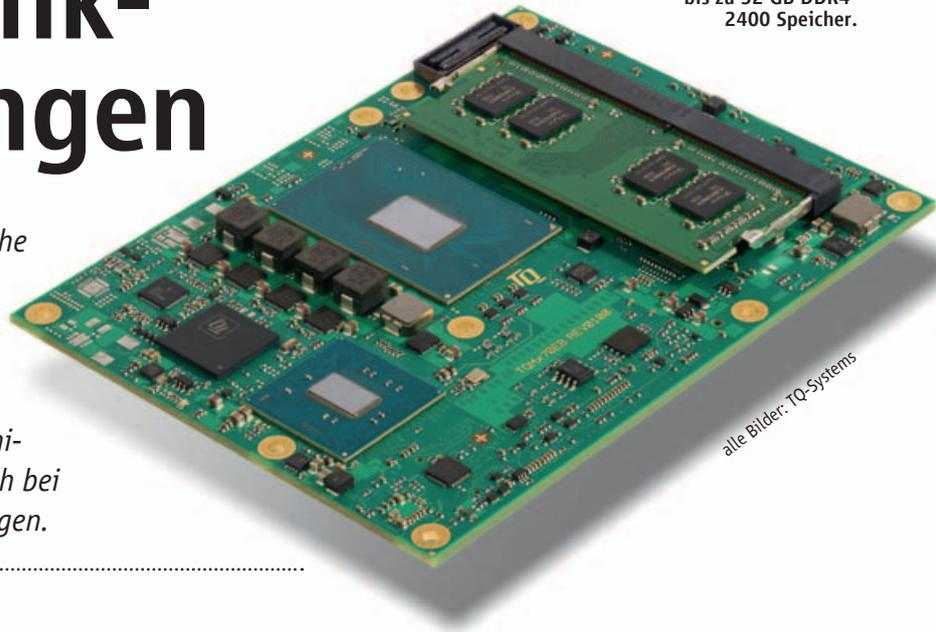


Für performante Messtechnik-Anwendungen

Bild 1: High-End-COM-Express-Basic-Modul TQMx70EB von TQ mit Intel Core-Prozessoren der 7. Generation (Kaby Lake-H) und bis zu 32 GB DDR4-2400 Speicher.

Intels Kaby-Lake-Prozessoren liefern hohe Rechen- und Grafikleistung sowie schnelle I/Os bei verhältnismäßig geringer Verlustleistung. Durch Prozessormodule lassen sich kundenspezifische Anforderungen effizient mit minimiertem Designrisiko umsetzen wie auch bei anspruchsvollen Messtechnik-Anwendungen.



alle Bilder: TQ-Systems

Harald Maier

Besonders bei modernen Messtechnik-Anwendungen stehen sehr große Datenmengen und schnelle Datenverarbeitung im Mittelpunkt. In der Vergangenheit wurden solche Aufgaben oft in zwei physikalische Einheiten gesplittet: Für die schnelle Datenaufnahme und Vorverarbeitung wurden applikationsspezifische Baugruppen entwickelt, meist mit einem FPGA als Herzstück. Für die übergeordnete Datenaufbereitung, Analyse, die grafische Darstellung und die Anbindung ans Netzwerk wurde die Messteichneinheit mit einem Laptop, einem Standard-PC oder gar einem Rechner-Rack verbunden. Die Kopplung der Messtechnik- und der PC-Einheit konnte sehr unterschiedlich aussehen. Kritische Parameter waren dabei Datendurchsatz, Latenzzeit und Verbindungssicherheit. Die Kombination der beiden Einheiten zu einer All-in-One-Lösung wurde in vielen Fällen in der Form gelöst, dass die Messtechnik auf einer PCI- beziehungsweise PCIe-Einsteckkarte als Erweiterung in einem Standard-PC realisiert wurde.

Aufgrund der Abmessungen der Einsteckkarte gab es hierbei aber immer Limitierungen in der Größe und den Steckverbindern nach außen. Zusätzlich wurde die Gesamtgröße oder das Aussehen des Messsystems durch den verwendeten Standard-PC bestimmt. Der nächste Schritt der

Integration, der heute als Basis für viele All-in-One-Lösungen in unterschiedlichsten Leistungsklassen genutzt wird, befasst sich mit echten Embedded-Ansätzen. Die Messtechnik steht dabei im Mittelpunkt. Die PC-Funktionen werden mithilfe eines Embedded-CPU-Moduls hinzugefügt. Je nach geforderter PC-Leistungsfähigkeit und Einsatzbedingung kann dabei auf unterschiedliche Standard-Modulformfaktoren wie Qseven, SMARC oder COM Express zurückgegriffen werden.

Durch Innovation und Optimierung steigt die Leistungsfähigkeit von Prozessoren von Jahr zu Jahr. Intels neueste Core-i-Prozessoren können heute das leisten, wofür vor zehn Jahren noch ganze Racks mit vielen parallel arbeitenden CPUs und gegebenenfalls zusätzlichen Grafikkarten benötigt wurden. Dadurch lassen sich auch sehr anspruchsvolle Messtechnik-Anwendungen als All-in-One-Geräte realisieren, die beim Einsatz der verlustleistungsoptimierten Embedded-Mobile-CPU von Intel auch als lüfterlose Systeme mit hohem IP-Schutzgrad ausgelegt werden können.

Mit der Anfang 2017 vorgestellten Prozessorfamilie Kaby Lake-H stehen nun Intels Core-i- und Xeon-Prozessoren der siebten Generation für performance-intensive Embedded-Anwendungen in der Leistungsklasse von 25 W bis 45 W TDP (Thermal Design Power) zur Verfügung. Diese Quad-Core-Prozessoren mit bis

zu 4 GHz Taktfrequenz im Turbo-Modus und 8 MB Cache punkten laut Hersteller durch ein hervorragendes Performance-pro-Watt-Verhältnis. Zudem werden neue Speichermedien wie Intel Optane mit 3D-XPoint-Technologie unterstützt, was den Systemstart beschleunigt und Speicherzugriffszeiten drastisch verkürzen kann.

Um diese Prozessoren für Embedded-Anwendungen schnell und effizient nutzbar zu machen, bieten Embedded-Hersteller wie TQ entsprechende COM-Express-Module an. Das COM-Express-Basic-Modul TQMx70EB (Bild 1) deckt dabei alle Leistungsklassen der Prozessorfamilie ab – vom Core i3 bis hin zum Xeon E3-1500 v6. Das Modul kann mit bis zu 32 GB ultraschnellem DDR4-2400-Speicher ausgestattet werden, sodass auch genügend Ressourcen für rechen- und datenintensive Anwendungen zur Verfügung stehen. Für die Anbindung von externer Peripherie stehen bis zu 24 PCIe-Lanes zur Verfügung (Bild 2).

■ Flaschenhalse vermeiden

Hersteller von anspruchsvollen Messtechnik-Anwendungen greifen auf einen großen Erfahrungsschatz im Bereich Messwert-erfassung zurück. Dort liegt für viele das Kern-Know-how. Aber auch die optimierte Weiterverarbeitung der Messwerte sowie die Datenaufbereitung sind wichtige As-

pekte für erfolgreiche Produkte und eine hohe Kundenzufriedenheit.

Damit hier kein Flaschenhals entsteht, gibt es einige Punkte zu beachten: Zunächst gilt es, die internen Datenkommunikationswege bezüglich Durchsatz und Latenzzeit zu bewerten. Gerade bei Systemen, die große Datenmengen und leistungsfähige Analysefunktionen im Mittelpunkt bewältigen müssen, sollte die Datenverarbeitung innerhalb der PC-Einheit genauer beleuchtet werden. Auch wenn es um Datenspeicherung geht, gibt es einige Punkte zu beachten, um das Gesamtsystem nicht auszubremsen.

Meist werden die Messwerte als Rohdaten in einem leistungsfähigen FPGA zusammengeführt und vorverarbeitet. Der weitere Kommunikationsweg zur PC-Einheit führt in modernen Systemen über PCIe, womit die Daten seriell übertragen werden. Je nach Datenmenge sind dabei entsprechende Leistungsparameter zu berücksichtigen. Die Bandbreite wird unter anderem von der unterstützten Taktrate bestimmt.

Bei Systemen mit der PCIe-Generation 1 waren theoretisch bis zu 250 MB/s pro Übertragungs-Lane möglich. Moderne leistungsfähige Prozessoren wie der Kaby Lake-H unterstützen bereits die PCIe-Generation 3 mit Übertragungsraten von

Schnittstelle/Anbindung	Konfig/Rev.	max. Datenraten (inkl. Protokoll-Overhead)	
Benchmark*): Cache		ca. 140 GB/s (reale Bandbreite)	
Benchmark*): DDR4-2400 (Dual Channel)		ca. 26 GB/s (reale Bandbreite)	
Verbindung Kaby Lake-H Prozessor / PCH (DMI 3.0)		ca. 4 GB/s	
PCIe (z. B. zur Anbindung FPGA)	x1	250 MB/s (Gen1)	ca. 1 GB/s (Gen3)
	x2	500 MB/s (Gen1)	ca. 2 GB/s (Gen3)
	x4	1000 MB/s (Gen1)	ca. 4 GB/s (Gen3)
	x8	2000 MB/s (Gen1)	ca. 8 GB/s (Gen3)
	x16	4000 MB/s (Gen1)	ca. 16 GB/s (Gen3)
SATA (HDD/SSD)	150 MB/s (Gen1)	600 MB/s (Gen3)	
NVMe (SSD)	PCIe x2	ca. 2 GB/s	
	PCIe x4	ca. 4 GB/s	
USB	2.0	60 MB/s	
	3.0	625 MB/s	
Gigabit Ethernet		125 MB/s	

Maximaler Datendurchsatz diverser Schnittstellen und Bussysteme. *) Benchmarkwerte wurden mit TQMx70EB / Intel Xeon CPU E3-1505M v6 und Benchmark-Tool Sandra SiSoft 2015 ermittelt.

knapp 1 GB/s pro Lane. Um die Bandbreite zu erhöhen, lassen sich bei PCIe einzelne Lanes bündeln. Für große Datenmengen werden deshalb typischerweise PCIe x4

(vier Lanes) oder PCIe x16 (16 Lanes) genutzt. Bei den Kaby-Lake-H-Prozessoren von Intel kann PCIe x16 in der Generation 3 genutzt werden, wodurch sich Daten mit

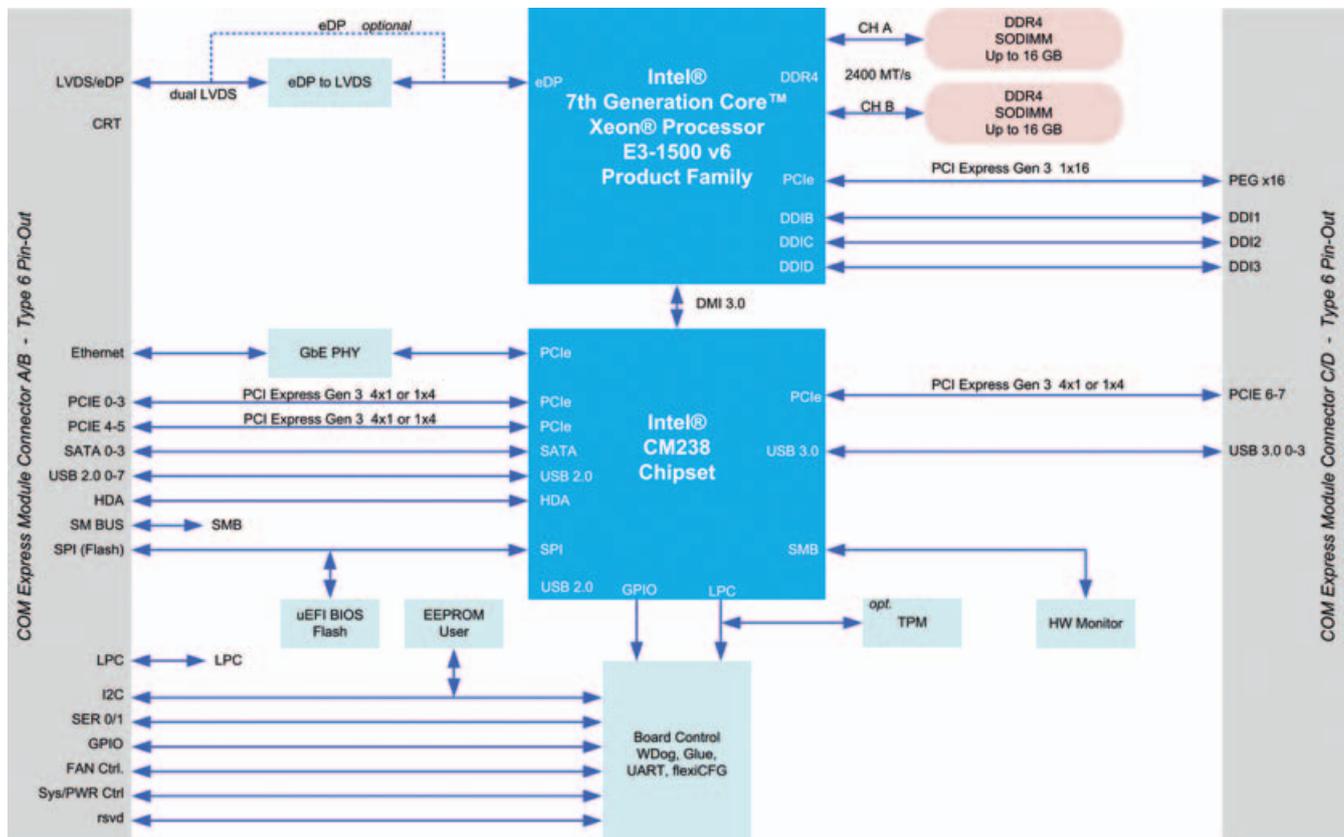


Bild 2: Blockdiagramm des Moduls TQMx70EB von TQ mit Intels Core-Processor und PCH (Peripheral Controller Hub).

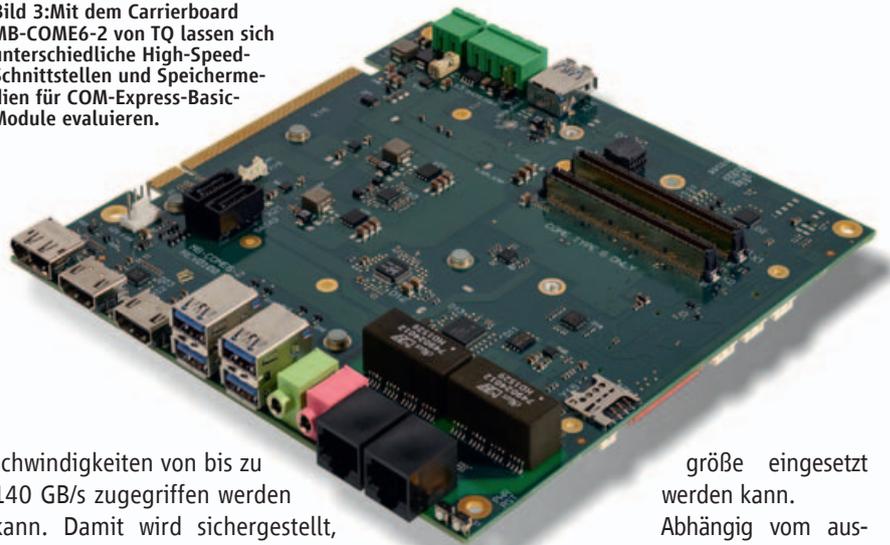
knapp 16 GB/s - abzüglich etwas Protokoll-Overhead - zwischen FPGA und Prozessor übertragen lassen.

Aber nicht nur die theoretischen Werte der PCIe-Übertragungsstrecke sind wichtig, sondern auch, wie der PCIe Controller systemintern angebunden ist. Um optimale Performancewerte zu gewährleisten, ist die PCIe-x16-Schnittstelle (hier PEG-Port genannt) beim Kaby Lake-H direkt in die CPU integriert. Weitere PCIe-Schnittstellen werden über den PCH (Peripheral Controller Hub, umgangssprachlich oft als Chipsatz bezeichnet), zur Verfügung gestellt. Diese teilen sich jedoch die Bandbreite von maximal 4 GB/s von PCH zu Prozessor mit anderen Schnittstellen wie beispielsweise SATA, USB und Ethernet. Mit dem Carrierboard MB-COME6-2 von TQ lassen sich unterschiedliche High-Speed-Schnittstellen und Speichermedien für COM-Express-Basic-Module evaluieren (Bild 3).

Cache und Arbeitsspeicher

Datenmenge, CPU-Rechenleistung und Speicher müssen gut aufeinander abgestimmt sein. Was hilft es, wenn die CPU brach liegt, weil es im Datenverkehr Engpässe gibt? In PC-Systemen sind deshalb die eingesetzten Speichertechnologien und -größen ein wichtiger Optimierungsfaktor. Der in die CPU integrierte Cache-Speicher ist typischerweise für Programmcode und Daten gedacht. Die Kaby-Lake-H-Prozessoren punkten mit einem 8 MB großen Smart-Cache, auf den laut realen Benchmark-Messungen mit Übertragungsge-

Bild 3: Mit dem Carrierboard MB-COME6-2 von TQ lassen sich unterschiedliche High-Speed-Schnittstellen und Speichermedien für COM-Express-Basic-Module evaluieren.



schwindigkeiten von bis zu 140 GB/s zugriffen werden kann. Damit wird sichergestellt, dass möglichst viel Programmcode und Daten im Prozessor direkt zur Verfügung stehen und somit die CPU und der Zugriff auf den DDR4-Arbeitsspeicher durch Nachladen von Programmcode nicht unnötig blockiert werden.

Eine hohe CPU-Auslastung steht typischerweise auch mit einer hohen Auslastung des DDR4-Arbeitsspeichers in Zusammenhang. Intel hat deshalb auch die Speicherschnittstelle der Prozessoren optimiert: Mit dem neuen Kaby Lake-H werden bis zu 32 GB DDR4-2400 unterstützt, die mit 64-Bit- und Dual-Channel-Betrieb angebunden sind. Benchmark-Tools ermitteln hier reale Datenübertragungsraten von über 25 GB/s. COM-Express-Basic-Module wie das TQM-x70EB von TQ stellen für die Konfiguration des Arbeitsspeichers zwei SO-DIMM-Sockel für DDR4 zur Verfügung, sodass je nach Anforderungen die entsprechende Speicher-

größe eingesetzt werden kann. Abhängig vom ausgewählten Prozessorivat können sogar SO-DIMMs mit Fehlerkorrektur (ECC, Error Correction) verwendet werden. Einzelne Bitfehler lassen sich erkennen und automatisch korrigieren. Dies ist vor allem dort sinnvoll, wo eine extrem hohe Ausfallsicherheit des Messsystems gefordert ist.

Mit der siebten Generation ihrer Core-Prozessoren bietet Intel auch auf der Embedded-Roadmap wieder eine recht große Bandbreite an unterschiedlichen Derivaten an. Als günstige Einstiegsklasse werden Core-i3-Varianten der 7000E-Familie mit zwei Rechenkernen (Dual Core) angeboten. Alle größeren Derivate sind als Quad-Core-CPU ausgeführt. Die Core-i5-Bausteine stellen meist das beste Preis-Leistungs-Verhältnis zur Verfügung. Mit den Core-i7- und den Xeon-Varianten wird das High-End-Segment adressiert, wobei die

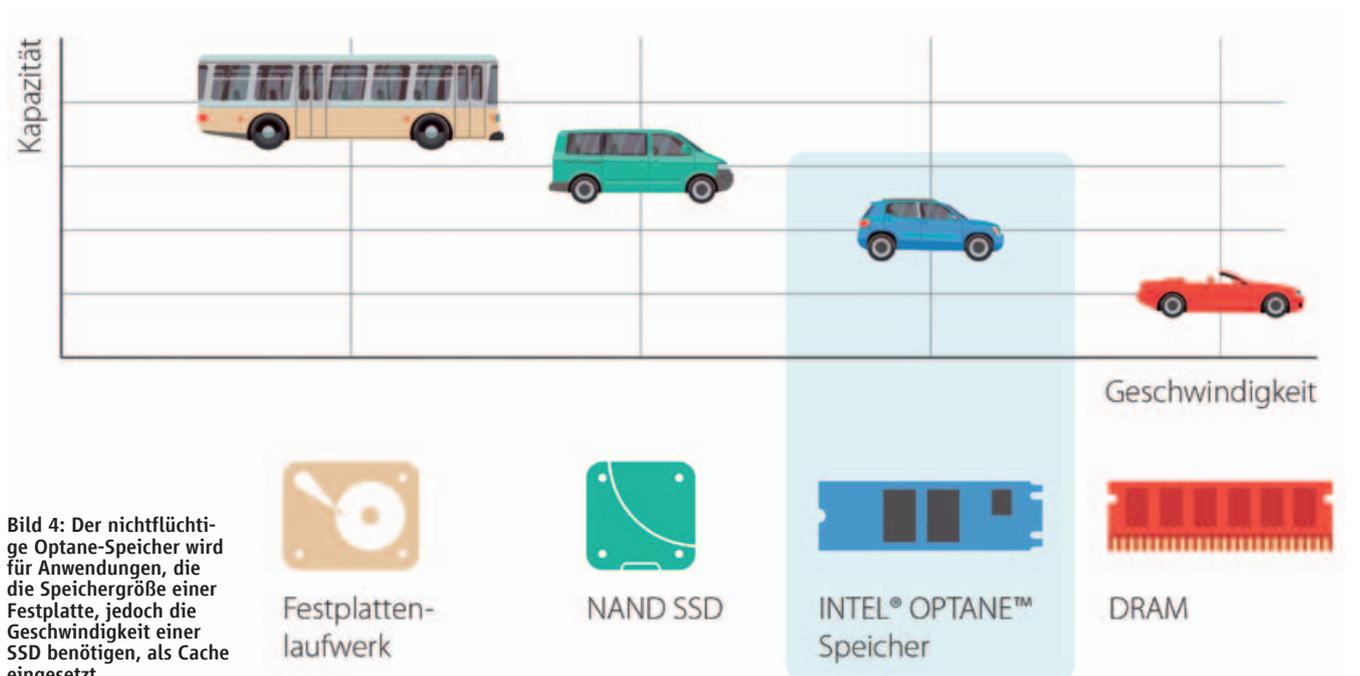


Bild 4: Der nichtflüchtige Optane-Speicher wird für Anwendungen, die die Speichergöße einer Festplatte, jedoch die Geschwindigkeit einer SSD benötigen, als Cache eingesetzt.

Xeon-Prozessoren nicht nur höhere Leistungsfähigkeit aufweisen, sondern auch ECC-Speicher unterstützen.

Für Anwendungen, die zur Datenanalyse wie Algorithmen mit Vektorberechnung nutzen, können zusätzlich zu den CPU-Cores auch den extrem leistungsfähigen Grafik-Core nutzen. Mit OpenCL 2.1 werden entsprechende Befehlssätze unterstützt. Messwerte und -kurven lassen sich auf bis zu drei Displays grafisch darstellen, wobei eingebaute Displays typischerweise über LVDS angebunden werden. Wer besonders detaillierte Messkurven auf großen Monitoren ausgeben möchte, profitiert von den hochauflösenden Monitorausgängen, die 4K UHD und mehr unterstützen.

Mithilfe der insgesamt neun verschiedenen Prozessorderivate lässt sich die Rechenleistung entsprechend den Anforderungen anpassen. Durch einen modularen Aufbau auf Basis von COM Express ist sichergestellt, dass sich ein System auch bei wachsenden Ansprüchen upgraden lässt. Mit unterschiedlichen Standardvarianten des COM-Express-Moduls TQMx70EB bietet TQ die Möglichkeit, schon vorab die Applikation mit den unterschiedlichen Prozessoren zu evaluieren.

■ Datenspeicherung

In vielen modernen Messtechnik-Applikationen ist die temporäre oder dauerhafte Speicherung der Daten als Basisfunktion berücksichtigt. Die immer größer werdenden Datenmengen geben auch hier Anlass zum Nachdenken. In der Vergangenheit wurden Daten klassisch auf SATA-Festplatten oder -SSDs gespeichert. Hierfür stehen bei den Kaby-Lake-H-Prozessoren auf COM Express weiterhin bis zu vier SATA-Schnittstellen zur Verfügung. Wer jedoch auch hier einen hohen Datendurchsatz benötigt, stößt mit den maximal 480 MB/s Nutzdaten-Bandbreite, die SATA Gen. 3 bietet, an Grenzen.

Höhere Bandbreiten können bei neuen Speichermedien wie NVMe-SSDs im M.2-Formfaktor genutzt werden. Bei den schnellen NVMe-Ausführungen der M.2-Speicher erfolgt die Anbindung per PCIe x2 oder PCIe x4 am PCH des CPU-Moduls, wobei Übertragungsraten von über 2 GB/s erreicht werden können. Interessant wird dies vor allem aufgrund der immer schneller werdenden Flash-Speicher, die mit einer SATA-Anbindung nicht die volle Performance zeigen können. Da es bei M.2-Speichermedien sowohl SATA- als auch PCIe-Ausführungen

gibt, ist ein genauer Blick ins jeweilige Datenblatt besonders wichtig.

Wer für die dauerhafte Speicherung von sehr großen Datenmengen auf den Einsatz einer SATA-Festplatte angewiesen ist, kann für die kurzfristige Beschleunigung des Datentransfers auf Intels Optane-Speicher mit 3D-XPoint-Technologie zurückgreifen (*Bild 4*). Es handelt sich hierbei um eine neuartige Speichertechnologie, die eine sehr geringe Latenzzeit aufweist und sich unter anderem als Cache für die Datenübertragung zur Festplatte eignet. Die im M.2-Formfaktor erhältlichen Speichermodule werden erstmals mit der 7. Generation von Intels Core-Technologie unterstützt. Einige Anwender nutzen diese neue, nichtflüchtige Speichertechnologie aber auch, um den System- und Programmstart zu beschleunigen. Eine Kombination aus Software (Intel Rapid-Storage-Technologie) und Hardware bietet eine für den Anwender transparente Möglichkeit, häufig genutzte Daten nicht von der Festplatte, sondern aus dem superschnellen Optane-Speicher zu laden. Dadurch können Boot- und Ladezeiten für Anwendung drastisch sinken.

Für die Datenspeicherung über Netzwerk oder auf einen Wechseldatenträger stehen auch bei dieser Prozessorgeneration Gigabit-Ethernet und mehrere USB-3.0-Ports zur Verfügung.

■ Fazit

Die Realisierung leistungsfähiger Messtechnik-Anwendungen kann durch die neue Prozessorgeneration Kaby Lake von Intel, einem modularen Designansatz und bei Bedarf durch die Zusammenarbeit mit einem kompetenten Partner sehr effizient und kostenoptimiert durchgeführt werden. Im Idealfall bietet der Partner fertige Building-Blocks, kompetente Designunterstützung sowie Entwicklungs- und Fertigungsdienstleistungen an. Gerade im Bereich moderner Messtechnik gibt es genügend Potenzial, um neue Systeme mit Innovationen und ausreichend Rechenleistung für zukunftsorientierte Funktionserweiterungen auszustatten. (rh)



Harald Maier
Business Development
Manager für den Bereich
x86 / Embedded PCs bei
TQ-Systems.