Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 72 (1981)

Heft: 15

Artikel: Das Testen integrierter Schaltungen beim Hersteller

Autor: Werren, S.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905136

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Das Testen integrierter Schaltungen beim Hersteller

Von S. Werren

621.3.049.772;

Der vorliegende Aufsatz versucht darzustellen, wie ein Hersteller sein Produkt innerhalb des Produktionsprozesses elektrisch testet und welche Ziele er dabei anstrebt. Dem Anwender sei es ein Einblick in die Messvorgeschichte der angelieferten Bauelemente.

Description de la manière dont un fabricant contrôle électriquement son produit au cours de la fabrication, et des buts qu'il vise. L'utilisateur a ainsi un aperçu des essais et mesures auxquels ont été soumis les composants qu'il reçoit.

1. Einleitung

Das Ansteigen der Komplexität integrierter Schaltungen im vergangenen Jahrzehnt als Folge der Verkleinerung der Geometrien bis gegen 2 µm und das Vergrössern der Chipflächen über 20 mm² stellt enorme Anforderungen an das Testen. Die hier angesprochenen Schaltungen fallen in das Gebiet der MSI- (medium scale) bzw. LSI-Schaltungen (large scale) mit bis zu 50000 Einzelelementen (Fig. 1). Der Zugriff beim Testen beschränkt sich auf die für die vorgesehene Verwendung der Schaltung nötigen Anschlüsse, welche in der Grössenordnung bis zu 60 Kontakten liegen. Das sich immer mehr durchsetzende System der seriellen Schnittstellen und von multiplex Ein-/Ausgängen führt zu noch weniger Kontaktmöglichkeiten bei gleichzeitiger Erhöhung der Anzahl Einzelelemente. Daraus folgt, dass beim Testen immer weniger direkte Messungen möglich sind. Um vorhandene Innendefekte zu erfassen, muss mit geeigneten Funktionsläufen gearbeitet werden.

2. Produktionsbegleitendes Testen

Jeder Hersteller ist bestrebt, sein Produkt fehlerfrei herzustellen bzw. zumindest fehlerfrei abzuliefern. Da dieses Ziel bei der gegebenen Komplexität nie ganz erreicht werden kann, wird die Nahtstelle Hersteller–Anwender eindeutig durch den sog. AQL-Wert (acceptance quality level) festgelegt. Ein üblicher AQL-Wert für die genannten Schaltungsgrössen ist z.B. 0,25 %. Diese Zahl drückt aus, wieviel defekte Schaltungen in einer definierten Stichprobengrösse enthalten sein dürfen, um das gesamte Los zur Ablieferung freizugeben.

Ein Beispiel aus der Praxis: Eine Losgrösse zwischen 3200 und 10000 Stück bei einem AQL von 0,25 % erfordert eine Stichprobengrösse von 200 Schaltungen. Im Einfachstichprobenverfahren nach [1] wird das Los akzeptiert, wenn höchstens 1 Ausfall festgestellt wird. Diese Stichprobenprozedur muss sicher durch das Testen erfüllt werden, wobei der AQL-Wert ein klares Verständigungsmittel bei der Beurteilung der Konformität ist.

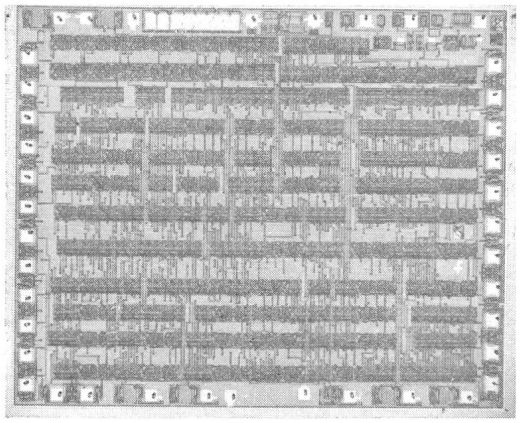

Fig. 1 Chip einer integrierten Schaltung
Deutlich erkennt man die Kontakteindrücke vom Vormessen in den 100 × 100 µm grossen Al-Fenstern am Rand des Plättchens

Das Testen beim Hersteller muss aber eine weit grössere Aufgabe erfüllen als lediglich diese Endkontrolle. Man ist sich seit langer Zeit bewusst, dass Qualität nicht «hineingemessen» werden kann, vielmehr muss sie eingebaut werden. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Früherkennung von Fehlern innerhalb des Produktionsprozesses. Schon das Abweichen charakteristischer Parameter von ihren Standardwerten muss erkannt werden, mit sofortiger Einleitung von Gegenmassnahmen. Nur so ist es möglich, eine befriedigende Produktausbeute zu erhalten, was nicht nur zu guter Qualität beiträgt, sondern auch die Produktionskosten tief hält.

Hieraus ist ersichtlich, dass das Testen nicht nur eine Endkontrolle, sondern ein integrierter Bestandteil im Produktionsablauf sein muss. Im Fabrikations-Flussdiagramm Figur 2 ist dies graphisch wiedergegeben.

3. Prozesskontroll-Messung

Auf jeder Scheibe werden drei gleiche Testfiguren, wie auf Figur 3 erkennbar, mitdiffundiert. Diese Figuren enthalten neben den den Diffusionsprozess kontrollierenden Elementen auch Einzelelemente, wie sie in der herzustellenden Schaltung vorhanden sind. Sie sind hier direkt kontaktierbar, so dass die parametrischen Werte wie z.B. Verstärkung, Schwellwerte, Abhängigkeitsfaktoren, Spannungsfestigkeit, Leckstromverhalten usw. gemessen werden können. Die Messdaten werden pro Diffusionsserie, 50...100 Scheiben, zusammengefasst und gestatten, neben der Ausscheidung schlechter Scheiben, bereits eine gute Beurteilung der zu erwartenden Messwerte des Endproduktes. Da die Testfiguren stets gleich sind, d.h. unabhängig vom Schaltungstyp auf der Scheibe, kann mit gleichem Testprogramm gemessen werden, wobei die Messungen das Resultat des angewendeten Diffusionsprozesses zeigen. Die Testausrüstung besteht aus einem halbautomatischen Waferprüfer, gekoppelt mit einem computergesteuerten Testsystem, welches nicht nur Messwerte erfasst, sondern diese auch mathematisch weiter behandeln kann. Die gemessenen und gerechneten Daten werden statistisch zusammengefasst, ausgedruckt und dem Diffusions-Engineering (Fig. 2) zugeführt.

4. Vormessen

Die zur Weiterverarbeitung gelangenden Scheiben werden 100prozentig vorgemessen und schlechte Schaltungen durch einen Inkpunkt gekennzeichnet. Auf einer 4-Zoll-Scheibe befinden sich je nach Schaltungsgrösse zwischen 300 bis 2000 Schaltungen, wobei mit Ausbeuten von 25 bis 70 % gerechnet werden kann. Aus Gründen der Rationalisierung wird die

Messung fast ausschliesslich auf Gut/schlecht-Basis durchgeführt. Die Grenzwerte werden gegenüber den Spezifikationswerten mit genügendem Sicherheitsabstand eingesetzt. Ein Testprogramm enthält im allgemeinen folgende Messungen:

Kontakt und Kontrollmessungen
Statische Eingangs-/Ausgangswerte
Statische Belastbarkeiten
Funktionsmessungen
Betriebs-Stromaufnahmen
Schaltzeit- und Frequenzmessungen

Die Reihenfolge der Messungen wird so gewählt, dass einerseits schlechte Schaltungen schnell erkannt, andererseits aber doch genügend Information über die Ausfallhäufigkeit gesammelt wird. Die sich dadurch ergebenden Stückzahlenverteilungen werden scheibenweise ausgedruckt und ergeben zusammen mit den Messwerten der Prozesskontroll-Messung die Analyse des Diffusionsprozesses. Bei besonderen Ausfallproblemen muss es möglich sein, bestimmte Parameter während der Produktionsmessung betragsmässig zu erfassen und als Histogramm zusätzlich auszudrucken. Diese Forderung zusammen mit den komplexen Funktionsmessungen bei Testgeschwindigkeiten bis zu 10 MHz verlangt eine aufwendige Testeinrichtung. Die in Figur 4 gezeigte Vormessanlage stellt eine Investition von nahezu 1 Mio. Franken dar. Es ist daher nicht verwunderlich, dass mit möglichst kurzen Messzeiten gearbeitet werden muss.

5. Endmessen

Eine zweite 100prozentige Messung erfolgt nach der Montage in verschiedene Gehäuseformen. In Figur 5 sind drei Varianten wiedergegeben, wobei die Anzahl der Anschlüsse dem Erfordernis der Schaltung angepasst wird. Für das Endmessen bedeutet dies das Vorhandensein verschiedener Testhandler, denn auch hier muss aus wirtschaftlichen Gründen vollautomatisch gemessen werden. Die Endmessprogramme sind mit den entsprechenden Vormessprogrammen so abgestimmt, dass die Messdaten-Analyse (Fig. 2) Aussagen über die Veränderung der Schaltung durch die physikalischen Belastungen des Montageprozesses ergeben. Die einprogrammierten Grenzwerte weisen wieder einen deutlichen Sicherheitsabstand gegenüber den spezifizierten Grenzdaten auf, so dass Gerätetoleranzen oder Messtemperaturunterschiede nicht zu fehlerhaften Schaltungen im Endprodukt führen. Durch

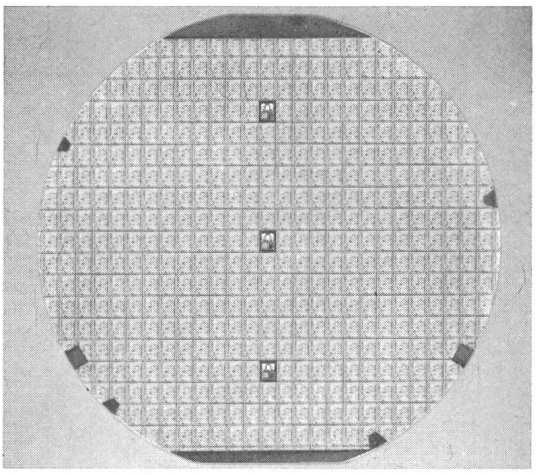

Fig. 3 **Vorgemessene 4-Zoll-Scheibe mit den 3 Testfiguren**

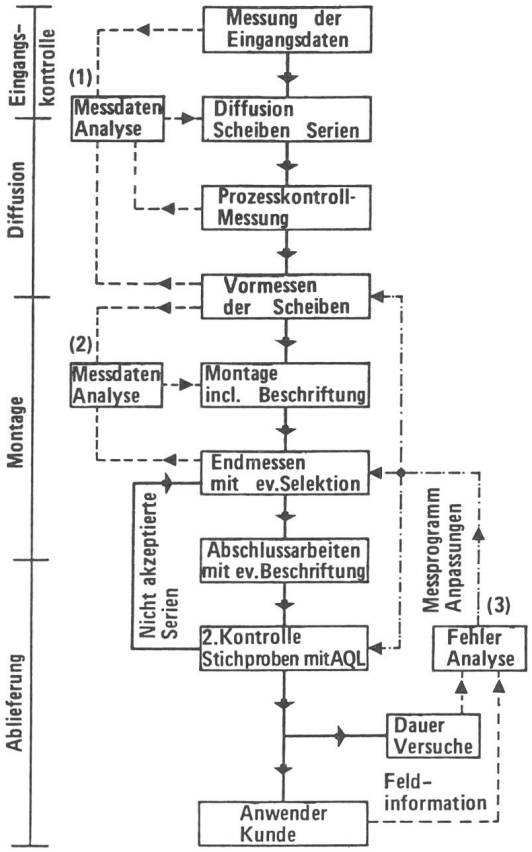

Fig. 2 **Fabrikations-Flussdiagramm**
(1), (2), (3) Stufen der Messdaten- und Fehleranalyse

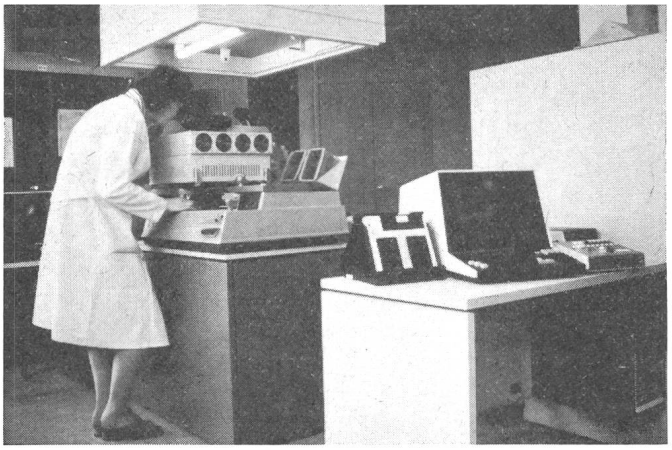

Fig. 4 **Vormess-Testeinrichtung**

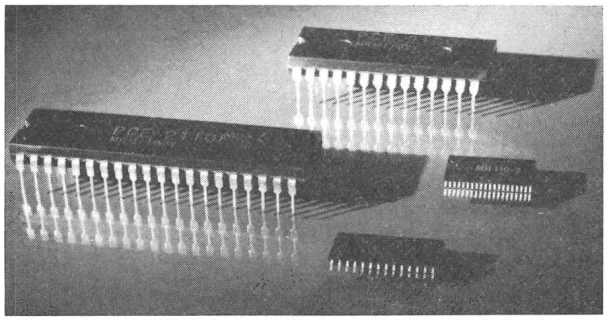

Fig. 5 **Verschiedene montierte Schaltungen**

das Endmessen auf reiner gut/schlecht-Basis würde die Erkenntnis, wie nahe eine Schaltung an ihren Betriebsgrenzen arbeitet, verloren gehen. Demzufolge sind die Programme so ausgeführt, dass genügend Messwerte erfasst werden, um den Produktionsverlauf verfolgen zu können. Dadurch werden Produktionsveränderungen bereits festgestellt, bevor sich Verluste durch Grenzwertüberschreitungen einstellen.

6. Die 2. Kontrolle

Diese Messung wird als Stichprobenkontrolle durchgeführt und entscheidet über Annahme oder Ablehnung eines Produktionsloses. Losgrössen von 500 bis 20000 Schaltungen sind üblich. Die Stichprobengrössen richten sich nach der Losgrösse sowie dem geforderten AQL-Wert und sind in den Stichprobentabellen der Vorschrift MIL-STD 105 [1] festgelegt. Gemessen wird nach gut/schlecht-Verfahren mit den spezifizierten Grenzwerten. Abgelehnte Lose werden im vollen Umfang zur Wiederholung der 100prozentigen Endmessung zurückgewiesen. Das diese Stichprobenmessung bestehende Produkt gelangt zur Auslieferung und weist das vorgeschriebene «Akzeptanz-Qualitätsniveau» auf.

Obwohl der Produktionsablauf an dieser Stelle endet, ist es für das Testen nötig, über das abgelieferte Produkt Aussenintormationen zu erhalten. Ein Informationsrückfluss ergibt sich firmenintern aus dem Verhalten der Schaltungen, welche periodisch dem Endprodukt entnommen und verschiedenen Dauerversuchen durch das Qualitätslabor ausgesetzt werden. Ein zweiter Rückfluss ist die Feldinformation des Anwenders. Beide werden durch die Fehleranalyse (Fig. 2) bearbeitet, um eventuelle Unvollkommenheiten der Testprogramme aufzuspüren und korrigierende Anpassungen einzuleiten. Solche Anpassungen sind vor allem nötig bei Messprogrammen für universelle Funktionsschaltungen wie Mikroprozessoren und Speicher, bei denen die Funktionsteste aus Messzeitgründen unmöglich alle Kombinationen berücksichtigen können. Man spricht hier von einer sog. Fehlerabdeckung in %, wobei 100 % die Zahl der möglichen Fehler darstellt.

Eine komfortable Testhilfe beim Hersteller ergibt sich aus seiner Möglichkeit der «eingebauten Testbarkeit». Hierunter versteht man das Einbauen nützlicher Testoptionen in die Schaltung, um überhaupt oder um ein Vielfaches schneller testen zu können. Das Prinzip beruht darauf, dass während des Testens die Schaltung über zusätzliche oder über die Mehrfachausnützung vorhandener Anschlüsse in spezielle Testzustände gebracht wird. Dadurch wird ein «tiefes» und schnelleres Testen erreicht. Für den Testingenieur bedeutet dies, dass seine Arbeit bis in das Anfangsstadium des Schaltungsentwurfes zurückreicht.

Nicht zu vernachlässigen beim Testen sind auch die folgenden Punkte: Reinheit der Räume vor allem beim Wafertesten, elektrisch störungsfreie Umgebung, konstante Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie die Verhütung elektrostatischer Ladung.

Abschliessend darf gesagt werden, dass mit dem Vorhandensein eines guten Testsystems die Voraussetzung zur Herstellung eines Qualitätsproduktes gegeben ist. Das Testen bildet aber erst einen Teil der Qualitätssicherung. Es ist noch ein weiter Weg bis zur wirklichen Qualität, er führt trotz Computer und Automatisierung bis zum einzelnen Menschen an der Maschine. Dies ist die Aufgabe des Qualitätswesens und sei nicht Bestandteil dieses Berichtes.

Literatur

[1] Sampling procedures and tables for inspection by attributes. MIL-Standard 105D, 1963.

[2] *B. P. Davis:* Handbuch «Automatisches Testen». Band 1. Haar/München, Verlag Markt und Technik, 1981.

[3] *B. Bahlburg:* Qualität von Philips Bauelementen. Hamburg, Philips GmbH Forschungslaboratorium, 1977.

Adresse des Autors

S. Werren, Faselec AG, Räffelstrasse 29, 8045 Zürich.