

Zuverlässigkeit elektronischer Bauteile / Reliability Engineering

Oder: wie erhalte ich Aussagen zur Lebensdauer elektronischer Bauelemente?

Stuttgart, 14. November 2007

Produkt-Qualifikation und Abschätzung der Lebensdauer; Berechnung der Zuverlässigkeit für Baugruppen sowie elektronische und optoelektronische Bauelemente

Die Abschätzung der Lebensdauer ist besonders wichtig in Märkten mit hohen Anforderungen an die Zuverlässigkeit wie beispielsweise Automotive, Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik oder Telekommunikation.

Qualifikation

Eine Qualifikation ist viel mehr als nur ein Hilfsmittel für wichtige Entscheidungen in den Bereichen Freigabe und Einsatz von neuen Produkten. Durch die frühzeitige Entdeckung von Schwachstellen im Design-Prozess, ist die Qualifikation die Grundlage für die Langzeit-Zuverlässigkeit aller elektronischen und optoelektronischen Bauteile. Unzuverlässige Bauelemente können zum Ausfall kompletter Systeme führen, was praktisch immer mit dem Verlust von Reputation und Image verbunden ist.

Eine Qualifikation liefert Informationen über die Langzeit-Zuverlässigkeit von Bauteilen unter bestimmten Anwendungs-Bedingungen. Sie ist hilfreich bei der Reduktion von Frühausfällen und Feldausfällen und minimiert dadurch die Kosten, die durch Ausfälle verursacht werden. Schwachstellen im Herstellungsprozess können durch eine Qualifikation frühzeitig entdeckt und eliminiert werden.

Im Rahmen einer Qualifikation, die aus Lebensdauertests, Klimatests, Umwelttests, mechanischen Tests u.a. besteht, sowie die Durchführung von Fehleranalysen, können die Änderungen der optischen und elektrischen Parameter, die Alterung bei Dauerbetrieb, die Widerstandsfähigkeit gegen Umwelteinflüsse sowie die mechanische Stabilität analysiert werden.

microtec bietet Qualifikationen und Zuverlässigkeitstests für die Märkte Automotive, Aerospace, Telekommunikation, Medizin, Signaltechnik und andere industrielle Bereiche an, die eine hohe Zuverlässigkeit erfordern. Sie können nach allen relevanten internationalen Standards durchgeführt werden, wie z.B. TELCORDIA, AEC-Q, ESCC, JEDEC, IEC, MIL Standards etc. sowie auch nach kundenspezifischen Anforderungen.

Basierend auf langjähriger Erfahrung in Zuverlässigkeitsfragen bietet *microtec* Unterstützung bei der Interpretation kundenspezifischer Tests sowie bei der Erstellung von Testplänen an. Dabei sind die Erfahrungen im Bereich der Fehlermechanismen und der gesamten Palette der verschiedenen Qualifikationstests die Grundlage für die Erstellung geeigneter Testpläne.

Abschätzung der Lebensdauer

microtec verwendet folgende Methoden zur Ermittlung der Lebensdauer elektronischer Komponenten:

- Berechnung der Lebensdauer von Bauteilen mit Hilfe der statistischen Analyse von Lebensdauertest-Ergebnissen (z.B. Weibull-Analyse).
- Abschätzung der Zuverlässigkeit durch Berechnung der mittleren Lebensdauer (MTBF, „mean time between failures“) für Baugruppen und Systeme nach den relevanten Standards (MIL, Telcordia, Siemens etc.)
- Simulation der Langzeit-Lagerung von Bauelementen, Messung der Änderungen der Eigenschaften und der Eignung zur Weiterverarbeitung.

Bei der Abschätzung der Lebensdauer auf der Basis von Lebensdauertests wird mit Hilfe statistischer Methoden die mittlere Lebensdauer aus den Testergebnissen berechnet.

Die Lebensdauer der einzelnen Bauelemente wird bestimmt durch plötzliche Ausfälle oder durch das Erreichen eines Grenzwertes für die Degradation von Parametern. Wenn dieser Grenzwert während des Tests nicht erreicht wird, wird die Lebensdauer durch Extrapolation bis zu diesem Wert bestimmt. Lebensdauertests werden oft bei verschärften Testbedingungen durchgeführt, um die Testzeit zu verkürzen. Spezielle Alterungs-Modelle (z.B. das Arrhenius-Modell für die Temperatur) werden angewendet, um einen Beschleunigungsfaktor zur Verkürzung der Test-Lebensdauer zu erhalten. Die Testbedingungen dürfen allerdings nicht so stark verschärft werden, dass andere Ausfallmechanismen als im normalen Betrieb auftreten.

Statistische Analysen 1: WEIBULL-Kurve

Die Ergebnisse von Lebensdauertests werden mit spezieller Software statistisch ausgewertet, um möglichst viel Information daraus zu gewinnen und um von der begrenzten Zahl der Testmuster auf

eine große Einsatzmenge schließen zu können. Von den verschiedenen Verfahren ist die Weibull-Verteilung die vielseitigste: Damit lassen sich alle drei Phasen der Lebensdauer beschreiben (Frühausfälle, Zufallsausfälle und Verschleißausfälle). Um diese Phase sicher bestimmen zu können, sind mindestens zwei Ausfälle nötig, mehr Ausfälle liefern eine bessere statistische Sicherheit.

Mit Hilfe der „Maximum Likelihood“ Methode kann in manchen Fällen sogar mit nur einem einzigen Ausfall eine Lebensdauer und Weibull-Verteilung berechnet werden. Bei null Ausfällen muss allerdings die Phase der Zufallsausfälle vorausgesetzt werden, die berechnete Lebensdauer ist dann ein Minimalwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 50%.

Diese statistischen Möglichkeiten sollten allerdings nicht zu dem Schluß führen, dass die Zahl der Testmuster und die Testzeit für einen Lebensdauertest minimiert werden kann, denn die statistischen Berechnungen von Lebensdauer und Vertrauensbereich werden stark von der Anzahl der Testmuster und der Dauer des Testzeitraums beeinflusst.

Ferner kann es notwendig sein, bereits in der Entwicklungsphase mit wenigen und oft teuren Prototypen zu einer ersten Lebensdauer-Abschätzung zu kommen, um eventuelle Probleme bezüglich der Lebensdauer frühzeitig aufzudecken.

Das Weibull-Diagramm liefert nicht nur die mittlere Lebensdauer sondern auch den Verlauf der Ausfälle über die gesamte Zeitachse und mit dem Vertrauensbereich auch die Bandbreite der Wahrscheinlichkeit für die Lebensdauer.

Mit der Kenntnis der Ausfall-Charakteristik (Frühausfälle, Zufallsausfälle und Verschleißausfälle) können entsprechende Maßnahmen getroffen werden, wie z.B. Einführung oder Optimierung eines Burn-In.

Statistische Methode 2: MTBF Berechnung

Die Berechnung der MTBF („Mean Time Between Failures“) für Baugruppen und Systeme wird auf der Grundlage spezieller Standards wie MIL-STD-217, Telcordia SR-332, Siemens 29500 etc durchgeführt. Diese Standards enthalten Daten und Formeln zur Bestimmung der Ausfallraten (in „FIT“, d.h. 10E-9 Ausfälle pro Stunde) für alle Typen elektrischer, elektronischer und optischer Bauelemente unter verschiedenen Anwendungsbedingungen. Diese Daten stammen von Lebensdauertests, Feldausfällen und theoretischen Modellen. Zusätzlich kann die unterschiedliche Belastung im Test und im Betrieb berücksichtigt werden. Außerdem können auch Lebensdauertest-ergebnisse der Bauelemente-Hersteller verwendet werden.

Der MTBF-Wert der Baugruppen und Systeme wird über die Ausfallrate der Einzelbauelemente berechnet und berücksichtigt auch das Schaltungsdesign (mit oder ohne Redundanz). Die MTBF berechnet sich aus dem Kehrwert der Ausfallrate. Dabei ist jedoch zu beachten, dass diese Methode nur für den Bereich der Zufalls-Ausfälle und nicht für Frühausfälle oder Verschleißausfälle gültig ist.

microtec führt alle Arten von Lifetests, Burn-In, Klimatests, Temperaturzyklen etc. durch. Die Tests können unter einem weiten Bereich von elektrischen und klimatischen Bedingungen erfolgen.

Die Testergebnisse werden statistisch ausgewertet mit einer aktuellen Spezialsoftware (Weibull-, Lognormal-Verteilung etc), die neben der Lebensdauer auch die Charakteristik des Ausfallverhaltens wie Frühausfälle, Zufallsausfälle und Verschleißausfälle liefert.

Aus mehreren Lebensdauertests bei verschiedenen Bedingungen („cell tests“) können die Parameter der Alterungs-Modelle (z.B Aktivierungsenergie) bestimmt werden.

Die Bestimmung dieser Parameter ist angeraten, da sie vom Herstellprozess abhängen und deshalb nicht ohne Risiko der Fehleinschätzung aus der Literatur genommen werden können.

microtec bietet auch statistische Analysen von Daten an, die von Kunden zur Verfügung gestellt werden. Dabei kann es sich um Daten bei konstanten oder variablen Test- oder Betriebsbedingungen handeln. Auch die Fehleranalyse kann bei *microtec* durchgeführt werden um die Fehlermechanismen festzustellen. Zur Separierung von verschiedenen Fehlermechanismen ist es hilfreich Sub-Komponenten zu testen.

Untersuchungen zum Alterungsverhalten von Bauelementen und Empfehlungen zur Langzeit-Lagerung und Verarbeitbarkeit von gelagerten Bauelementen sind nur einige weitere Beispiele für Dienstleistungen im Bereich Zuverlässigkeit, die *microtec* anbietet. Dazu gehören auch Risikoanalysen in frühen Entwicklungsstadien von Produkten.

Autor:

Donalt Bach, Ingenieur optoelektronische Komponenten
microtec GmbH testlab for opto+microelectronics

Pressekontakt:

Ute Höchstötter ▪ ute.hoechstotter@microtec.de ▪ Tel.: +49 711 86709-57 ▪ www.microtec.de