

Screeningtest und Run-In von Steuergeräten

Autor: Dipl.-Ing. Manfred Schneider, GÖPEL electronic GmbH, Jena

Einleitung

Der Run-In-Test von Steuergeräten stellt mittlerweile seit vielen Jahren eine verbreitete Prüfstrategie dar, die seinerzeit den aufgrund mangelnder Prüfschärfe unbefriedigenden statischen Burn-In ablöste. Demgegenüber hat sich der Begriff des Screeningtest erst in den letzten Jahren etabliert. Screeningtest bedeutet die produktionsbegleitende Qualitätsüberwachung durch kontinuierliche Funktionsprüfungen der gefertigten Steuergeräte. Dabei wird eine definierte Anzahl von Baugruppen aus dem Fertigungslos entnommen und der Screening-Testeinrichtung zugeführt. Um eine möglichst hohe Fehleraufdeckung zu erreichen, erfolgt der Test unter verschärften Umweltbedingungen, d.h. die Steuergeräte werden während der Prüfung Temperaturzyklen zwischen unterer und oberer Betriebstemperaturgrenze unterworfen.

Mit einfachen statistischen Methoden kann aus der Anzahl während des Screening aufgetretener Ausfälle auf die Fehlerquote der gesamten Fertigungscharge geschlossen werden. Umgekehrt ergibt sich aus der Definition einer maximalen Fehlerquote – deren Einhaltung gegenüber dem OEM nachzuweisen ist – streng mathematisch der Fertigungsanteil und somit die Anzahl von Steuergeräten, die dem Screeningtest zu unterziehen ist.

Screeningtest und Run-In

Die beim Screeningtest angewandten Prüfmethoden entsprechen physikalisch dem Run-In-Test. Damit sind auch die verwendeten Testeinrichtungen identisch. Allerdings verfolgen beide Teststrategien unterschiedliche Ziele. Der Run-In hat die Aufgabe, die statistische Zuverlässigkeit der ausgelieferten Baugruppen zu erhöhen, indem er an technologisch fehlerbehafteten oder vorgeschädigten Baugruppen nachweisbare Frühausfälle provoziert. Als mangelhaft erkannte Baugruppen gelangen nicht zur Auslieferung an den Endkunden. Um alle ausfallgefährdeten Baugruppen zu erkennen, ist ein Run-In-Test logischerweise nur dann sinnvoll, wenn jede gefertigte Baugruppe dem Test unterzogen wird. Dies ist aber bei hohen Fertigungstückzahlen problematisch, da sich durch die Temperaturzyklen typischerweise ein Prüfzeitbedarf von mehreren Stunden ergibt. Andererseits ist aber erwiesen, dass nur die Temperaturwechsel-Beanspruchung zu einer hinreichend hohen Fehleraufdeckungsrate führt. Hier setzt der Screeningtest an, der prinzipiell nur eine andere statistische Methode verfolgt. Es geht im Gegensatz zum Run-In nicht darum, alle mangelhaften Baugruppen einer Fertigungscharge direkt zu identifizieren. Anhand einer repräsentativen Stückzahl getesteter Baugruppen soll einfach nur der statistische Nachweis erbracht werden, dass das gesamte Fertigungslos eine hinreichend geringe Fehlerquote aufweist und somit an den Endkunden ausgeliefert werden kann.

Ein wesentlicher Vorteil des Screeningtests liegt demnach darin, weniger gerätetechnischen Aufwand zu verursachen als der Run-In, weil die Anzahl der parallel zu testenden Prüflinge geringer ist. Weist der Screeningtest allerdings eine zu hohe Fehlerquote nach, sind weitere Maßnahmen zur Fehlererkennung bzw. Beseitigung erforderlich. Das führt zwangsläufig dazu, dass von der betroffenen Charge zunächst überhaupt keine Baugruppen ausgeliefert werden können.

Grundlegende technische Anforderungen

Aus der Einleitung sowie der Gegenüberstellung der beiden Testmethoden lassen sich bereits die grundlegenden Anforderungen an eine geeignete Testeinrichtung ableiten.

1. Es muss eine mehr oder weniger große Anzahl von Prüflingen parallel getestet werden. Dies können durchaus auch unterschiedliche Prüflinge sein, um die Kapazität der Temperaturkammer optimal auszunutzen, z.B. Steuergeräte für verschiedene Baureihen oder Ausstattungsvarianten.
Ob eine Testerarchitektur auf Basis gemultiplexer I/O-Ressourcen möglich ist oder jedem Prüfling vom Tester eine autarke Ansteuereinheit zugeordnet werden muss, hängt von der Prüflingsanzahl, den benötigten Mess- und Stimulikanälen sowie dem Umfang des Prüfprogramms (Testzeitbedarf) ab. Auch Mischvarianten sind möglich. In jedem Fall stellen aber autarke Ansteuereinheiten das leistungsfähigere Konzept dar.
2. Der Test muss zum Erzielen einer verwertbaren Fehleraufdeckungsrate unter Temperaturwechsel-Beanspruchung stattfinden. Statistiken belegen, dass insbesondere der Funktionstest aufgrund der dabei auftretenden physikalischen und biologischen Oberflächeneffekte an Bauelementen während der dynamischen Temperaturwechsel wichtige Informationen liefert. Der statische Test im eingeschwungenen Temperaturzustand liefert dagegen auch an den Grenztemperaturen weniger verwertbare Aussagen.
3. Der auszuführende Test muss alle internen Funktionsblöcke des Steuergerätes erfassen. Um dies bei komplexen Steuergeräten mit vertretbarem Prüfzeitaufwand zu realisieren, bieten sich Testroutinen an, die in die Firmware der Steuergeräte integriert und über Diagnosebefehle aufgerufen werden.
4. Mehrere kleinere Temperaturkammern im System sind effektiver als eine einzige große, da Be- und Entladevorgang mit dem Prüfprozess parallelisiert werden. Außerdem ergeben sich kürzere Aufheiz- und Abkühlzeiten.

Applikationsbeispiel Screeningtest von Kombiinstrumenten

Anhand des nachfolgend vorgestellten Testerkonzeptes am Beispiel eines Screeningsystems für Kombiinstrumente sollen einerseits die komplexen technischen Anforderungen an eine geeignete Testumgebung beschrieben, andererseits auch effiziente Lösungsansätze zur Umsetzung der für Kfz-Steuergeräte als typisch einzustufenden Parameter aufgezeigt werden.



Abbildung 1: Screeningtester

Kombiinstrumente gehören zu den komplexeren Steuergeräten im Kraftfahrzeug. Sie sind in mehrere Kommunikationsnetze des Fahrzeugs eingebunden (z.B. Antriebs-, Komfort- und Infotainment-CAN) und übernehmen über die Anzeigefunktionen hinaus weitere Aufgaben, beispielsweise als Gateway oder Datenspeicher. Aufgrund dieser Komplexität kann man den Testumfang einfacherer Steuergeräte als Teilmenge des am beschriebenen System realisierten Funktionsumfangs betrachten, die dem modularen Testerkonzept zur Folge auch über einen abgerüsteten Hard- und Softwareumfang des Testsystems umsetzbar wäre.

Allgemein gilt für jegliche Art von Steuergeräten das unter Abbildung 2 dargestellte Ablaufschema des Screeningtests. Hinter dem Block *Autodetektion* der angeschlossenen Steuergeräte verbirgt sich dabei das Auslesen der Steuergeräteidentifikation über Diagnosezugriff. Der Tester kann anhand dieser Information das für den jeweiligen Steuergerätetyp gültige Prüfprogramm automatisch zuordnen. Im Block *EEPROM Schreiben* wird das Ergebnis des Screeningtests in den Flashspeicher des Prüflings eingetragen. Dieser Code wird vom End-Of-Line-Tester erkannt und verhindert, dass im Screening ausgefallene Prüflinge zur Auslieferung gelangen.



Abbildung 2: Prinzipieller Ablauf des Screeningtests von Kfz-Steuergeräten

Der spezielle Testumfang für Kombiinstrumente besteht aus Stresszyklus und Messzyklus. Der Stresszyklus läuft kontinuierlich ab – in ununterbrochener Reihenfolge werden Zeigerinstrumente, Kontrolllampen, Lautsprecher, Hintergrundbeleuchtung und Anzeigedisplays stimuliert. Der Messzyklus dagegen, der auch die visuellen Kontrollen durch den Bediener beinhaltet, findet zu definierten Zeitpunkten statt, mindestens einmal pro Temperaturphase. Er beinhaltet außerdem das Auslesen des Fehlerspeichers sowie die Messung der Stromaufnahme in allen Betriebszuständen des Kombiinstrumentes, von Ruhestrom (μA -Bereich) bis Vollast (mehrere Ampere).

Es gibt zwei mögliche Betriebsarten, in denen der Screeningtest ausgeführt werden kann. Beim „fahrzeugnahen“ Test simuliert das Testsystem die Originalumgebung des Steuergerätes im Kraftfahrzeug, d.h. alle zu testenden Funktionen werden mit den im Betrieb des Fahrzeugs dafür vorgesehenen Signalen oder Botschaften ausgelöst. Dem gegenüber steht der „fertigungsnahe“ Test, der eine deutlich verkürzte Prüfzeit ermöglicht und deshalb bevorzugt anzuwenden ist. Dabei werden Testroutinen, beim Kombiinstrument beispielsweise das gleichzeitige An-/Ausschalten aller Kontrolllampen oder das parallele Sweepen der Zeigerinstrumente, im Steuergerät hinterlegt und über spezielle Diagnosebefehle vom Tester aufgerufen.

Zum Test der Hintergrundbeleuchtung wird der Fototransistor (zuständig für das Dimmen) im Kombiinstrument über einen im Prüflings-Rack integrierten Laser-Pointer angesprochen. Für den Test des Lautspechers (Gong, Buzzer) ist ein Mikrophon in der Temperaturkammer verbaut.

Bei der Prüfung des im Kombiinstrument optional verbauten Grafikdisplays werden die notwendigen Bildinformationen über die entsprechende Busschnittstelle des

Kombiinstrumentes zugeführt. Erfolgt der Bilddatentransfer über CAN, muss die am Testsystem vorhandene CAN-Schnittstelle die dafür notwendigen Kommunikationsprotokolle (Display-Daten-Protokoll DDP, Bedien-/Anzeige-Protokoll BAP) unterstützen.

Beschreibung des eingesetzten Gerätekonzeptes

Kernstück der Systemhardware des Screeningtesters bildet eine variable Anzahl universeller Multifunktionsbaugruppen. In Abbildung 3 ist eine solche Baugruppe dargestellt. Sie vereint ein Standard-Portfolio analoger und digitaler Testressourcen sowie „intelligenter“ Kommunikationsschnittstellen, die jeweils von einem eigenen Prozessor unterstützt werden. Die Multifunktionsbaugruppen werden mit dem Steuerrechner des Systems über Ethernet verbunden. Ihre Anzahl richtet sich nach der Zahl der parallel zu testenden Steuergeräte. Eine Multifunktionsbaugruppe kann prinzipiell mehrere Prüflinge ansteuern, soweit die auf dem Board verfügbare Anzahl von I/O-Ressourcen und Kommunikationsschnittstellen ausreicht. Für besonders komplexen Steuergeräte, wie z.B. Kombiinstrumente oder Navigationssysteme, lassen sich die verfügbaren Ressourcen der Baugruppe mit Hilfe von Aufsteck-Boards erweitern.



Abbildung 3: Multifunktionsbaugruppe magicCAR in Vollausrüstung mit zwei Erweiterungsboards

Das Basismodul der Multifunktionsbaugruppe umfasst folgende Testressourcen:

- 2 CAN-Schnittstellen, Unterstützung von CAN 2.0A und 2.0B
- 1 Schnittstelle durch steckbare Transceivermodule als LIN oder K-Leitung konfigurierbar
- Umsetzung der LIN 2.0 Spezifikation
- On-Board Diagnose für CAN:

- KW2000 auf TP1.6, TP2.0 und CAN-ISO-TP
- UDS auf CAN-ISO-TP
- GMLAN
- On-Board Diagnose für K-Leitung:
 - KW1281
 - KW2000
 - ISO 9141 Ford
- 10 digitale Eingänge mit LEDs für die Statusanzeige von Prüflingsausgängen
- 20 digitale Ausgänge, jumper-konfigurierbar, gegen PLUS, GND oder Sensor GND schaltend
- 3 Relais mit Strombelastbarkeit 7A, zur Aufschaltung der Versorgungsklemmen auf den Prüfling
- Analogausgänge (Widerstandswerte) 5 Kanäle mit je 6 internen Widerständen, externe Dekade aufschaltbar
- Generatoren: 5 Kanäle, universell nutzbar für Frequenz, PWM und Telegramme
- Integrierte Messschaltung zur Ruhestrombestimmung

Softwarearchitektur

Die Systemarchitektur des Screeningtesters beruht auf dem Prinzip eigenintelligenter Module, d.h. die auszuführenden Prüfprogramme werden auf die Multifunktionsbaugruppen heruntergeladen und auf Prozessorebene autark ausgeführt. Damit bleibt die Performance des Systems absolut unabhängig von der Anzahl parallel zu testender Prüflinge, die Kommunikation zwischen Steuerrechner und Multifunktionsbaugruppen beschränkt sich auf die Übergabe von Parametern bzw. Ergebnissen.

Zur Testablaufsteuerung bietet das System eine Testsequenzer-Software, zu der auch Prüfprogrammeditor und Debugger gehören. Die Erstellung von steuengeräte-spezifischen Prüfprogrammen wird durch eine Makrobibliothek unterstützt, in der Einzeltestschritte als parametrierbare Funktionen hinterlegt sind. Inhalt derartiger Makros sind beispielsweise Hardwarezugriffe auf Stimuli- und Messressourcen, aber auch die Ausführung von Diagnosediensten, CAN-, LIN-Operationen oder Auswertefunktionen. Die Makros werden aus der Bibliothek ausgewählt, anhand ihrer grafischen Eingabeoberfläche für den aktuellen Prüfschritt parametrierbar und zu einem kompletten Testprogramm verlinkt.

Die Bedienerführung ist den Erfordernissen der Fertigung entsprechend einfach und übersichtlich gehalten. Abbildung 4 zeigt die Prozessoberfläche, welche alle wesentlichen Informationen zum Fehlerstatus der Prüflinge und zu aktuellen Prozessparametern (Temperatur, aktueller Prüfschritt) auf einen Blick vermittelt. Detaillierte Informationen zu den einzelnen Prüflingen werden durch Anklicken des jeweiligen Steckplatzes sichtbar.



Abbildung 4: Prozessoberfläche zur Visualisierung des Anlagen- und Prüflingsstatus

Bedienablauf

Alle wesentlichen Steuerungsfunktionen führt das System vollautomatisch aus, sodass sich die notwendigen Bedienoperationen auf das Bestücken und Entladen der Prüflingsaufnahmen in den Temperaturkammern sowie die im Dialogbetrieb zwischen Bediener und interaktiver Bedienoberfläche auszuführenden visuellen Prüfungen beschränken.

Nach dem Bestücken der Prüflingsaufnahmen startet der Bediener die Autoidentifikation der Prüflinge und kontrolliert auf der Prozessoberfläche, ob alle Prüflinge korrekt erkannt wurden. Wenn dies der Fall ist, werden Temperaturprofil und Testzyklus gestartet. Das System erfordert keine kontinuierliche Beaufsichtigung. Via Modem erfolgt ein Fernruf an den Bediener (Email oder Telefon), wenn visuelle Prüfungen durchzuführen sind oder der Prüfablauf beendet wurde.

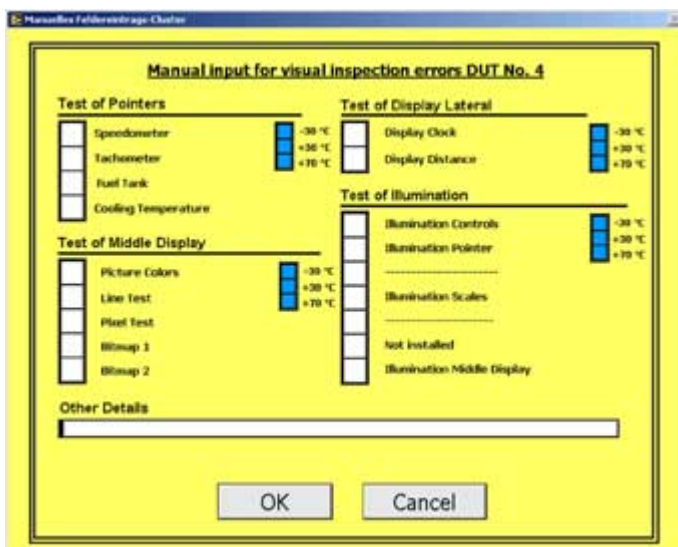


Abbildung 5: Eingabemaske für visuelle Prüfergebnisse

Praktische Erfahrungen

Leider obliegen konkrete Prüfergebnisse und Fehlerstatistiken einer strengen Vertraulichkeit durch den jeweiligen Anwender, sodass an dieser Stelle nicht mit detaillierten statistischen

Ergebnissen aufgewartet werden darf. Man kann aber dem Einsatz von Screeningtestern einen uneingeschränkten Erfolg bescheinigen – sowohl bezüglich der minimierten Fehlerquote ausgelieferter Steuergeräte als auch im Hinblick auf technologische Erkenntnisse zur Optimierung des Fertigungsprozesses und Erhöhung der Produktqualität. Die allgemeine Auswertung vorliegender Testergebnisse zeigt, dass ein stabiler Fertigungsprozess in Abhängigkeit von der Komplexität und dem Innovationsgrad des jeweiligen Steuergerätes im Minimum erst sechs Monate nach Produktionsstart zu erwarten ist. Die Phase der Prozess- und Produktoptimierung bis zum Erreichen eines stabilen Lieferzustandes wird durch den Einsatz von Screeningtestern auf etwa die Hälfte oder bis zu einem Drittel reduziert.

Autor:

Manfred Schneider (geb. 1953) studierte von 1971 bis 1975 Nachrichtentechnik an der Technischen Hochschule Ilmenau. Seine berufliche Karriere begann im Forschungszentrum von Carl Zeiss Jena im Bereich Technologische Entwicklung, danach als Hardware-Entwickler im Bereich Hybridbauelemente. 1984 wechselte Schneider in den Fachbereich Prüftechnik bei Zeiss Jena und beteiligte sich an der Hardwareentwicklung von Funktions- und In-Circuit-Testsystemen. 1991 war Schneider Mitgründer der GÖPEL electronic GmbH, deren Business Unit „Automotive Test Solutions“ er als geschäftsführender Gesellschafter bis heute leitet.