

# Datenautobahn für Multimedia auf vier Rädern

Chipsatz für die Punkt-zu-Punkt-Datenübertragung im Auto mit 1 Gbit/s

Für die Übertragung von Multimediadaten in Fahrzeugen hat Inova Semiconductors seine GigaSTaR-Produktlinie weiterentwickelt zum „APIX“, dem Automotive Pixel Link. Die Bausteine der APIX-Familie passen universell an alle modernen Grafikprozessoren, TFT-Displays und Kamera-Sensoren und übertragen dabei in Echtzeit Pixel- und Steuerdaten mit einer Datenrate von bis zu 1 Gbit/s über Zweidraht-Kupferleitung bis zu 15 Meter weit.

Von Robert Kraus

Das Thema ist nicht mehr ganz taufersch und trotzdem hochaktuell: Schon seit fast zehn Jahren beschäftigt die Autoindustrie die Tatsache, dass künftige Fahrzeuggenerationen mit einer steigenden Anzahl digitaler Systeme ausgestattet werden, um das wachsende Interesse an Multimedia-Anwendungen im Auto zu befriedigen.

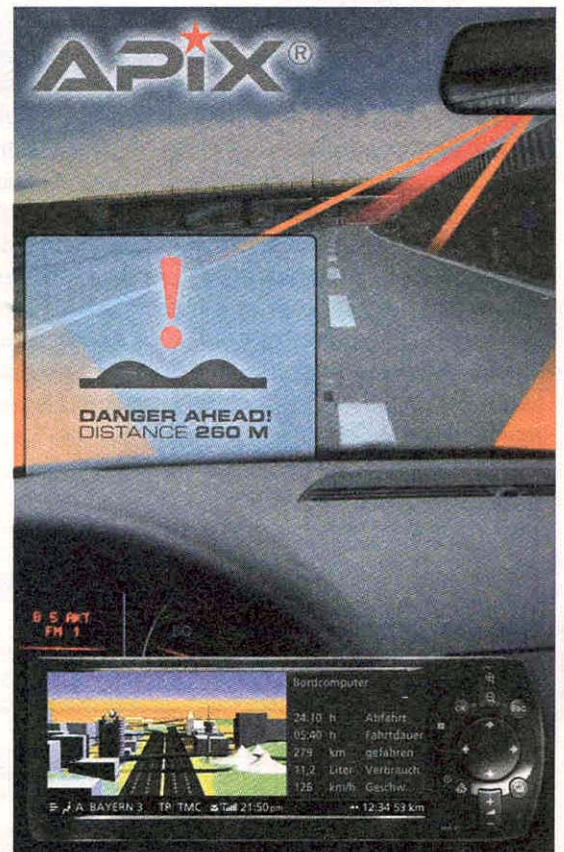
Der Ruf nach einem Hochgeschwindigkeits-Multimedia-Bus ist heute drängender denn je, und die Schere zwischen verfügbarer und tatsächlich benötigter Bandbreite geht ständig auseinander. Bewältigen aktuelle Bussysteme im Fahrzeug gerade mal Datenraten von 20 Mbit/s, werden Multimedia-Systeme immer bithungriger: Alleine um ein modernes TFT-Display mit 1280 × 480 Pixel, einer Farbauflösung von 24 bit und 60 Hz Refresh-Rate ohne Komprimierung und in Echtzeit zu betreiben, ist ein konstanter Datenstrom von rund 1 Gbit/s erforderlich – rund das 50-fache an Bandbreite, die heute etwa der verbreitete MOST-Bus zur Verfügung stellt.

Sehr realistisch in Sachen galoppierender Bandbreitenbedarf waren die Fachleute übrigens schon damals. So ist bereits im Executive Summary des ERTICO-Strategie-Papiers „Open Architecture for an Automotive Multime-

dia Bus System“ [1] vom August 1999 nachzulesen, dass es trotz des Trends zu höherer Integration stets verteilte Systeme geben wird, die einen leistungsfähigen Datenbus benötigen, der Bitströme und Befehle in beide Richtungen übertragen kann. Auch wenn man damals die Größenordnung dieser Bitströme etwa für Infotainment-Displays und Echtzeit-Kameras noch nicht genau beziffern konnte, ging man davon aus, dass sie auf jeden Fall „enorm anwachsen werden“.

In zahlreichen Initiativen und Konsortien wird seitdem versucht, einen derartigen „High-Speed-Multimedia-Bus“ fürs Auto zu spezifizieren: Einer der Pioniere war 1997 das europäische ERTICO-Konsortium mit „CMOBA“ (Car Multimedia Open Bus Architecture), im Oktober 1998 folgte „AMIC“ (Automotive Multimedia Interface Consortium) von GM, Toyota, DaimlerChrysler, Ford und Renault.

Im Jahr 1999 war es wiederum ERTICO, die mit „SAMSON“ (Standard for Automotive Multimedia Systems based on Open Architecture



Networks) einen weiteren Anlauf starteten.

## Das Kabel als Flaschenhals

Zentrales Thema und gleichzeitig auch Flaschenhals war und ist die Verbindung der dezentralen Systeme wie TFT-Displays, Kamera-Sensoren, DVD-Spieler, DAB/DVB-T-Empfänger und DVD/CD-ROMs untereinander. Auch wenn man damals bestenfalls an Datenraten von einigen 100 Mbit/s dachte – tatsächlich werden in den nächsten Modellgenerationen ab 2007/2008 hochauflösende TFT-Displays mit einer Pixel-Datenrate von bis zu 1 Gbit/s eingesetzt – wurde die Idee, eine solche hochbitratige Übertragung mit Kupferkabel zu realisieren, verworfen.

Hochfrequente Gigabit-Übertragung übers Kabel und daneben hochempfindliche Radio-, GSM- und GPS-Empfänger, das konnte nach Meinung der Fachleute kaum gut gehen. Als dann tatsächlich erste Fahrzeuge mit digitaler Videoübertragung zwischen Grafikkarte und Display Anfang 2000 auf den Markt kamen, wurden diese Befürchtungen auch voll bestätigt. Kritische HF-Abstrahlungen, die schon bei kurzen Kabelstrecken unter anderem den UKW-Bereich störten, waren nur mit erheblichem schaltungstechnischen Aufwand in den Griff zu bekommen, von anderen Problemen, etwa mit den relativ dicken und starren Kabeln, ganz zu schweigen.

Doch auch die scheinbar einzige Alternative, der Einsatz von optischen Kabeln wie der „Polymer Optical Fibre“ (POF), erwies sich bald als Sackgasse. Wegen seiner EMV-Immunität lange Zeit für den Einsatz von hochbitratigen Bussen im Auto favorisiert, folgte in den letzten Jahren auch hier die Ernüchterung. Insbesondere die relativ hohen Kosten für die an jedem Knoten erforderlichen Optikwandler ( $E \rightarrow O$  und  $O \rightarrow E$ ), die Lebensdauer der VCSEL-Laser, aber auch die Einschränkungen bei der mechanischen Verlegung zusammen mit Kabelbäumen sorgten dafür, dass auch diese vermeintliche Patentlösung bald wieder in den Hintergrund trat.

#### ■ GigaSTaR stand Pate

Bereits im Sommer 2002 erhielt Inova Semiconductors erste Anfragen von der Automobil-Industrie, ob der GigaSTaR-Link, der über Zweidraht-Kupferleitung kontinuierlich 1,2 Gbit/s übertragen kann, auch im Auto einsetzbar ist.

Ursprünglich für die serielle Datenübertragung auch im rauen industriellen Umfeld entwickelt und von den Lesern der *Elektronik* im Jahre 2001 zum „Produkt des Jahres“ gewählt, dient GigaSTaR heute weltweit zur digitalen Bildübertragung über größere Entfernungen. So setzen heute die großen Zugausrüster auf diese Technik, wenn es um die Ausrüstung von Bahnen und Zügen mit modernen Fahrgast-Informationssystemen geht, und führende deutsche Ausrüster in der Automatisierung benutzen GigaSTaR für ihre abgesetzten digitalen Bedienterminals.

Auch die überwiegend asiatischen Hersteller moderner LED-Videowände rüsten ihre Systeme mehr und mehr von analoger auf digitale GigaSTaR-Link-Technik auf, um mit höherer Auflösung und besserer Bildqualität den steigenden Ansprüchen ihrer Kunden gerecht zu werden.

Erstmals beschäftigte sich auch die „Digital Interface Working Group“ von ERTICO in den Jahren 2003/2004 mit GigaSTaR. Im Rahmen des „Automotive Camera Workshops“ definierten damals die Mitglieder die Eckdaten für einen digitalen Kamera-Link unter anderem hinsichtlich Leistungsfähigkeit, Kabeldurchmesser, Reichweite und Kosten.

Viele dieser Postulate wurden bereits damals vom GigaSTaR-Link erfüllt; bei den Kostenvorgaben und der Verlustleistung mussten die in robuster aber teurerer BiCMOS-Technologie hergestellten GigaSTaR-Produkte aber passen. Auch die unregelmäßigen CML-Ausgangsstufen, für die zuverlässige Übertragung bis zu 50 m ausgelegt, schaffen zwar die EMV-Grenzwerte für Industrie- und Consumer-Anwendungen, nicht aber die um Größenordnungen niedrigeren Grenzwerte im Automotive-Bereich.

## Das APIX-Projekt

Zu dieser Zeit reifte bei Inova Semiconductors der Entschluss, einen eigenständigen „GigaSTaR“ für das Auto zu entwickeln. Nach vielen konstruktiven Gesprächen mit Entwicklungsingenieuren von Automobilherstellern und deren Zulieferern wurde eine erste Spezifikation für den „APIX“ (Automotive PiXel Link) erstellt. Schon damals war es das erklärte Ziel, mit nur einem Link-Baustein beide Anwendungen, die Verbindung von Grafikkarte zum TFT-Display und die vom Kamerasensor zur Auswertecpu, abzudecken und die Bausteine einfach je nach vorhandener Schnittstelle konfigurieren zu können. Der integrierte Rückkanal, wesentlicher Bestandteil für Steuer- und Diagnose-Funktionen der angeschlossenen Kameras und Displays, war zu diesem Zeitpunkt bereits fest eingeplant. Auch die Fähigkeit der GigaSTaR-Produkte, die seriellen Signale praktisch verlustfrei wieder aufzubereiten (Repeater-Funktion) und zu verteilen und damit Bus-Strukturen aufbauen zu können, sollte APIX mit auf den Weg bekommen.

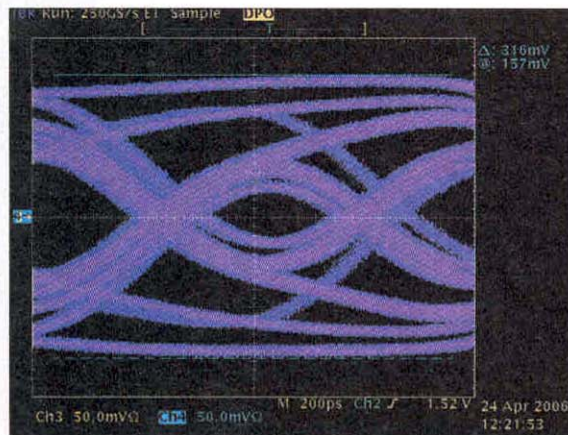
Die große Frage war allerdings, ob es auch mit reiner CMOS-Technologie – APIX wird in 0,18 µm CMOS gefertigt – möglich ist, einen „intelligenten“ und ähnlich zuverlässigen Transceiver für den „Physical Layer“ wie beim GigaSTaR zu schaffen. Die Ziele waren dabei klar definiert:

- ▶ Datenraten von bis zu 1 Gbit/s über eine Zweidraht-Kupferleitung.
- ▶ Zuverlässige, stabile Übertragung mit niedriger Bitfehlerrate.
- ▶ Hohe Signalintegrität und optimales EMV-Verhalten durch Leitungstreiber mit einstellbarer Treiberleistung.
- ▶ Reichweite von minimal 10 m.
- ▶ Eingebetteter Rückkanal, wahlweise über das gleiche Leitungspaar wie der Hinkanal oder über ein separates Leitungspaar.

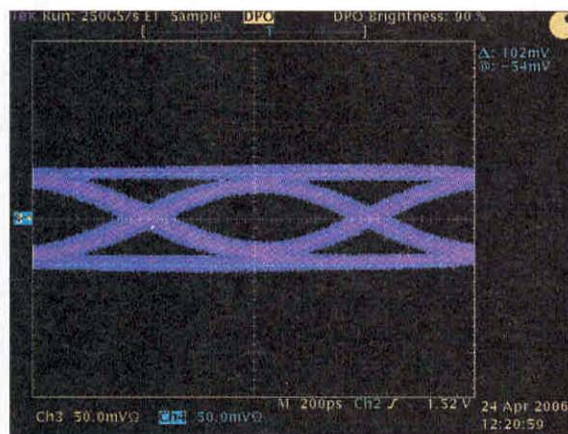
Um die Frage der Realisierbarkeit zu klären, wurde zusammen mit Spezialisten der Fraunhofer-Gesellschaft in Erlangen im Frühjahr 2005 ein erster Testchip für den Physical Layer entwickelt, bevor im Herbst mit dem

– eine wesentliche Voraussetzung für die zuverlässige Datenübertragung und optimales EMV-Verhalten.

**Bild 1** zeigt das Signal der APIX-Ausgangsstufe ohne Preemphasis mit einer Datenrate von 1 Gbit/s am Ende einer 20 m langen verdrehten Zweidrahtleitung (Twisted Pair). Man sieht die extreme Intersymbol-Interferenz von nieder- und hochfrequenten Signalanteilen, bedingt durch die unterschiedlichen Gruppenlaufzeiten. Der gesamte Spannungshub des Signalgemisches beträgt über 300 mV, wobei als echter Nutzpegel nur 50 mV zur Verfügung stehen. Hohe Intersymbol-Interferenzen bzw. Modulationsprodukte sorgen für schlechte EMV-Werte, von Signalintegrität kann hier kaum noch gesprochen werden.



**Bild 1.** Augendiagramm der APIX-Ausgangsstufe ohne Preemphasis mit einer Datenrate von 1 Gbit/s am Ende einer 20 m langen verdrehten Zweidrahtleitung.



**Bild 2.** Augendiagramm der APIX-Ausgangsstufe mit Preemphasis bei einer Datenrate von 1 Gbit/s am Ende einer 20 m langen verdrehten Zweidrahtleitung. Mit optimierter Preemphasis lassen sich die Intersymbol-Interferenzen nahezu eliminieren.

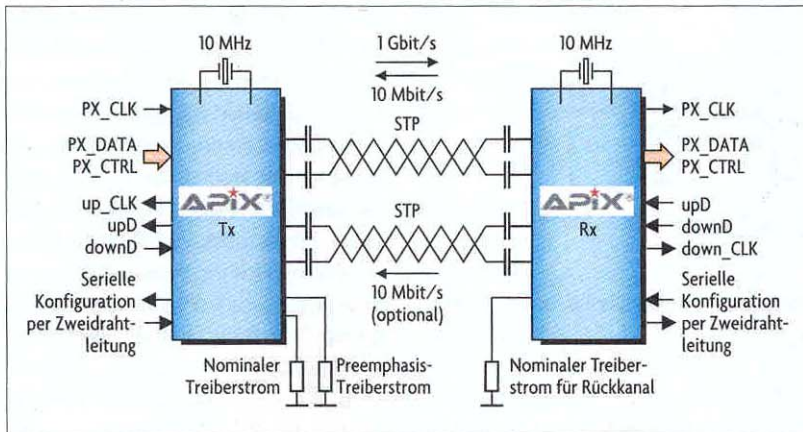
Entwurf des endgültigen APIX-Bausteins begonnen werden konnte.

Der von Grund auf neu entwickelte Transceiver ist das eigentliche Kernstück der APIX-Bausteine. Hier werden neue Schaltungstechniken umgesetzt – darunter eine völlig neu entwickelte Ausgangsstufe –, die für die Applikation eine Vielzahl von Möglichkeiten eröffnet. Selbst bei maximaler Datenrate, hochkapazitiven Kabeln und großer Entfernung sorgt etwa die fein abstuftbare Regelung für Ausgangstrom und Preemphasis (Vorverzerrung) für eine hohe Signalintegrität

**Bild 2** zeigt den gleichen Aufbau (1 Gbit/s Datenrate und 20 Meter Kabel), allerdings bei eingeschalteter Preemphasis. Mit optimierter Preemphasis lassen sich die Intersymbol-Interferenzen nahezu eliminieren, für den gleichen Nutzsignalpegel von 50 mV kann jetzt der Spannungshub von über 300 mV auf rund 100 mV abgesenkt werden – ein praktisch perfektes Signal mit optimaler Augenöffnung bei hoher Signalintegrität.

Die Werte für Preemphasis und Nominalstrom können an den APIX-Bausteinen einfach über Widerstände eingestellt werden; mit einer speziellen Mimik (Mikrocontroller) ist es dank integrierten Rückkanals sogar möglich, eine vollautomatische Einmessung auf das jeweilige Kabel zu realisieren.

Ein schaltbares „Spread Spectrum Clocking“ vervollständigt die Maßnahmen zur EMV-Optimierung: Der serielle Bitstrom kann in bestimmten Grenzen buchstäblich „gewobelt“ werden, um Frequenzspitzen um bis zu 8 dB im Spektrum zu reduzieren.



**Bild 3.** Der Automotive Pixel Link (APIX) besteht im Wesentlichen aus einem Empfänger (Rx) und einem Sendechip (Tx) und bietet neben dem Hinkanal mit 1 Gbit/s auch einen Rückkanal mit 10 Mbit/s.

### ■ Hin- und Rückkanal konfigurierbar

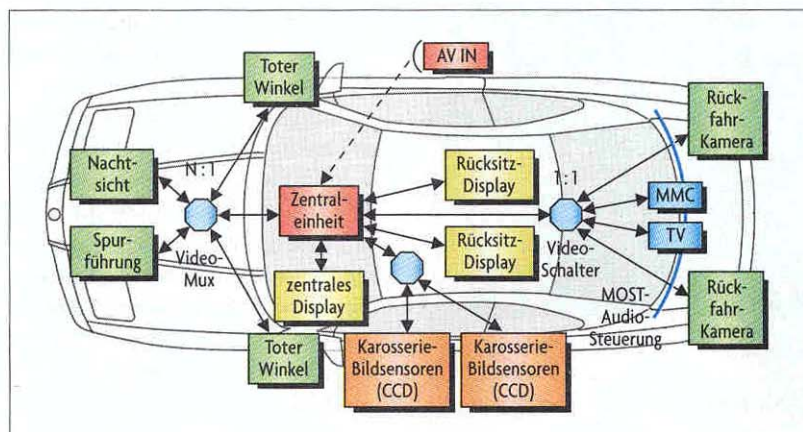
Die APIX-Bausteine sind mit einer konfigurierbaren „Pixel“-Schnittstelle ausgestattet, die sich je nach Anwendung – Display- oder Kamera-Link – als 10, 12, 18 oder 24 bit breite RGB-Schnittstelle mit einem Pixel-Takt von 6 bis 60 MHz und Triggerung auf steigende oder fallende Flanke konfigurieren lässt.

So ist es etwa möglich, über den APIX-Link nicht nur die Pixel-Daten eines abgesetzten Kamera-Sensors mit voller (1 Gbit/s) oder reduzierter Datenrate (0,5 Gbit/s) direkt an die Auswert-CPU zu übertragen, sondern gleichzeitig auch die Kamera von der CPU aus zu überwachen und zu steuern. Möglich macht dies der fest eingebaute Rückkanal. Dieser überträgt mit bis zu 18 Mbit/s (typisch: 10 Mbit/s) und kann alternativ als im Hinkanal eingebetteter Link (= bidirektionale Übertragung über ein Adernpaar) oder über ein zweites separates Adernpaar zwischen Sender und Empfänger realisiert werden (Bild 3).

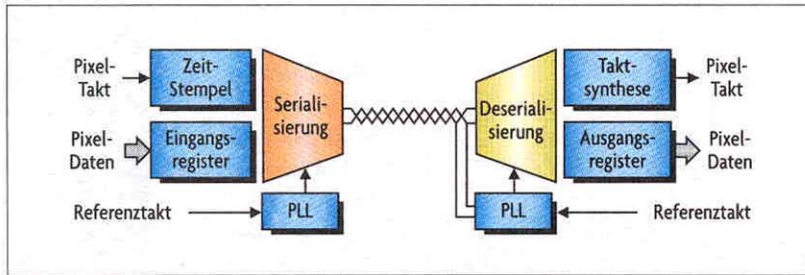
Dieser Seitenband-Kanal existiert nicht nur für den Rückkanal (Uplink). Auch der „Downlink“ bietet neben dem eigentlichen Pixeldaten-Interface eine weitere 2 bit breite Schnittstelle, über die Daten mit bis zu 12 Mbit/s parallel, aber unabhängig vom Pixelstrom übertragen werden können.

Der Baustein bietet auch die Möglichkeit, bestimmte Fehlerzustände wie etwa Übertragungsfehler, PLL-Störungen etc. über einen konfigurierbaren „Error-Pin“ gezielt auszugeben: eine wichtige Funktion bei der Erprobung komplexerer Systeme oder bei extremen Fahrzeugtests, bei denen die Ingenieure keine entsprechenden Messgeräte zur Verfügung haben.

Kernstück der APIX-Bausteine ist allerdings ein lokales Taktsystem, wie es in ähnlicher Weise auch im GigaSTaR verwendet wird. Anders als bei parallelen- oder auch bitseriellen LVDS-Lösungen wird hier nicht der Pixel-Takt der Grafikkarte oder der Kamera verwendet, um mit Hilfe einer PLL die erforderlichen internen Taktsignale zu erzeugen (synchrones Taktsystem). Bei APIX sorgt ein eingebau-



**Bild 4.** Beispiel für ein Video-Netzwerk im Auto mit mehreren Displays und Bilderfassungssystemen.



**Bild 5.** APIX erzeugt einen genauen und praktisch jitterfreien Pixel-Takt für die ausgehenden Pixeldaten.

ter 10-MHz-Taktoszillator, der durch einen externen Quarz getriggert wird, für einen hochstabilen Systemtakt, der unabhängig von der Qualität des angelieferten Pixel-Takts alle erforderlichen Taktsignale mit hoher Stabilität erzeugt. Voll zur Geltung kommt diese Lösung, wenn im Auto nicht nur kurze Punkt-zu-Punkt-Strecken überbrückt, sondern komplexere Systemstrukturen realisiert werden müssen: In den nächsten Jahren werden die Fahrzeug-Hersteller ihre Autos nicht nur mit einzelnen Video-Links, sondern mit kompletten Video-Netzen ausstatten.

### ■ Videovernetzung im Auto

Neben den reinen Display-Links etwa für Armaturenbrett, „Head-Up“-Display und Rücksitz-Displays wird es im Auto auch zahlreiche Kamera-Links als Teil moderner Assistenz-Systeme geben. Wie ein solches Netzwerk-Konzept aussehen könnte, zeigt Bild 4.

Eine wesentliche Anforderung solcher Video-Netzwerke ist das flexible Routing und die Verteilung der Grafiksingale an verschiedene Stellen, oft quer durch das ganze Fahrzeug. So besteht etwa bei der Rückfahr-Kamera der Wunsch, die Bildinformation nicht nur auf den Rechner zur Objekterkennung zu übertragen, sondern das Bild auch dem Fahrer im Display des Armaturenbretts anzuzeigen. Auch die 3D-Grafiken moderner Navigationssysteme mit ihrer Fülle an Informationen sind längst nicht mehr nur für den Fahrer interessant, mehr und mehr finden auch die Passagiere im Fonds Gefallen an diesem Programm. Hier bahnt sich ein ähnlicher Trend wie im Flugzeug an, wo die aktuellen Informationen über Route, Position, Flughöhe und Ankunftszeit längst zu den meist gesehenen „Video-Programmen“ gehören.

Gerade diese Anwendungen – Auskopplung und Verteilung von Videosignalen über mehrere Stufen – ist mit

synchronen Taktsystemen nicht zu lösen. Mit dem ursprünglichen Pixel-Takt als Referenz verschlechtert sich die Signalqualität mit jedem Segment, da sich Verzerrungen im Kabel und der Jitter der kaskadierten PLLs über die einzelnen Teilsegmente akkumulieren, bis an einer Stelle ein Empfänger das bitserielle Signal nicht mehr eindeutig erkennen kann. Bildaussetzer oder Instabilitäten im Netzwerk sind die Folge.

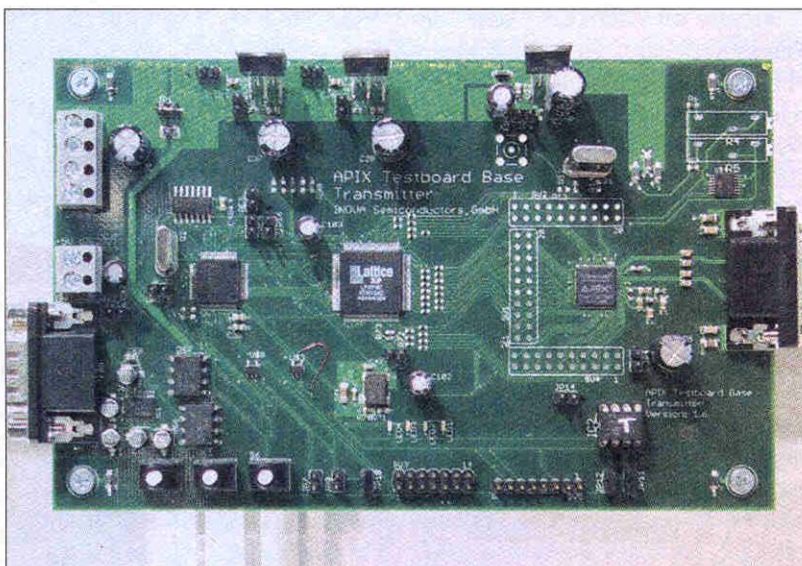
Anders beim asynchronen Taktsystem des APIX-Links, das sich in gleicher Form schon beim GigaSTaR mehr als bewährt hat: Der ankommende Pixel-Takt, egal ob von einer Grafikkarte oder einem vorgeschalteten Videolink, wird nicht als Referenz für die weitere Taktaufbereitung verwendet, sondern dient nur als Bezugswert für



**Dipl.-Ing. Robert Kraus**

ist Mitgründer und Geschäftsführender Gesellschafter der Inova Semiconductors GmbH. Nach dem Studium der Nachrichtentechnik begann er im Jahre 1986 seine berufliche Karriere als Produkt-Ingenieur bei Motorola Halbleiter (heute Freescale Semiconductor) in München. Nach verschiedenen Stationen im Bereich Produkt-, Manufacturing-, Applikations- und Design-Engineering für Logik-Produkte leitete er ab 1990 sämtliche Logik-Engineering-Aktivitäten in Europa. In diesen Jahren entstanden auch die ersten Konzepte für hochbitratige serielle Bausteine, erste Produkte folgten dann im Jahre 1994. Nach dem Fall der Mauer war er darüber hinaus auch verantwortlich für den Aufbau von Design-Zentren und strategischen Kooperationen mit Halbleiter-Herstellern in Osteuropa. Ab 1997 leitete er als Senior Manager die weltweiten System-Engineering-Aktivitäten der Transportation Business Unit, die neue Standard-Logikprodukte für den Automotive-Bereich definierte und entwickelte. Nach 14-jähriger Tätigkeit verließ er Motorola dann Anfang 1999, um die Inova Semiconductors aufzubauen.

[rkraus@inova-semiconductors.de](mailto:rkraus@inova-semiconductors.de)



**Bild 6.** Den Entwurf eines Systems mit APIX-Schnittstelle erleichtert eine Entwicklungsplattform.

die ankommenden Videodaten. Dessen Qualität – Signalform und Jitter – wirkt sich daher nicht auf nachfolgende Stufen aus, da im Taktsystem des APIX ein „neuer“, sehr genauer und praktisch jitterfreier Pixel-Takt für die ausgehenden Pixeldaten synthetisch generiert wird (Bild 5).

### ■ Einsatzmöglichkeiten bis hin zur Medizin- und Sicherheitstechnik

Selbst mit komplexeren Video-Netzwerken sind die Möglichkeiten der neuen APIX-Technologie längst nicht erschöpft. Seine Fähigkeit, einen Datenstrom in Echtzeit, mit niedriger Latenzzeit und – anders als beim Ethernet – kontinuierlich zu übertragen, eröffnet die Möglichkeit, neben den eigentlichen Videodaten auch andere Daten praktisch „huckepack“ und ohne Zwischenspeicher mit zu übertragen. Alleine die integrierten Seitenband-Kanäle mit ihrem 2-bit-Interface bieten eine Bandbreite von bis zu 24 Mbit/s im Downlink und bis zu 18 Mbit/s im Uplink; ausreichend Kapazität, um andere Busprotokolle mit niedrigeren Bitraten über den gleichen „Physical Layer“ zu übertragen, der im Falle des APIX-Bausteins nichts anderes als ein dünnes, hochflexibles Kupferkabel mit einem oder zwei Leitungspaaren sein kann.

Die Einsatzbereiche des APIX gehen über das Fahrzeug hinaus. Seit der ersten öffentlichen Vorstellung auf der „Embedded World“ in Nürnberg zeigen sich immer neue Anwendungsbereiche für diese Produkte: Medizin-Ausrüster etwa wollen den APIX bei neuen Endoskopen einsetzen, bei denen der kleine Chip – APIX misst gerade mal drei Quadratmillimeter – direkt mit dem Kamera-Sensor in der Endoskop-Spitze verbunden wird und die Signale über ein dünnes, flexibles Kabel direkt zum Computer leitet. Auch die Sicherheits-Industrie ist an dem Produkt interessiert: Mit APIX können Kamera-Bilder erstmals pixelgenau übertragen und mit entsprechender Objekterkennungs-Software präzise ausgewertet werden. Selbst Hersteller von „weißer Ware“ denken darüber nach, in ihre Haushaltsgeräte kleine Displays einzubauen, die über APIX bidirektional an den eingebauten Minicomputer angebunden werden.

Last but not least, interessiert sich auch die Handy-Industrie für dieses Konzept. Auch wenn es hier nicht um Entfernungen von 10 bis 15 Metern geht, sondern eher um 10 bis 15 Zentimeter, wird bei modernen Klapp-Handys die Verkabelung immer besser auflösender Displays und Kameras inzwischen zum Thema. Die APIX-Bausteine sind in Musterstückzahlen bereits verfügbar; zur Erleichterung der Entwicklungsarbeit gibt es eine Evaluierungs-Plattform mit PC-Anbindung (Bild 6). gs

### Literatur

- [1] Paper von ERTICO: Open Architecture For An Automotive Multimedia Bus System. A Strategy For Convergence. August 1999, [www.ertico.com](http://www.ertico.com)
- [2] The Hansen Report On Automotive Electronics, [www.hansenreport.com](http://www.hansenreport.com)
- [3] Kraus, R.: Schneller, weiter und sicherer. Der GigaSTaR-Link – Hohe Datenraten störsicher übertragen. *Elektronik* 2002, H. 7, S. 48ff.
- [4] Kraus, R.: Mit Volldampf durch die Leitung. GigaSTaR – Ein „intelligentes“ Kabel für hohe Datenraten. *Elektronik* 2000, H. 2, S. 48ff.
- [5] Stelzer, G.: Gigabit-Übertragung auf vier Rädern. *Elektronik automotive* 2006, H. 1, S. 28f.