Unternehmen Testsysteme absolut unwirtschaftlich sind. REINHARDT System- und Messelectronic GmbH ist in der Adaptererstellung und Programmierung beispiellos und liegt typisch bei 1/10 der Kosten jedes Wettbewerbers und ermöglicht so auch für kleinste Fertigungslose noch einen wirtschaftlichen Test.

Wir gehen grundsätzlich davon aus, dass die Adapter- und Programmerstellung von einem Facharbeiter durchgeführt wird mit Ausbildung als Rundfunk-/Fernsehtechniker, Kommunikationselektroniker oder Elektroniker für Geräte und Systeme mit etwa 2 Jahren Berufserfahrung möglichst im Reparatur- oder Prüffeldbereich. Die mit der Abschreibung des Testsystems belastete Stunde von 5,53 Euro ist in den Betrag von 60 Euro pro Stunde bereits eingeschlossen. Diese 60 Euro pro Stunde bilden die Grundlage für alle nachfolgenden Kostenbeispiele.

Zahlen zum Incircuittest einer Baugruppe mit 550 Bauteilen und 380 Netzen

Die Bearbeitung der Gerberdaten zum Erstellen der Bohrdatei und der Funktionstestverbindungen sowie der vollen Grafik zur Fehlerortung auf dem Bildschirm nimmt ca. 15 Minuten in Anspruch. Die Adapterplatte zum Preis von 100 Euro beinhaltet bereits das Befestigungsmaterial sowie 4 Steckerleisten. Für 380 Netze sind weitere 3 Steckerleisten zu insgesamt 21 Euro nötig. Außerdem muss die Leiterplatte mit Fangstiften bzw. Führungseinrichtungen



Adapter Typ 42A, max. 800 Prüfkontaktstifte, auch beidseitig, Nutzfläche 360x230 mm

REINHARDT System- und Messelectronic GmbH

Bergstr. 33 D-86911 Diessen-Obermühlhausen Tel. 08196 934100 und 7001, Fax 08196 7005 und 1414
E-Mail: info@reinhardt-testsystem.de <http://www.reinhardt-testsystem.de>

für ca. 60 Euro und 380 gefederten Kontaktstiften inkl. Hülse (ca. 60 Ct pro Stück) und Hülse zu einem Gesamtpreis von 228 Euro versehen werden. Dann folgt das Bohren und die Montage dieser gefederten Kontaktstifte. Die Wire Wrap-Verbindungen von den gefederten Kontaktstiften zu den Steckern werden vollkommen frei hergestellt, d. h. jeder Draht der Steckerleiste wird an einen freien gefederten Kontaktstift verdrahtet. Für den Funktionstest werden nur Stimulikanäle, Netzgeräte und Stimulimatrixkanäle verwendet, also müssen ca. 20-30 Verbindungen gezielt verdrahtet werden. Dieser Prozess benötigt ca. 3 Stunden und kostet 180 Euro.

	Zeit	Kosten
Bearbeitung der Gerberdaten zur Erstellung der Bohrdatei und der Funktionstestverbindungen	15 Minuten	15 EUR
Adapterplatte für Universaladapter inkl. Befestigungsmaterial und 4 Steckerleisten		100 EUR
3 Steckerleisten		21 EUR
Fangstifte und Führungseinrichtungen		60 EUR
380 gefederte Kontaktstifte inkl. Hülse		228 EUR
Bohren der Adapterplatte und Setzen der gefederten Kontaktstifte, Montage der Fangstifte und Führungen sowie Verdrahtung	180 Minuten	180 EUR
Gesamt	195 Minuten	604 EUR

Wir sehen also, dass die Adapterkosten für Material und Arbeitszeit 604 Euro betragen und damit die Adaptererstellung extrem günstig gestalten. Dabei handelt sich um eine Adapter-schublade, die binnen weniger Sekunden in den Universalprüfadapter Typ 42A eingesetzt werden kann.

Mit der Adaptererstellung ist es leider noch nicht getan, ein Testprogramm muss erstellt werden, das zunächst den Incircuittest mit all seinen Möglichkeiten realisiert. Dazu müssen Möglichkeiten geschaffen werden, die Bauteilliste der zu prüfenden Leiterplatte im ASCII-Format zur Verfügung zu stellen und sie dann mit einer Excel®-Liste so aufzubereiten, dass sie in ca. 10 Minuten in unser Gerät eingelesen werden kann. Diese 10 Minuten kosten 10 Euro. Anschließend müssen die Bauteile identifiziert werden, d. h., für jedes Bauteil mit zwei oder mehreren Anschlüssen müssen die Low- bzw. High-Anschlüsse mit Hilfe der Grafik eingegeben werden – bei ICs in Vielbeinteknik helfen Masken, die die Eingabe in wenigen Sekunden ermöglichen. Erfahrungsgemäß dauert dieser Prozess etwa 75 Minuten und verursacht Kosten von 75 Euro. Jetzt sind alle Vorbereitungen getroffen und der eigentliche Programmierprozess erfolgt nahezu automatisch.

REINHARDT System- und Messelectronic GmbH

Bergstr. 33 D-86911 Diessen-Obermühlhausen Tel. 08196 934100 und 7001, Fax 08196 7005 und 1414
E-Mail: info@reinhardt-testsystem.de <http://www.reinhardt-testsystem.de>

Da die Verdrahtung für den Incircuittest vollkommen frei erfolgt ist, wird jeder einzelne Pin mit Hilfe einer Suchprobe identifiziert, die zu unserem Testsystem gehört. Ein Programm führt den Operator von Testpin zu Testpin (gefederter Kontaktstift), um den Kontakt mit ihm herzustellen und die Identifizierung durchzuführen. Bei 380 gefederter Kontaktstiften dauert das etwa 25 Minuten und schlägt mit 25 Euro zu Buche. Wir testen als erstes, ob alle Nadeln einen sicheren Pinkontakt machen. Das erfolgt auf der Basis einer Widerstandsmessung zwischen jedem Pin von 20 MΩ oder kleiner oder 100 pF oder größer. So wird über ein automatisches Programm ein automatischer Testmodus aktiviert, der den Pinkontakt erlernt und abspeichert. Dieser Pinkontakttest kann für die nachfolgenden Tests aktiviert oder deaktiviert werden; er benötigt in der Erstellung typisch 5 Minuten und kostet somit 5 Euro. Kurzschlüsse, besonders Löt Kurzschlüsse, gehören im Incircuittest zu den häufigsten Fehlern. Deshalb wird jetzt der Kurzschluss test an einer bekannt guten Baugruppe, die wir bereits für den Pinkontakttest benutzt haben, in ebenfalls 5 Minuten erlernt. Sobald Pinkontakt und Kurzschluss erlernt wurden, gehen wir weiter zum eigentlichen Bauteiltest. Nachdem die Bauteildaten als Testprogramm vorhanden sind und die Identifizierung der Anschlüsse jedes Bauteils erfolgt ist, kann das eigentliche Incircuittestprogramm automatisch generiert werden. Unser Programm basierend auf der Bauteilliste, welche über EXCEL® aufbereitet wurde, beinhaltet den Typ des Bauteils, die Nummer des Bauteils, Sollwert, Toleranz und die Anschlussbeschriftung. Das reicht aus, um dank unserer Software die Testschritte vollautomatisch zu generieren. Das Guarding-Verfahren bis zu 8 Guards pro Bauteil erfolgt automatisch wie auch das Debugging, d. h. das Einsetzen von Verzögerungszeiten basierend auf kapazitiver Belastung. 550 Bauteile sind in typisch 10 Minuten vollautomatisch erstellt, sodass ein nahezu lauffähiges

Nr	Testname	Baueid	Messart	Sollwert	Tol:UG	Tol:OG	Ein	Einstellungen	R6X:Hi	R6X:Lo	Guard
110		R1	R	138 kOhm	95 kOhm	102 kOhm	0 ms	1 µA, Standard, Autorange	100	29	Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus
110	R13	R13	R	138 kOhm	95 kOhm	102 kOhm	0 ms	1 µA, Standard, Autorange	50	2	Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus
120		R12	R	138 kOhm	95 kOhm	102 kOhm	0 ms	1 µA, Standard, Autorange	119	29	Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus
130		R16	R	138 kOhm	95 kOhm	102 kOhm	0 ms	1 µA, Standard, Autorange	77	29	Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus
140		R16	R	138 kOhm	95 kOhm	102 kOhm	0 ms	1 µA, Standard, Autorange	48	29	Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus
150		R51	R	138 kOhm	95 kOhm	102 kOhm	0 ms	1 µA, Standard, Autorange	16	29	Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus
160		R46	R	13 kOhm	9.8 kOhm	11.2 kOhm	0 ms	10 µA, Standard, Autorange	107	29	Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus
170		R48	R	91 kOhm	85 kOhm	97 kOhm	0 ms	1 µA, Standard, Autorange	89	53	2, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus
180		C42	C	22 µF	18 µF	27 µF	0 ms	10 µA, Standard, Autorange	80	1	8, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus, Aus

Programm vorhanden ist. Bauteile, die nicht erfolgreich generiert werden können, sind in der Prüfablauliste rot dargestellt. Hier ist Handarbeit notwendig: Bei parallel geschalteten Abblockkondensatoren von ICs mit typisch 100 nF müssen die Einzeltests gelöscht werden. Ein Einzeltest, der die Summe all dieser Abblockkondensatoren darstellt, muss neu erstellt werden. Das dauert typisch 2 Minuten. Um Spezialwiderstände zu vermeiden müssen weitere Parallelschaltungen an Widerständen zum Herstellen von Wertkompositionen nach demselben Verfahren optimiert werden. Erfahrungsgemäß benötigt die Nacharbeit ca. 20 Minuten, was mit 20 Euro zu Buche schlägt. Zusammengefasst benötigt die Programmierung 150 Minuten und kann mit 150 Euro veranschlagt werden.

Incircuittestprogrammierung	Zeit	Kosten
Bauteilliste in Excel® aufbereiten und in das Testsystem übernehmen	10 Minuten	10 EUR
Identifizieren der Testpins	25 Minuten	25 EUR
Programmierung Pinkkontakttest	5 Minuten	5 EUR
Erlernen Kurzschlussstest	5 Minuten	5 EUR
Identifizieren der Bauteile	75 Minuten	75 EUR
Programmierung Bauteiltest für 550 Bauteile inkl. Guarding und Debugging	10 Minuten	10 EUR
Nacharbeit	20 Minuten	20 EUR
Gesamt	150 Minuten	150 EUR

Ein wichtiger Faktor sind die Änderungen der Produkte, d.h. Werte für Widerstände, Kondensatoren, Dioden usw. werden im Laufe des Produktlebens verändert. Hier kann ein Wert in typisch 3 Minuten und nach nur 3 Stunden Schulung auch von jeder angelesenen Kraft geändert werden. Die Kosten für die Nacharbeit einer Baugruppe bei einer Lebensdauer von 5 Jahren werden 60 Euro nicht überschreiten.

Wir können jetzt zusammenfassen: Die Erstellung des Prüfadapters und des Prüfprogrammes kosten 754 Euro, wobei bei 1.000 Prüflingen die Prüfkosten bei 75 Ct liegen zuzüglich der Abschreibungskosten von 4,5 Ct, wenn man von einem typischen Prüfablauf von einer halben Minute inkl. Handling ausgeht. Bei nur 50 Baugruppen liegen diese Kosten bei 15,08 Euro plus Abschreibungskosten von 4,5 Ct. Diese 4,5 Ct sind bei 100 % Auslastung im Einschichtbetrieb realisierbar. Sie sehen also, dass selbst bei Kleinstserien und unserem Hardware- und Softwarekonzept Prüfungen möglich sind, die bezahlbar sind und Rüst- und Testzeiten im Minutenbereich erlauben.

Unser Testsystem ist ein kombiniertes Incircuit- und Funktionstestsystem. Deshalb haben wir bereits bei der Adaptererstellung den Funktionstest mit eingeplant und die Verdrahtung vorgenommen. Wir wollen jetzt einmal die Kosten betrachten, die für den Funktionstest erfahrungsgemäß auftreten werden. Als erstes sollte in aller Ruhe mit Papier und Bleistift

REINHARDT System- und Messelectronic GmbH

Bergstr. 33 D-86911 Diessen-Obermühlhausen Tel. 08196 934100 und 7001, Fax 08196 7005 und 1414
E-Mail: info@reinhardt-testsystem.de <http://www.reinhardt-testsystem.de>

festgelegt werden, was man wie und wo testen will. Da die Funktionsweise unseres Testsystems als bekannt vorausgesetzt wird, sind etwa 5 Stunden notwendig, um den Prüfablauf, den Anschluss der Netzgeräte, Generatoren und Logikkanäle zu dokumentieren und festzulegen. Die tatsächliche Eingabe mit Hilfe der WINDOWS®-Programmiersoberflächen benötigt typisch 2 Stunden, dabei wird die Funktion bereits überprüft. Schritt für Schritt werden aus den Funktionen die weiteren Testschritte eingegeben und optimiert. So können nach 5 Stunden Vorbereitungszeit mit Kosten von 300 Euro und 2 Stunden Eingabe- und Optimierungszeit von 120 Euro Programmierkosten von 420 Euro verwirklicht werden. Der Funktionstest wird innerhalb eines Arbeitstages realisiert, sodass in einem Ablauf Incircuittest und Funktionstest durchgeführt werden. Wenn keine gravierenden eigenen Verzögerungen des Prüflings vorliegen, dauert eine solche Prüfung 30 Sekunden. So lässt sich für den Incircuittest und Funktionstest inkl. Handling mit einer Testzeit von 1 Minute planen, wobei in einer Schicht von 7 Stunden 420 Prüflinge getestet werden können. Die Kosten pro Baugruppe können ähnlich wie beim Incircuittest berechnet werden.

Funktionstestprogrammierung	Zeit	Kosten
Planen des Prüfablaufs, Anschluss der Netzgeräte, Generatoren und Logikkanäle	300 Minuten	300 EUR
Programmieren des Funktionstests	120 Minuten	120 EUR
Gesamt	420 Minuten	420 EUR

Auch hier liegen die Prüfkosten weit unter den Werten der derzeit am Markt üblichen Testsysteme, nachdem die Investition bei voller Auslastung typisch 9Ct pro Prüfling und die Adaption z. B. bei 1.000 Prüflingen inkl. Incircuit- und Funktionstestprogrammierung 1,17 Euro pro Prüfling beträgt.

Diese Werte lassen sich mit unserem neuen ATS-UKMFT 625 noch unterbieten, da die Investition hier nur bei etwa 22.000 Euro liegt und dadurch die Prüfkosten auch bei geringeren Stückzahlen weiter reduziert werden können. Wir möchten zum Schluss noch ins Gedächtnis rufen, dass wir Personal leider weder finden noch entsprechend bezahlen können, um unsere Probleme in Sachen Test zu lösen. Anlernkräfte, die die von uns gelieferten Testsysteme bedienen, sind die beste und kostengünstigste Lösung, da wir das Fachwissen Ihres besten Testfachmannes konservieren können und mit diesem Testsystem in wenigen Minuten Prüfung und Instandsetzung vornehmen können.

REINHARDT System- und Messelectronic GmbH

Bergstr. 33 D-86911 Diessen-Obermühlhausen Tel. 08196 934100 und 7001, Fax 08196 7005 und 1414
E-Mail: info@reinhardt-testsystem.de <http://www.reinhardt-testsystem.de>

Zahlen bei 5000 Stück pro Jahr		Adapterkosten	ICT-Programmierkosten	FKT-Programmierkosten	Summe der Kosten pro Typ
		604 EUR	150 EUR	420 EUR	1174 EUR

Anzahl der Baugruppen pro Typ bei 5000 Stück pro Jahr	Testsystem Abschreibung	anteilige Adapterkosten	anteilige ICT-Programmierkosten	anteilige FKT-Programmierkosten	Testkosten pro Stück
5000 *	0,24 EUR	0,12 EUR	0,03 EUR	0,08 EUR	0,47 EUR
1000	2,36 EUR	0,60 EUR	0,15 EUR	0,42 EUR	3,53 EUR
500	2,36 EUR	1,21 EUR	0,30 EUR	0,84 EUR	4,71 EUR
200	2,36 EUR	3,02 EUR	0,75 EUR	2,10 EUR	8,23 EUR
100	2,36 EUR	6,04 EUR	1,50 EUR	4,20 EUR	14,10 EUR
50	2,36 EUR	12,08 EUR	3,00 EUR	8,40 EUR	25,84 EUR

*Bei 5.000 Baugruppen pro Typ werden höchstwahrscheinlich 50.000 pro Jahr getestet, sodass der Abschreibungswert bei 0,24 Euro liegt. Nachdem pro Tag 420 Baugruppen in einer Schicht getestet werden können, können pro Jahr bei 200 Arbeitstagen 84.000 Baugruppen getestet werden. Sollten nur wie o.g. 50.000 Baugruppen pro Jahr getestet werden, kann derselbe Facharbeiter noch gut 20 neue Testprogramme erstellen.

Bitte beachten Sie, dass nicht nur die reinen Fertigungskosten gezeigt werden, sondern bei Instandsetzungen (Service), Rüstzeiten von typisch 1 Minute und Testzeiten mit Instandsetzungszeiten von typisch weiteren 5 Minuten zu erwarten sind. Dabei können die Stückkosten gegenüber der klassischen Rüstzeit mit Netzgeräten und Messgeräten leicht das 50- bis 100-fache betragen.

Was in den oberen Tabellen noch fehlt ist der Operator, der das Testsystem bedient. Das kann für den reinen Serientest eine Anlernkraft sein, die mit typisch 0,50 Euro pro Minute kalkuliert werden kann, sodass bei einer Taktrate von 1 Minute pro Prüfling 50 Ct dazu addiert werden müssen.

REINHARDT System- und Messelectronic GmbH

Bergstr. 33 D-86911 Diessen-Obermühlhausen Tel. 08196 934100 und 7001, Fax 08196 7005 und 1414
E-Mail: info@reinhardt-testsystem.de <http://www.reinhardt-testsystem.de>