

## Große Teststrategien klein verpackt

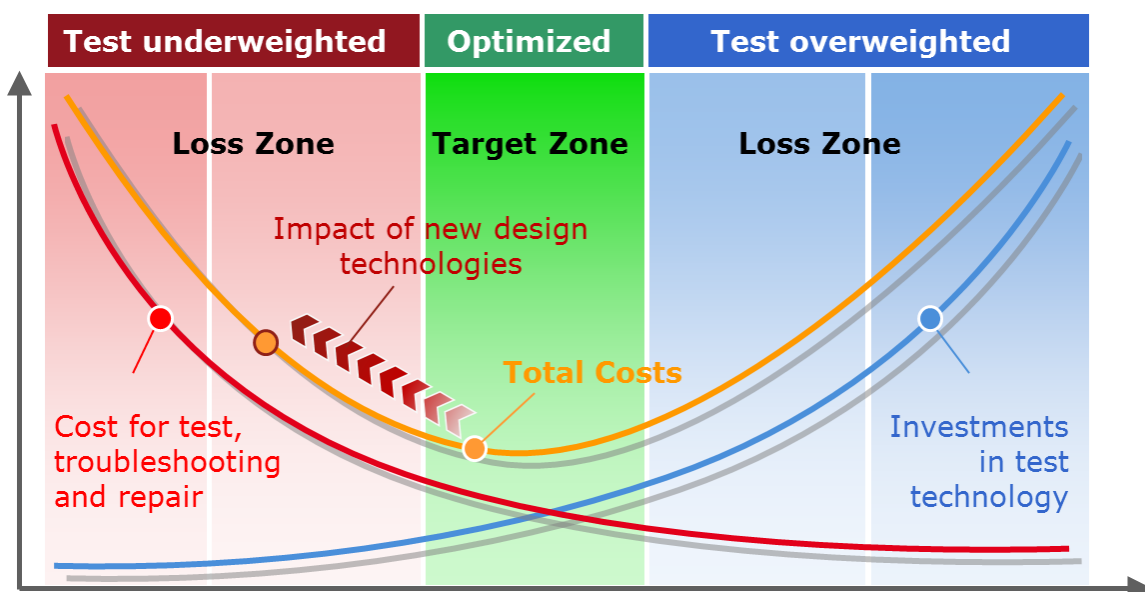
Jan Heiber, Thomas Wenzel

Neue Applikationen wie das Internet of Things (IoT), Vernetzung im Automotive Bereich oder Smart City, um nur einige zu nennen, stimulieren nicht nur die Entwicklung innovativer Designtechnologien auf Chip und Board-Level, sondern sie verändern auch die elektrischen Charaktereigenschaften moderner Elektronik nachhaltig. Dieser Umstand hat auch einen fundamentalen Einfluss auf die Methoden zur Qualitätssicherung in der Produktion. Vor allem die Frage nach der richtigen elektrischen Teststrategie und ihrer gerätetechnischen Realisierung rückt immer wieder in den Blickpunkt. Der folgende Beitrag diskutiert hierzu einige grundlegende Aspekte und stellt einen neuartigen Tester on Chip (Toc), sowie seine praktischen Einsatzmöglichkeiten als Bestandteil von Systemlösung vor.

### Die Qual der Wahl

Dass Elektronik vor der Auslieferung irgendwann auch mal irgendwie getestet werden muss ist sicherlich unbestritten. Dennoch gehen die Meinungen und Diskussionen zu diesem Thema weit auseinander. Während die einen die Meinung vertreten - einschalten und schauen, ob es startet, ist völlig ausreichend, fordern andere die 100% Prüfung und das in möglichst jeder Fertigungsphase.

Nun gibt es tatsächlich Applikationen wo derartige Vorgehensweisen gerechtfertigt sind, z.B. die notwendige 100% Prüftiefe bei Komponenten in der Luft- und Raumfahrt, oder aber die einfache, in Massen produzierte Dimmerschaltung auf der anderen Seite.



#### Pressekontakt:

GÖPEL electronic GmbH  
Matthias Müller  
Goeschwitzer Str. 58-60/66  
D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739  
Fax: +49-3641-6896-944  
E-Mail: [press@goepel.com](mailto:press@goepel.com)  
URL: [www.goepel.com](http://www.goepel.com)

GÖPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0  
Fax: +49-3614 - 6896 - 944  
E-Mail: [sales@goepel.com](mailto:sales@goepel.com)  
[www.goepel.com](http://www.goepel.com)

Abb.1: Qualitative Kostenentwicklung in puncto Test

Für das Gros komplexer Elektronikeinheiten gilt aber grundsätzlich der in Abbildung 1 dargestellte Kostenzusammenhang. Demzufolge ist Testen auch immer eine Optimierungsaufgabe von Aufwand und Nutzen. Ein Zuviel an Test führt genauso zu unnötigen Mehrkosten wie ein Zuwenig. Und genau an dieser Stelle scheiden sich die Geister. In der Diskussion über das richtige Maß werden dabei viele Dinge miteinander vermischt und oftmals geht es im Endeffekt einzig und allein um die Frage, welcher Tester denn nun der bessere ist. Dieser Tunnelblick führt aber automatisch zu suboptimalen Entscheidungen, denn er folgt keinem ganzheitlichen Lösungsansatz zur Kostenoptimierung über den gesamten Produktlebenszyklus.

Eine genauere Analyse aller, am Ende einer Fertigung zu verzeichnenden Fehler, führt zu einer Klassifizierung gemäß Tabelle 1.

Fehlerkategorie	Fehlerquellen (Auszug)	Primäre UUT Auswirkung
Bei der Prozessoperation entstehende Fehler (Prozessfehler)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pastendruck</li> <li>- Bestückung</li> <li>- Lötung</li> <li>- Montage</li> </ul>	- Veränderung der elektrischen Struktur
Fehler durch Zuführung defekter oder falscher Komponenten in den Prozess (Eingeschleuster Fehler)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falsche/defekte Bare Boards</li> <li>- Falsche/defekte IC</li> <li>- Falsche/defekte passive Komponenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veränderung der elektrischen Struktur oder</li> <li>- Veränderung des funktionalen Verhaltens</li> </ul>
Durch fehlerhaftes, oder nicht genügend validiertes Design entstehende Fehler (Eingeschleuster Fehler)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Timingprobleme</li> <li>- Signalpegelprobleme</li> <li>- Thermische Probleme (Drift)</li> <li>- Toleranzprobleme</li> <li>- EMV Probleme</li> </ul>	- Dauerhafte oder temporäre Veränderung des funktionalen Verhaltens
Durch fehlerhafte, inkonsistente, veraltete Firmware entstehende Fehler (Eingeschleuster Fehler)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falsches Image im FPGA Boot-PROM</li> <li>- Falsches Image im MicroController</li> <li>- Falsches Image im Flash Speicher</li> </ul>	- Dauerhafte oder temporäre Veränderung des funktionalen Verhaltens

Tab.1: Übersicht über typische Fehlerkategorien im gesamten Fertigungsprozess

**Pressekontakt:**

GOPEL electronic GmbH  
 Matthias Müller  
 Göschwitzter Str. 58-60/66  
 D-07745 Jena

Tel: +49-3641-6896-739  
 Fax: +49-3641-6896-944  
 E-Mail: [press@goepel.com](mailto:press@goepel.com)  
 URL: [www.goepel.com](http://www.goepel.com)

**GOPEL electronic GmbH** • Göschwitzter Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0  
 Fax: +49-3614 - 6896 - 944  
 E-Mail: [sales@goepel.com](mailto:sales@goepel.com)  
[www.goepel.com](http://www.goepel.com)

Vor allem in den Produktionsprozess eingeschleppte Komponenten-, Design- und Software-Fehler sind ein ganz böses Thema, denn gerade sie verursachen teilweise schwer zu diagnostizierendes funktionales Fehlverhalten, im Extremfall sogar sporadische Ausfälle, welche erst unter ganz bestimmten Bedingungen im End of Line (EoL) Test, oder sogar erst nach Auslieferung auftreten. Die Vermeidung dieser Fehler muss in der Skala der Qualitätssicherungsmaßnahmen ganz weit oben stehen, denn ihre Bekämpfung kann helfen, enorme Folgekosten einzusparen. Dieses Herangehen hat auch fundamentalen Einfluss auf die notwendigen Test- und Inspektionsstrategien, denn wenn es gelingt, die Zahl der eingeschleusten Fehler zu minimieren, verändert sich zwangsläufig auch das schwerpunktmäßig abzudeckende Fehlerspektrum. Im Fokus steht dann die Erkennung struktureller Fehler hinter jedem Prozessschritt, während Funktionsfehler prinzipiell nur noch im EoL-Test adressiert werden.

Eine derartig strukturierte Methodik zur Überwachung der Prozess-Inputs, sämtlicher Prozessoperationen und des Outputs ist in Abbildung 2 enthalten. Sie ermöglicht auch die Rückkopplung gewonnener Test- und Inspektionsinformationen im Rahmen eines SPC-Monitors [1].

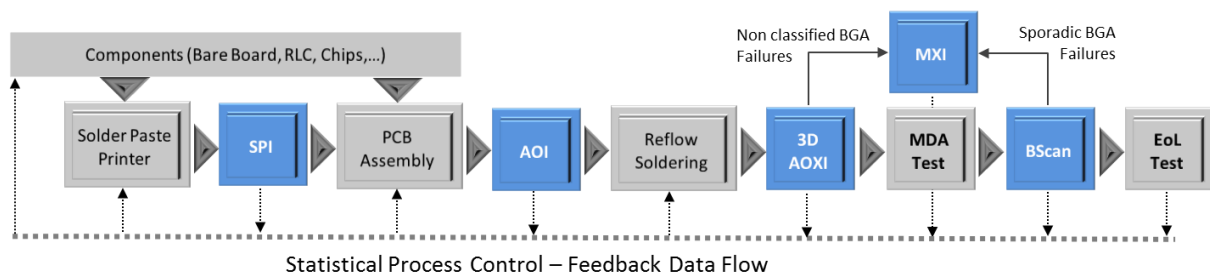


Abb.2: Beispiel einer Fertigungslinie mit SPC-Monitor auf Basis verschiedener Sensoren

Auf Basis der dokumentierten Philosophie kann sich das vor dem EoL-Test eingesetzte Testequipment auf die Diagnose der primären Prozessfehler konzentrieren. In Abhängigkeit der verfügbaren Zugriffsmethoden ergeben sich dabei folgende Verfahren:

- In-Circuit Test/Manufacturing Defects Analyzer auf Basis invasiver Nadelzugriffe
- Boundary Scan Test/IEEE1149.x auf Basis Embedded System Access (nichtinvasiv)
- Funktionstest über den nativen Steckverbinder-Zugriff (nichtinvasiv)

**Pressekontakt:**

GOPEL electronic GmbH  
Matthias Müller  
Göschwitzer Str. 58-60/66  
D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739  
Fax: +49-3641-6896-944  
E-Mail: [press@goepel.com](mailto:press@goepel.com)  
URL: [www.goepel.com](http://www.goepel.com)

**GOPEL electronic GmbH** • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0  
Fax: +49-3614 - 6896 - 944  
E-Mail: [sales@goepel.com](mailto:sales@goepel.com)  
[www.goepel.com](http://www.goepel.com)

Dabei kann die Testgeschwindigkeit durchaus im statischen, bzw. at-speed Bereich liegen. Auch die Genauigkeit beim analogen Funktionstest muss nicht allzu groß sein, oftmals genügen Plausibilitätstests.

Der zunehmend limitierte physikalische Zugriff auf die Unit Under Test (UUT) stellt bei modernen Baugruppen jedoch das größte Testhindernis dar. Jahrzehntlang erprobte Technologien wie ICT/MDA sind dadurch nicht mehr umfassend einsetzbar. Im digitalen Bereich hat sich an dieser Stelle der JTAG/Boundary Scan Zugriff [2] immer weiter durchgesetzt. Dennoch bringt auch hier erst eine Kombination verschiedener Methoden in einem Tester den gewünschten Effekt der Maximierung der Fehlerabdeckung. Bisher mussten die dazu erforderlichen Instrumente in diskreter Form kombiniert werden, was unweigerlich mit größerem Integrationsaufwand und Kosten verbunden war. Neue Lösungsansätze treiben aber die Miniaturisierung auf diesem Gebiet deutlich voran.

### **Viel Musik im Chip**

Basierend auf einer mehr als 20 jährigen Erfahrung, insbesondere im Bereich des Boundary Scan und Funktionstests, hat GÖPEL electronic mit dem CION-LX [3] den ersten, per JTAG steuerbaren, Mixed Signal Tester on Chip (ToC) entwickelt. Er zeichnet sich durch folgende Hauptmerkmale aus:

- 32 Mixed Signal Kanäle, 8 Differentielle Kanäle, 4 High Current Kanäle
- Unterstützung für IEEE1149.1, IEEE1149.6 und IEEE1149.8.1
- Integrierte Analogressourcen (ADC, DAC, Digitizer, Arb)
- Analog Front End Multiplexer
- Integrierte Digital-Ressourcen (Frequenzzähler, Event Detector)
- Schaltbare Pull up / Pull down
- Programmierbare Slew Rate bei digitalen Treibern
- Vio Bereich zwischen 0.9 – 3.6V auf 4 verschiedenen Bänken
- 3 verschiedene Betriebsmodi

Das Blockschaltbild des CION-LX (Abbb.3) gibt einen Überblick über die Gesamtarchitektur des Chips. Er wird in einer Mixed Signal CMOS Technologie gefertigt und ist in einem LGA116 Package integriert.

#### **Pressekontakt:**

GÖPEL electronic GmbH  
Matthias Müller  
Goeschwitzer Str. 58-60/66  
D-07745 Jena

Tel: +49-3641-6896-739  
Fax: +49-3641-6896-944  
E-Mail: [press@goepel.com](mailto:press@goepel.com)  
URL: [www.goepel.com](http://www.goepel.com)

**GÖPEL electronic GmbH** • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0  
Fax: +49-3614 - 6896 - 944  
E-Mail: [sales@goepel.com](mailto:sales@goepel.com)  
[www.goepel.com](http://www.goepel.com)

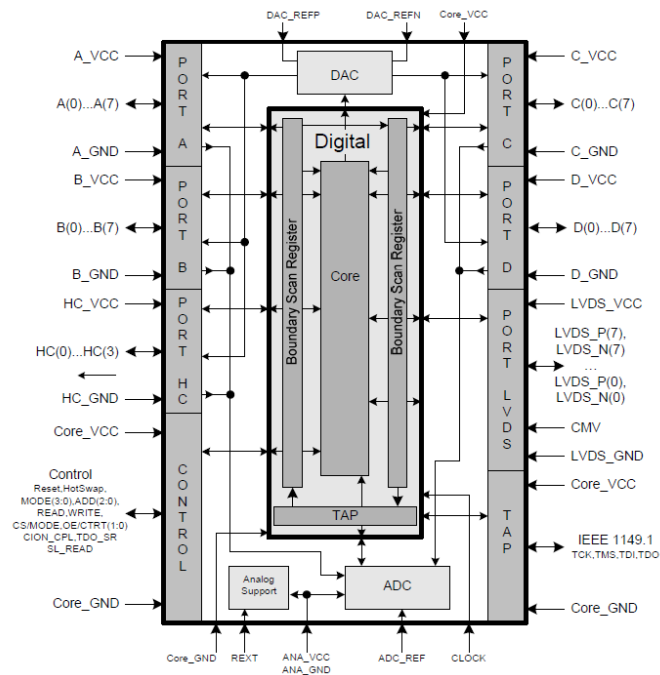


Abb.3: Architektur des CION-LX

Zur Ansteuerung der einzelnen Ressourcen per JTAG verfügt der Chip über eine erweiterte Registerarchitektur mit insgesamt 7 Datenregistern und einem 5bit Instruktionsregister (Abb.4). Davon dienen 3 Register ausschließlich der Steuerung der zusätzlichen Ressourcen. Die maximale TCK Frequenz beträgt 100MHz.

**Pressekontakt:**

GÖPEL electronic GmbH  
 Matthias Müller  
 Göschwitzter Str. 58-60/66  
 D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739  
 Fax: +49-3641-6896-944  
 E-Mail: [press@goepel.com](mailto:press@goepel.com)  
 URL: [www.goepel.com](http://www.goepel.com)

**GÖPEL electronic GmbH** • Göschwitzter Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0  
 Fax: +49-3614 - 6896 - 944  
 E-Mail: [sales@goepel.com](mailto:sales@goepel.com)  
[www.goepel.com](http://www.goepel.com)

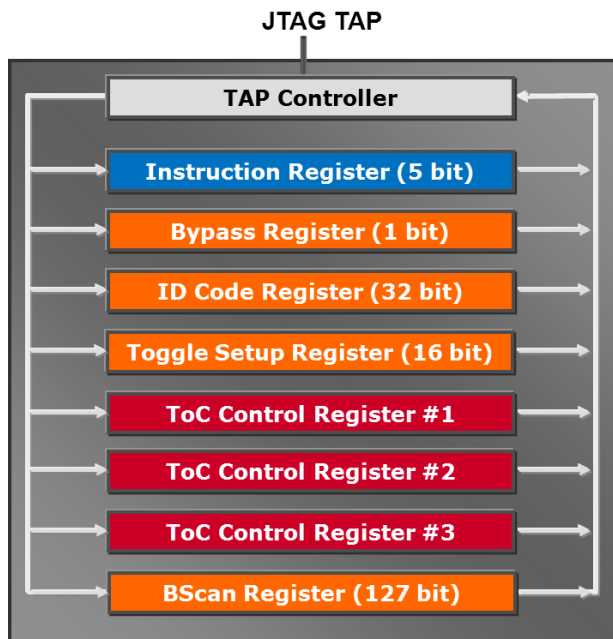
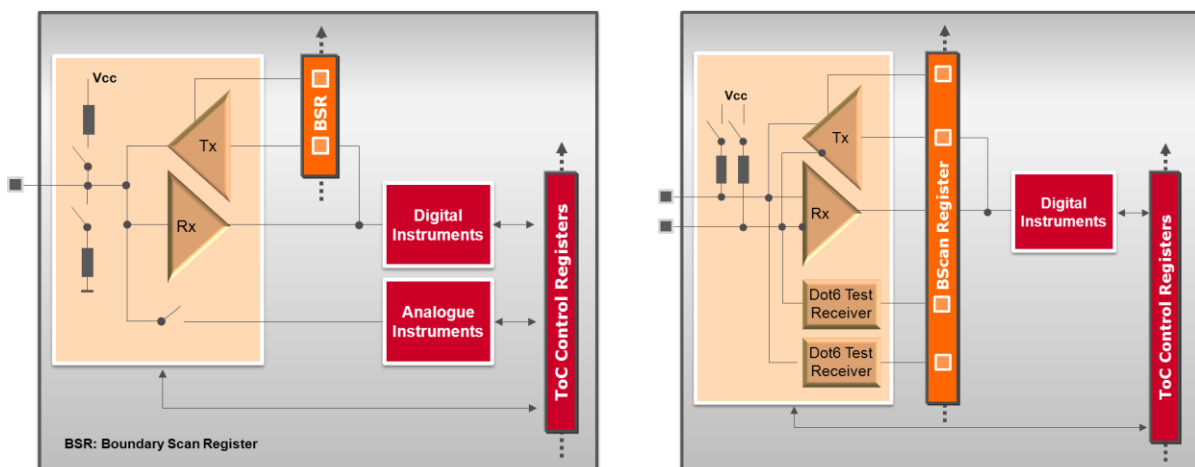


Abb.4: Test Access Port (TAP) Organisation

Jeder der 32 Single Ended Kanäle bietet die Möglichkeit sowohl Boundary Scan Operationen durchzuführen, als auch die Mixed Signal Ressourcen zu nutzen (Abb.5). Dabei kommt eine 2 Bit Boundary Scan Zellarchitektur mit bidirektionalen Eigenschaften zum Einsatz. Jeder Kanal kann dadurch unabhängig als Input, Output oder Tri-State (Hotswap) geschaltet werden. Falls gewünscht, können die zusätzlichen Instrumente auch parallel zu den digitalen Boundary Scan I/O Operationen eingesetzt werden.



**Pressekontakt:**

GÖPEL electronic GmbH  
 Matthias Müller  
 Göschwitzter Str. 58-60/66  
 D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739  
 Fax: +49-3641-6896-944  
 E-Mail: [press@goepel.com](mailto:press@goepel.com)  
 URL: [www.goepel.com](http://www.goepel.com)

**GÖPEL electronic GmbH** • Göschwitzter Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0  
 Fax: +49-3614 - 6896 - 944  
 E-Mail: [sales@goepel.com](mailto:sales@goepel.com)  
[www.goepel.com](http://www.goepel.com)

Abb.5: Aufbau eines Single Ended Kanals und eines Differentiellen Kanals

Ergänzend zu den Single Ended Kanälen sind im CION-LX auch 8 bidirektionale, differentielle Kanäle mit IEEE1149.6 [3] Unterstützung integriert. Bei diesen sind lediglich die digitalen Zusatzinstrumente nutzbar (Abb.6). Die Boundary Scan Zellarchitektur umfasst hier 4 Bit.

Zur Verbesserung der Flexibilität kann das Interface in verschiedenen Parametern wie Bias, Terminierung und wählbar auf CML oder LVDS programmiert werden.

Wie bereits in Abbildung 3 dokumentiert, verfügt der ToC auch über eine Core-Logik. Diese enthält in Abhängigkeit der gewählten Betriebsart entweder ein 16bit Register, oder mehrere Buffer-Stufen. Der Baustein wird dadurch in einen parallelen Busbaustein verwandelt. Die Nutzung der Boundary Scan Strukturen, sowie der Mixed Signal Ressourcen ist auch in diesem Fall gegeben, allerdings kann der Zugriff in diesen Modi dann auch parallel und mit höherer Geschwindigkeit erfolgen. Die Universalität und damit die Applikationsbandbreite wird dadurch deutlich gesteigert.

### **Applikationen auf den Punkt gebracht**

Mit den bereits gezeigten Eigenschaften und den zusätzlichen Betriebsmodi sind für den CION-LX viele Einsatzszenarien denkbar. Dazu zählen

- Einsatz als rein seriell gesteuerter JTAG Chip auf einem externen Testadapter
- Einsatz als einfaches 16bit Busregister mit erweiterter Boundary Scan Testability
- Einsatz als doppelt getaktetes 16bit Busregister mit erweiterter Boundary Scan Testability
- Einsatz als 8 Kanal Driver/Sensor Interface für ATE-Pinelektronik
- Einsatz als 16 bit Level Shifter mit erweiterter Boundary Scan Testability
- Einsatz als designintegrierter System-Monitor mit JTAG Interface

Dabei können zur Erweiterung der Kanalzahl prinzipiell beliebig viele ToC zusammengeschaltet werden. Im seriellen JTAG-Betrieb geschieht dies durch einfache Kaskadierung, im Parallel-Mode durch Adressierung.

Über das Angebot des einzelnen Chips hinaus existieren bereits einige vorkonfektionierte I/O Module.

Dazu zählt auch ein Evaluation Board (Abb.6). Es ermöglicht die Verifikation aller Features und Betriebs-Modi des CION-LX. Zusätzliche LEDs und ein integrierter Clockbaustein bieten dabei weitere Hilfestellungen.

#### **Pressekontakt:**

GÖPEL electronic GmbH  
Matthias Müller  
Goeschwitzer Str. 58-60/66  
D-07745 Jena

Tel: +49-3641-6896-739  
Fax: +49-3641-6896-944  
E-Mail: [press@goepel.com](mailto:press@goepel.com)  
URL: [www.goepel.com](http://www.goepel.com)

**GÖPEL electronic GmbH** • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0  
Fax: +49-3614 - 6896 - 944  
E-Mail: [sales@goepel.com](mailto:sales@goepel.com)  
[www.goepel.com](http://www.goepel.com)





Abb.6: Das CION-LX Evaluation Board

Für den Einsatz auf einem externen Testadapter steht das CION-LX I/O Module FXT/96 zur Verfügung. Es bietet 96 Mixed Signal Testkanäle und wird rein über das TAP Interface gesteuert. Es kann mit jedem IEEE1149.x kompatiblen Controller betrieben werden.



Abb.7: Das CION-LX Module FXT/96

Die Erstnutzung des CION-LX im parallelen Modus wurde kürzlich im Rahmen eines neuen I/O Moduls der JTAG/Boundary Scan Hardwareplattform SCANFLEX eingeführt (Abb.8). Das SFX5296LX verfügt über 96 Single Ended Mixed Signal Kanäle und kann auch IEEE1149.x Operationen ausführen. Es wird über den internen SCANFLEX Bus parallel angesteuert und ist daher in der Ausführung von Test- und Messfunktionen deutlich schneller als z.B. das CION-LX Module FXT/96.

**Pressekontakt:**

GOPEL electronic GmbH  
Matthias Müller  
Göschwitzer Str. 58-60/66  
D-07745 Jena

Tel: +49-3641-6896-739  
Fax: +49-3641-6896-944  
E-Mail: [press@goepel.com](mailto:press@goepel.com)  
URL: [www.goepel.com](http://www.goepel.com)

**GOPEL electronic GmbH** • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0  
Fax: +49-3641 - 6896 - 944  
E-Mail: [sales@goepel.com](mailto:sales@goepel.com)  
[www.goepel.com](http://www.goepel.com)



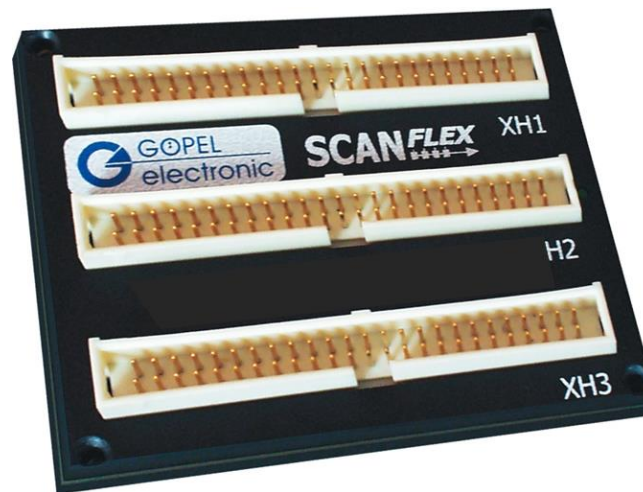


Abb.8: Das SCANFLEX Mixed Signal I/O Modul SFX5296LX

Alle bisher gezeigten Module werden von der JTAG/Boundary Softwareplattform SYSTEM CASCON™ [5] umfassend unterstützt. In Kombination mit einem einfachen low cost Controller, wie dem PicoTAP™ und einem CION-LX Modul FXT/96 lässt sich bereits ein leistungsfähiges Mixed Signal Testsystem konfigurieren.

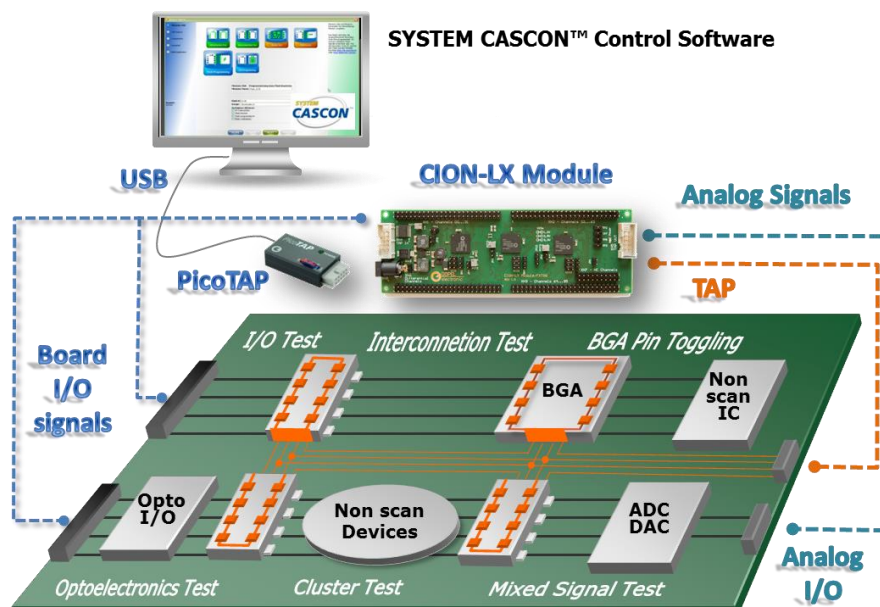


Abb.9: Beispiel für einen erweiterten Mixed Signal Tester auf Basis CION-LX

**Pressekontakt:**

GOPEL electronic GmbH  
Matthias Müller  
Goeschwitzer Str. 58-60/66  
D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739  
Fax: +49-3641-6896-944  
E-Mail: [press@goepel.com](mailto:press@goepel.com)  
URL: [www.goepel.com](http://www.goepel.com)

**GOPEL electronic GmbH** • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0  
Fax: +49-3614 - 6896 - 944  
E-Mail: [sales@goepel.com](mailto:sales@goepel.com)  
[www.goepel.com](http://www.goepel.com)

Die ausführbaren Prozeduren sind dabei sehr mannigfaltig und reichen von statischen digitalen Pattern bis hin zu at-speed Analog Signalen. Es ergibt sich folgende grobe Übersicht:

- Statische IEEE1149.1 Boundary Scan Tests für Single Ended I/O
- At-speed Tests via IEEE1149.6 für differentielle I/O
- Selectives Pin-Toggeln auf Basis IEEE1149.8.1
- Statischer digitaler Funktionstest
- Treiben von digitalen Pegeln mit unterschiedlicher Flankensteilheit
- Zuschaltung von Pull up / Pull down
- Frequenzmessung
- Erkennung von zufälligen Signalwechseln
- Erzeugung von Pulsen/Takten
- Messung von statischen Spannungen
- Digitalisierung von analogen Signalverläufen
- Synchronisiertes Abtasten mehrerer Analogsignale
- Erzeugung von statischen Spannungen
- Erzeugung von arbiträren Signalen
- Programmierung von Flash bei möglichem externen Zugriff

Die Auflösung der analogen Ressourcen beträgt 12bit beim ADC und 10bit beim DAC. Obwohl für die analogen Ressourcen eine interne Referenzspannung integriert ist, kann diese auch extern eingespeist werden. Darüber hinaus ist zum Betrieb des ToC lediglich ein externer Taktgenerator notwendig.

Prinzipiell sind alle aufgelisteten Funktionen an allen Kanälen (mit Ausnahme der differentiellen Kanäle) verfügbar und können teilweise auch parallel und autark im Chip gesteuert ablaufen. Diese Flexibilität ermöglicht die gewünschte hohe Fehlerabdeckung.

Insgesamt stärkt damit der CION-LX die von GÖPEL electronic entwickelte Philosophie des sogenannten Embedded System Access (ESA) [6].

**Pressekontakt:**

GÖPEL electronic GmbH  
Matthias Müller  
Goeschwitzer Str. 58-60/66  
D-07745 Jena

Tel: +49-3641-6896-739  
Fax: +49-3641-6896-944  
E-Mail: [press@goepel.com](mailto:press@goepel.com)  
URL: [www.goepel.com](http://www.goepel.com)

**GÖPEL electronic GmbH** • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0  
Fax: +49-3614 - 6896 - 944  
E-Mail: [sales@goepel.com](mailto:sales@goepel.com)  
[www.goepel.com](http://www.goepel.com)

## Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Moderne Elektronikeinheiten werden immer komplexer, intelligenter, schneller und der physikalische Zugriff sinkt zunehmend. Diese Trends haben auch starke Auswirkungen auf die entstehenden Testkosten. Zur Optimierung von Aufwand und Nutzen sind hier ganzheitliche Optimierungsstrategien notwendig, welche insbesondere die, in den Produktionsprozess eingeschleppten, Fehler konsequent minimieren. Unter diesen Voraussetzungen können sich die eingesetzten Teststrategien und die notwendige Gerätetechnik primär auf die Diagnose von reinen Prozessfehlern fokussieren. Getrieben von den reduzierten Möglichkeiten der physikalischen Kontaktierung stehen dabei vor allem solche Instrumentierungen im Mittelpunkt, welche im System eingebettete Zugriffsmechanismen (z.B. JTAG/Boundary Scan) bzw. die nativen Steckverbinder Zugriffe (Mixed Signal Funktionstest), nutzen. Neue Entwicklungen auf dem Gebiet Tester on Chip (ToC), wie der CION-LX, ermöglichen die Kombination derartiger Verfahren miniaturisiert in einem IC. Verschiedene Betriebsmodi steigern die Universalität des Chips zusätzlich. Damit steht eine hervorragende Basis zur kostengünstigen Realisierung hochintegrierter Testlösungen mit sehr guter Fehlerabdeckung zur Verfügung.

Der Anspruch, große Teststrategien klein zu verpacken ist damit erfüllt, zum Einsatzerfolg müssen aber auch prozesseitig die notwendigen Rahmenbedingungen geschaffen werden.

### Quellen

- [1] Thomas Wenzel / Andreas Türk – Die Crux der BGA-Lötstellen  
White Paper, GÖPEL electronic, 2014
- [2] IEEE Std.1149.1-2013, Standard Test Access Port and Boundary Scan Architecture
- [3] Produktinformation CION LX – Tester on Chip, GÖPEL electronic, 2014
- [4] IEEE Std. 1149.6-2003, Standard for Boundary Scan Testing of Advanced Digital Networks
- [5] Boundary Scan Software SYSTEM CASCON, Produktinformation GÖPEL electronic 2014
- [6] Thomas Wenzel / Heiko Ehrenberg – Der Paradigmenwechsel beim elektrischen Test,  
White Paper, GÖPEL electronic, 2012

#### Pressekontakt:

GÖPEL electronic GmbH  
Matthias Müller  
Goeschwitzer Str. 58-60/66  
D-07745 Jena

Tel: +49-3641-6896-739  
Fax: +49-3641-6896-944  
E-Mail: [press@goepel.com](mailto:press@goepel.com)  
URL: [www.goepel.com](http://www.goepel.com)

**GÖPEL electronic GmbH** • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0  
Fax: +49-3614 - 6896 - 944  
E-Mail: [sales@goepel.com](mailto:sales@goepel.com)  
[www.goepel.com](http://www.goepel.com)