

# Single-Chip-DSP für ein VoIP-Gateway

Shaul Berger **Grundlage neuer Anwendungen wie VoIP, Übertragung von Videos (Streaming) und Musik (MP3) ist die digitale Signalverarbeitung. Nachfolgend wird die Implementierung einer auf dem Carmel DSP-Core von Infineon Technologies basierenden DSP-Engine für ein VoIP-Gateway beschrieben. Die Gateway-Einheit kann die Übertragungskapazität einer kompletten 24-kanaligen T1-Stammleitung mit komprimierter Sprach- oder Fax-Kommunikation über ein IP-Netzwerk leiten**

Das Kürzel VoIP wird heute allgemein für die Sprachübertragung in Paketform verwendet. Bei den ersten Implementierungen dieser Art handelte es sich um VoFR-Systeme (Voice over Frame Relay), doch erschloss sich durch das explosionsartige Wachstum des Internet eine wesentlich kostengünstigere Möglichkeit, Sprachpakete zu transportieren. Paketorientierte Sprachübertragungstechnologien haben durch die Einführung von VoIP-Gateways, Kabelmodems mit Sprachunterstützung, IP-fähige Telefone und Nebenstellenanlagen sowie Zugangs-Gateways für Privathaushalte große Verbreitung erlangt, und zwar im Telekommunikations-Bereich ebenso wie in Netzwerken. Die neuen Endprodukte bringen für den Designer neue Anforderungen bezüglich der Leistungsfähigkeit und der Kosten mit sich. Gestützt auf Anregungen von Entwicklern, die nach einer System-on-Chip-Lösung für Kommunikationssysteme suchten, wurde der Carmel DSP-Core von Infineon Technologies entwickelt. Erfüllen liessen sich diese ehrgeizigen Anforderungen nur mit einer integrierten CSOC-Lösung (Communication Sys-

tem-on-Chip), die einen leistungsstarken DSP-Core mit nahtlos angeordneten Peripheriefunktionen und Beschleunigungsstufen für bestimmte Funktionen verbindet.

## Neue Probleme sind zu lösen

Wenn die Vorteile der Kosten- und Bandbreitensparnis bei der Sprachübertragung auf paketvermittelten Netzwerken zum Tragen kommen sollen, muss eine Reihe neuer Probleme beachtet werden, die bei konventionellen Telefonnetzen nicht auftreten. Dabei handelt es sich um die wesentlich längeren Netzwerklaufzeiten, Echos und verlorene Sprachpakete. Die in VoIP-Applikationen auftretenden Laufzeiten resultieren aus der Netzwerkübertragung selbst und der Sprachverarbeitung. Die Netzwerklaufzeit hängt von der Kapazität des Netzwerks und der Paketverarbeitung ab. In einigen IP-Netzwerken können die Verzögerungen bis zu 70 ms ausmachen. Die Verzögerungen infolge der Sprachverarbeitung bestehen aus der eigentlichen Kompressionszeit und dem Zeitaufwand zum Zusammenstellen der Pakete. Diese Verzögerungen führen zu Echo-Effekten und erschweren eine flüssige Konversation,

denn bei Verzögerungszeiten über 200 ms kommt es vor, dass man dem Gesprächspartner an der Gegenstelle ins Wort fällt. Echos entstehen durch die Reflexion der eigenen Stimme am Endgerät der Gegenstelle, so dass die eigene Stimme mit einer gewissen Verzögerung wieder hörbar wird. Diese Effekte werden zu einem gravierenden Problem, wenn die Laufzeit für den Hin- und Rückweg des Signals mehr als 50 ms beträgt. In VoIP-Systemen wird dieses Problem durch Implementierung von Echounterdrückungs-Algorithmen gelöst.

In Zeiten hoher Auslastung kann es geschehen, dass in IP-Netzwerken einzelne Datenpakete verloren gehen. Datenpakete, die Sprachinformationen enthalten, sind jedoch zeitempfindlich, und Fehler infolge verlorener Pakete lassen sich nicht durch erneute Übertragung korrigieren. VoIP-Software löst dieses Problem durch Wiederholung des

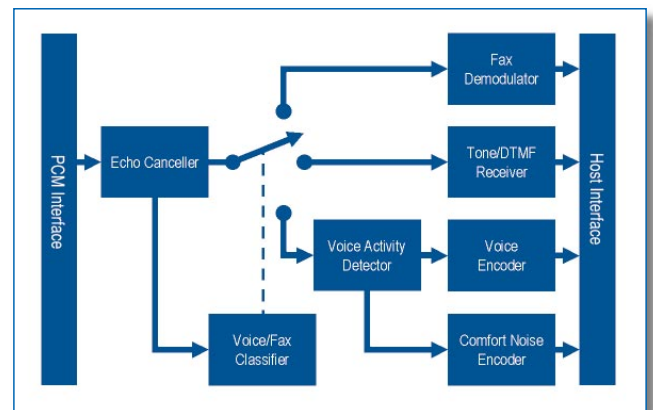


Bild 1: Umsetzung von Sprache in Datenpakete

letzten Pakets während des Intervalls, in dem das verloren gegangene Paket hätte ausgegeben werden sollen.

## Systemarchitektur und Anforderungen

VoIP-Systeme übertragen die Sprache selbst und die Signalisierungsinformationen, die für den Anschluss von Telefonanlagen an ein paketvermitteltes Netzwerk erforderlich sind. Der digitale Signalprozessor (DSP) verarbeitet die Sprachdaten und leitet Sprachpakete an den Mikroprozessor weiter. Zur Sprachverarbeitung gehört die Echounterdrückung, die Sprachkompression, die Sprachaktivitäts-Erkennung und das „Packetizing“, also das Verpacken der Sprachelemente in Datenpakete. Der Mikroprozessor übernimmt auch die Verarbeitung der Signalisierungsinformationen (On-Hook, Off-Hook usw.) und die Umwandlung dieser Informationen zwischen dem Telefonie-Signalisierungs-

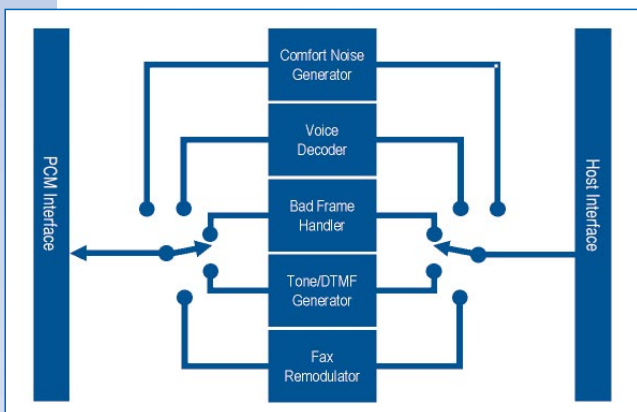


Bild 2: Rückwandlung von Datenpaketen in Sprachsignale

protokoll und dem Paket-Signalisierungsprotokoll. Das auf einem Carmel-DSP-Core basierende Design ist für die mehrkanalige Fax- und Voice-over-Packet-Übertragung konzipiert, für maximale Kanaldichte optimiert und problemlos für eine Vielzahl von Gateway-Lösungen skalierbar, die durch Hinzufügen weiterer DSP-Cores Hunderte von Kanälen je Einheit unterstützen können. Das in den Bildern 1 und 2 dargestellte DSP-System fungiert als bidirektionales Gateway zwischen einem Telefonie-Interface (z.B. PCM) und einem digitalen Netzwerk, das in der Regel von einem Hostprozessor verwaltet wird. Nachdem das vom PCM-Interface kommende Signal den Echounterdrücker durchlaufen hat, wird es von der Sprach/Fax-Erkennung zur weiteren Kompression an das jeweilige Softwaremodul weiter geleitet. Fax-Kanäle werden demoduliert, um die Nutzdaten zu extrahieren, die anschließend als Bitsequenz an das Paket-Netzwerk gegeben werden. Sprachkanäle werden von einem der Sprachcoder-Module komprimiert, wobei Sprech-

Mindestmaß beschränken. Die VoIP-DSP-Engine enthält integrierten SRAM-Speicher sowie eine Schnittstelle zu externem Speicher. Dies soll für maximale Kosteneffektivität sorgen, ohne zu Leistungseinbußen zu führen. Um eine unnötige Belastung des Carmel DSP Cores zu vermeiden, wird die Einbindung einer DMA-Funktion empfohlen, die in eigener Regie Informationen vom PCM-Interface an Puffer im externen Speicher und später vom externen Speicher in das chip-interne SRAM für die digitale Signalverarbeitung übermitteln kann. Ist die Signalverarbeitung abgeschlossen, übernimmt die DMA-Funktion die Rückübertragung der Daten in den externen Speicher und die abschließende Weiterleitung der in Pakete verpackten Daten an das Host-Interface, wenn die Pakete vom Mikroprozessor angefordert werden. Außerdem sorgt die DMA-Funk-

G.711 Packetized PCM	0,2 MIPS
G.723.1 Vocoder	7,5 MIPS
G.729A Vocoder	5,0 MIPS
V.17 Faxweiche	8,0 MIPS
Echounterdrückung	1,5 MIPS
DTMF-Relais	0,5 MIPS
Sprach/Fax/Daten-Erkennung	0,4 MIPS
Verarbeitungsaufwand für Real-time Scheduler	0,5 MIPS
Maximaler Verarbeitungsaufwand pro Kanal	10,4 MIPS

(siehe Kastentext). Die beschriebene Implementierung eines Single-Chip VoIP-Gateway kann zu beträchtlichen Kostensenkungen führen und Gateways mit höherer Port-Dichte ermöglichen, die keine großen Gehäuse erfordern und durch ihre geringe Leistungsaufnahme ohne leistungsstarke Lüftersysteme auskommen.

## Carmel DSP Architektur

Carmel ist ein DSP-Core in 16-bit Festkomma-Technik, der für hochentwickelte Kommunikations- und Consumer-Anwendungen ausgelegt ist. Kennzeichnend für die Carmel-Architektur ist die Flexibilität ihres Befehlssatzes und die hohe Leistungsfähigkeit ihrer Verarbeitungs- und Adressierungseinheiten. Die hohe Konfigurierbarkeit des Befehlssatzes ist der CLIW-Technologie (Configurable Long Instruction Word) zu verdanken. Diese patentierte Technologie macht den entscheidenden Unterschied zwischen Carmel und den meisten übrigen fortschrittlichen DSPs aus, die von der Industrie angeboten werden. Durch den Einsatz von

CLIW-Befehlen erzielt der Carmel die Leistungsfähigkeit einer VLIW-Architektur zum Kostenaufwand einer SIMD-Lösung (Single Instruction Multiple Data). Die leistungsstarken Adressierungs- und Verarbeitungseinheiten sorgen für einen hohen Grad an Parallelverarbeitung mit der Fähigkeit zur Erzeugung von 4 Adressen parallel zur Verarbeitung von 6 Operationen (2 MAC-, 2 ALU und 2 Move-Operationen). Hinsichtlich der Flexibilität, der Leistungsfähigkeit und der Leistungsaufnahme stellt diese Architektur auf dem Gebiet des DSP-Designs einen entscheidenden Schritt nach vorn dar.

pausen mit einem besonders hohen Kompressionsverhältnis verarbeitet werden, um die Bandbreite optimal auszunutzen. Ein DTMF-Relais bewirkt, dass jegliche, der Sprache überlagerte Signalisierung erhalten bleibt. Gleichzeitig werden Daten vom Host-Interface verarbeitet, um das ursprüngliche Signal zu rekonstruieren. Fax-Kanäle werden moduliert, bevor sie an das PCM-Interface weitergegeben werden. Sprachkanäle werden decodiert, und die Sprechpausen werden durch einen sog. „Comfort Noise“-Generator interpoliert. Ein „Bad Frame Handler“ sorgt für die Kompensierung verlorengegangener Sprachpakete, damit sich die empfängerseitig wahrgenommenen Störungen auf ein

tion auch für die Datentransfers in umgekehrter Richtung, wenn Pakete, die am Host-Interface ankommen, an das PCM-Interface geleitet werden müssen.

## Zusammenfassung

Auf der Basis dieser Schätzungen kann ein mit 250 MHz getakteter Carmel DSP-Core für ein komplettes T1 VoIP-Gateway mit 24 Kanälen eingesetzt werden. Die vom DSP geforderte Verarbeitungsleistung ist nahezu 50 % geringer als die Anforderungen, die an andere hochentwickelte DSPs gestellt werden. Den entscheidenden Beitrag hierzu leistet die CLIW-Architektur des Carmel DSP Core



**Shaul Berger** ist Vicepresident Marketing & Sales DSP Cores bei der Infineon Technologies AG