

Der Atom – Zwischen Prozessor und Controller

Unendliche Möglichkeiten? – Der Intel Atom Z5xxP(T) im industriellen Einsatz

Vor dem Einsatz neuer Controller ist es wichtig, sich mit deren Komplexität und deren Möglichkeiten auseinanderzusetzen. Dabei werden Aspekte beleuchtet, die vor und während der Arbeit in Verbindung mit dem Intel Atom Z5xxP(T), aber auch in künftigen Projekten eine wichtige Rolle spielen. Die Betrachtungen gewähren Einblicke für folgende Projektplanungen und geben Anregungen für die eigene Entwicklung.

Von Claudia Sablotny

Im Embedded-Bereich sind Kriterien wie geringe Verlustleistung und Stromaufnahme als auch die Lebensdauer von entscheidender Bedeutung. Mit Eigenschaften wie einer Leistungsaufnahme von weniger als 5 W inklusive Chipsatz zielt der Intel Atom Z5xxP(T) auf den Embedded-Markt. In industriellen Anwendungen wird mit Lebenszyklen von fünf bis zehn Jahren oder gar mehr geplant. Die Herausforderung an die Entwicklung liegt u.a. in dem geringen Platzangebot und den geschlossenen Systemen. Mit dem Intel Atom Z5xxP(T) ist

ein Controller auf den Markt gekommen, der auf Grund der geringen Verlustleistung von 5 W für CPU und Chipsatz auch bei hoher Leistung ohne zusätzliche Lüftung auskommt.

Der Markt unterteilt sich in verschiedene Anwendergruppen: Zum einen in die Anwender, die sich aus strategischen Gründen für die x86-Architektur entschieden haben, z.B. um eine echte Software-Kompatibilität zu anderen x86-Plattformen zu erreichen. Dafür setzten sie jedoch einen für ihre Anwendung überdimensionierten Prozessor wie einen Pentium ein; mit

dem Intel Atom Z5xxP(T) würden sie aus ihrer Sicht einen „Lower Performance“-Controller einsetzen. In der anderen Gruppe sind die Mikrocontroller-Anwender, die bei weiteren Produktentwicklungen z.B. in Bezug auf die Display-Auflösung an Leistungsgrenzen stoßen. Für diese Anwender bietet der Intel Atom Z5xxP(T) eine Möglichkeit, diese Grenzen zu überschreiten.

Der Intel Atom Z5xxP(T) ist aus verschiedenen Gründen für den Embedded-Markt interessant: Er hat einen geringen Energieverbrauch, verfügt über einen leistungsfähigen Grafikcontroller und im Vergleich zu einem ARM11-Core über eine höhere Leistung. Außerdem garantiert Intel für die Industrievariante eine Verfügbarkeit von fünf Jahren. Weitere Derivate sind in der Roadmap vorgesehen. Auf der Betriebssystemebene besteht eine echte Software-Kompatibilität zu allen anderen x86-Plattformen. Bei dem Einsatz des x86er Intel Atom Z5xxP(T) steht der Verwendung bei extremen Temperaturen von -40 °C bis $+85\text{ °C}$ nichts im Wege. Ein weiterer Vorteil liegt in den geringeren Kosten gegenüber anderer x86-Hardware.

■ Hard- und Software-Ingenieure als wichtigster Erfolgsfaktor

Der Intel Design-Guide, der insgesamt über 200 Seiten umfasst, beschreibt parallel zu dem Prozessor-Handbuch strikte Vorgaben für Routing und Aufbau eines Atom-Designs. Dabei geht es nicht nur um Leiterbahnlängen und Impedanzkontrolle, sondern auch um die Anzahl der Lagenwechsel bei bestimmten Signaltypen, eine abgestimmte Anzahl zugehöriger Durchkontaktierungen in den Versorgungslagen u.v.m. Prinzipiell ist es so, dass der Intel Design-Guide deutlich mehr vorgibt und die Einhaltung dieser Vorgaben deutlich schwieriger ist, als dies bei typischen Mikrocontrollern der Fall ist. Vor allem an das Layout werden extrem hohe Anforderungen gestellt, wenn das Design am Ende möglichst kompakt sein soll.

Die Umsetzung dieser Vorgaben mit entsprechenden Beschränkungen, wie z.B. der Größe der Platine, stellen höchste Anforderungen an die Entwickler eines Designs. Der Einsatz von professionellen Entwicklungswerkzeugen ist bei dieser Komplexität unabdingbar. Auch wenn die eingesetzte Software die Grundvoraussetzung für die professionelle Umsetzung eines solchen Designs ist, so ist und bleibt der wichtigste Erfolgsfaktor immer noch das Team von Hard- und Software-Ingenieuren und deren jahrelange Erfahrung.

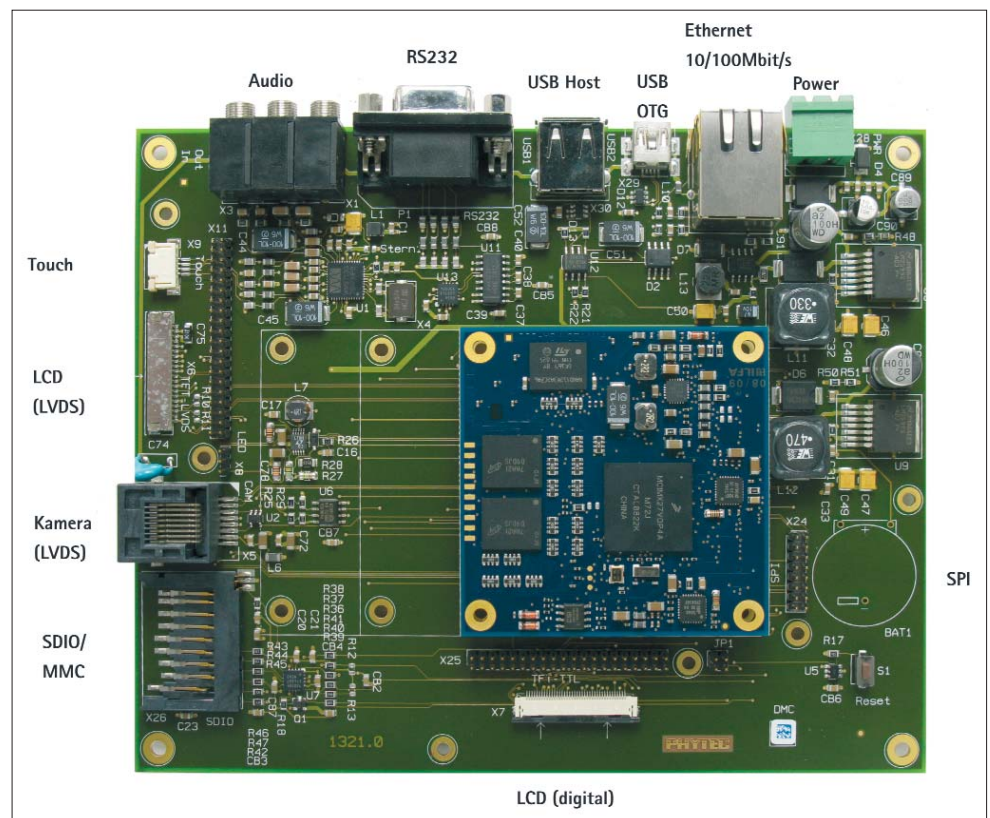
Dieses Team ist ebenso notwendig, um die Schaltung zu simulieren und in Betrieb zu nehmen. So kann eine Funktion in allen Betriebszuständen, d.h. auch in den ungünstigsten Kombinationen, überprüft werden. Ein Beispiel: Das Netzteil muss auch bei den stärksten Lastwechseln jederzeit ausreichend Energie zur Verfügung stellen können. Hier gilt es, so zu dimensionieren, dass die Funktion gewährleistet ist und darüber hinaus auch den üblicherweise geltenden Anforderungen an ein kostengünstiges Design Rechnung getragen wird. Eine weitere Herausforderung ist ein optimales EMV-Verhalten bei hohen Frequenzen unter Einhaltung der Signalintegrität. Eine wesentliche Herausforderung ist hierbei das Routing von Frontsidebus und DDR2-

RAM unter Beachtung der notwendigen Menge an Durchkontaktierungen, die jeweils die benachbarten Ground Planes einer Platine beim Lagenwechsel eines Signals von DDR2- oder Frontside-Bus verbinden. Ziel ist hierbei das Sicherstellen eines niederimpedanten HF-Rückpfades für die Signale.

■ Eigenentwicklung oder Modulzukauf?

Zu Beginn einer neuen Produktentwicklung stellt sich die Entwicklungsabteilung die Frage, welcher Teil der

Entwicklung werden zwei Mannjahre angesetzt – das entspricht ca. 200 000 Euro. Hinzu kommen jährlich etwa 30 000 Euro für die Produktpflege. Geht man nun von einem Produktlebenszyklus von fünf Jahren und einem Kostenvorteil der Eigenentwicklung gegenüber dem Modulzukauf von 20 bis 30 Euro pro Stück aus, so müssten über die Produktlebensdauer deutliche fünfstelligen Modulstückzahlen verkauft werden, damit sich eine Eigenentwicklung auf Basis des Intel Atom Z5xxP(T) rechnet. Bei einer fairen Cost-of-ownership-Rechnung müssen auch die Investitionen in die notwendigen und teuren



Entwicklung im Haus getätigt wird und welcher eben nicht. Gerade beim Design mit dem Intel Atom Z5xxP(T) ist ein sehr tiefes technisches Verständnis erforderlich, und die Entwicklungszeit dauert lange. Deshalb ist zu überlegen, ob es sich nicht lohnt, sich gerade in diesem Fall auf seine Kernkompetenzen zu konzentrieren. Ein Argument sind die hohen Entwicklungskosten, die für den Zukauf von Modulen sprechen. Die Entwicklungskosten im eigenen Haus können folgendermaßen überschlagen werden: Für die Hard- und Software-Entwick-

Entwicklungs-Tools und BIOS-Entwicklungslizenz inkl. Sourcecode mit eingerechnet werden.

Auf dem Markt gibt es eine sehr große Zahl an Anbietern von Atom-Lösungen mit unterschiedlichen Standards. Der Schwerpunkt der Betrachtung liegt also in den meisten Fällen nicht bei der Entscheidung, ob ein Modul eingesetzt wird oder nicht. Die Frage ist vielmehr die nach der optimalen Lösung.

Es gibt unterschiedliche Faktoren für ein Modul auf Basis des komplexen Controllers Intel Atom Z5xxP(T).

■ Bild 1. phy-CARD-Modul mit Basisplatine. Auf der Basisplatine stehen I/O-Interfaces als Stecker bzw. Pfostenverbinder für schnelles Prototyping zur Verfügung.

So sollte man sich die Fragen stellen, ob und welcher Standard eingesetzt werden soll, welcher Anbieter in Sachen Technologieführerschaft weit vorne ist und welcher Anbieter das größte Know-how für den eigenen Bedarf bzw. Anspruch hat. Auch sollten folgende Kriterien beachtet werden:

- ▶ Preis/Leistungs-Verhältnis,
- ▶ Kits für den Einstieg in die neue Technologie,
- ▶ Verfügbarkeit im erweiterten Temperaturbereich (–40 °C bis +85 °C),
- ▶ Langzeitverfügbarkeit,
- ▶ laufende Produktpflege in Bezug auf Abkündigungen von Bauteilen,
- ▶ Anpassung der Hardware während des Produktlebenszyklus,
- ▶ mögliche Reaktion in Bezug auf Trends,
- ▶ technischer und Betriebssystem-Support,
- ▶ Betriebssystem-Anpassungen,
- ▶ Design-Vorschläge,
- ▶ Anbindung weiterer Peripherie,
- ▶ Einhaltung von Normen,
- ▶ Entwicklungsunterstützung bis hin zum Gehäusedesign.

Industrielle Anwendungen werden in der Regel für fünf bis zehn Jahre oder auch länger nach der Produkteinführung entwickelt. Der Markt tendiert verstärkt dazu, Mikrocontroller schneller abzukündigen und neue auf den Markt zu bringen. Mit einer garantierten Verfügbarkeit des Intel Atom Z5xxP(T) von fünf Jahren liegt Intel an der unteren Grenze eines bis dato üblichen Produktlebenszyklus. Abkündigungen von Mikrocontrollern erfordern automatisch ein Redesign; das zieht sich durch die Hardware- und oftmals auch durch die Software-Entwicklung bis hin zu einer möglichen Gehäuseanpassung. Ein weiterer Grund für eine Hard- und Software-Anpassung ist, wenn sich während eines Produktlebenszyklus neue Anforderungen an eine Anwendung ergeben, auf die ein Unternehmen reagieren möchte; das kann z.B. der Einsatz eines Displays sein.

Diese Grundidee hat Phytex mit einem neuen Modul-Konzept aufgegriffen: Das Ziel ist die Hardware-Kompatibilität der Module sogar über Architekturen hinweg. Das wird erreicht, indem ausschließlich etablierte Stan-

dard-Schnittstellen verwendet werden, die von 80 bis 90 % der Controller abgedeckt werden. Dazu gehören u.a. Schnittstellen wie LCD, I²C, SPI, Ethernet 10/100 Mbit/s, AC97/HD-Audio, UART, USB, SDIO/MMC, GPIO, JTAG. Spezielle oder exklusive Schnittstellen wurden mit Absicht nicht zugelassen. Das erhöht die Verwendung neuer bzw. weiterer Controller nach einer Abkündigung.

Auf Basis dieser Gedanken ist der X-Arc-Bus entstanden. Er beschreibt die feste Belegung der Schnittstelle (100-Pin-Stecker). Gerade das ist ein markanter Unterschied zu bisher auf

Marktes fordern die Anwendung von WinCE-/XP-Embedded oder Linux, was entsprechend berücksichtigt wurde.

Es gibt zwei Strategien, weitere Schnittstellen, z.B. CAN oder RS 485, auf der Basisplatine in Verbindung mit einem phyCORE-/phyCARD-Modul zu realisieren:

Die erste Lösung sieht den Einsatz von Gateway-Chips (I²C to ...; SPI to ...; USB to ...) vor, diese sind gut geeignet, da es kaum Leistungsverluste gibt.

Die andere Lösung sieht den Einsatz eines einfachen Co-Prozessors,

phyCORE-Familie	phyCARD-Familie
Jedes phyCORE-Modul hat eine andere Belegung auf dem Modulstecker (bis zu 400 Pins).	Bei allen phyCARD-Modulen ist der Modulstecker identisch belegt (X-Arc-Embedded-Bus mit 100 Pins).
Alle Eigenschaften des Controllers stehen auf dem Modulstecker zur Verfügung.	Wesentliche Schnittstellen, z.B. Ethernet, USB, SPI, I ² C, Grafik etc., stehen zur Verfügung.
Jedes Modul-Layout ist auf einen speziellen Controller ausgelegt.	Skalierbarkeit der Rechenleistung über die Controller-Architekturen hinweg.
Basisboard-Design, als wäre der Controller direkt in die Schaltung integriert.	Vereinfachung der Entwicklung eines Basisboards durch Reduktion der Komplexität.

Die Unterschiede der phyCORE- und phyCARD-Familie im Überblick. Für beide Produkt-Familien stehen jeweils Rapid Development Kits mit Inbetriebnahmegarantie zur Verfügung.

dem Markt etablierten Standards, die aber in Wirklichkeit nicht 100-prozentig kompatibel sind. Kompatibilität und Austauschbarkeit stellen ein großes Plus in Sachen Zukunftssicherheit bei Industrienanwendungen dar.

Während des Produktzyklus kann es Anforderungen an ein Feature geben, das eine Skalierung des Controllers in Bezug auf die Rechenleistung erfordert. Mit dem Austausch durch eine höhere Leistungsklasse innerhalb derselben Produktfamilie – auch basierend auf der Intel Roadmap – wird eine Lösung mit geringerem Aufwand möglich.

■ Konkrete Realisierung – ein Beispiel

Den Weg der skalierbaren Rechenleistung ist Phytex mit der neuen Produktfamilie der industrietauglichen phyCARDS (Bild 1) gegangen. Die größte Leistungsklasse ist die phyCARD-XL: Intel Atom Z5xxP(T) Controller bei 1,6 GHz. Der Bedarf am phyCARD-Konzept wird aus dem Markt generiert, und 80 % desselben

z.B. eines Cortex M3, auf der Basisplatine vor. Der Controller auf dem Modul kommuniziert bei dieser Lösung über USB mit dem Cortex, der die zusätzlichen Schnittstellen (z.B. CAN, RS 485) auf der Basisplatine realisiert. Die Schnittstellen, die über den Cortex angesprochen werden, sind durch virtuelle Treiber softwaremäßig so anzusprechen, als ob sie vom Prozessor aus verfügbar wären. Auf dem Cortex M3 laufen eigene USB-tunneling-Protokolle; damit wird die Komplexität der gesamten Anwendung entkoppelt. Somit ist ein verteiltes System als ein Vorteil anzusehen. Es unterscheidet sich nur durch die Transportschicht: Es erfolgt ein direkter Registerzugriff im Falle integrierter Peripherie oder – im Falle einer verteilten Peripherie – der Transport via USB oder einer anderen Standard-Schnittstelle.

Für Anwendungen, bei denen mit allen Schnittstellen des Controllers gearbeitet werden muss, steht weiterhin die phyCORE-Familie zur Verfügung. Die Unterschiede zwischen der phyCORE- und der phyCARD-Familie sind in der Tabelle zusammengefasst.

Die ersten Entwicklungsschritte

Für beide Produkt-Familien stehen, für die schnelle Einarbeitung und den Einstieg in die neue Technologie, jeweils Rapid Development Kits mit Inbetriebnahmegarantie zur Verfügung.

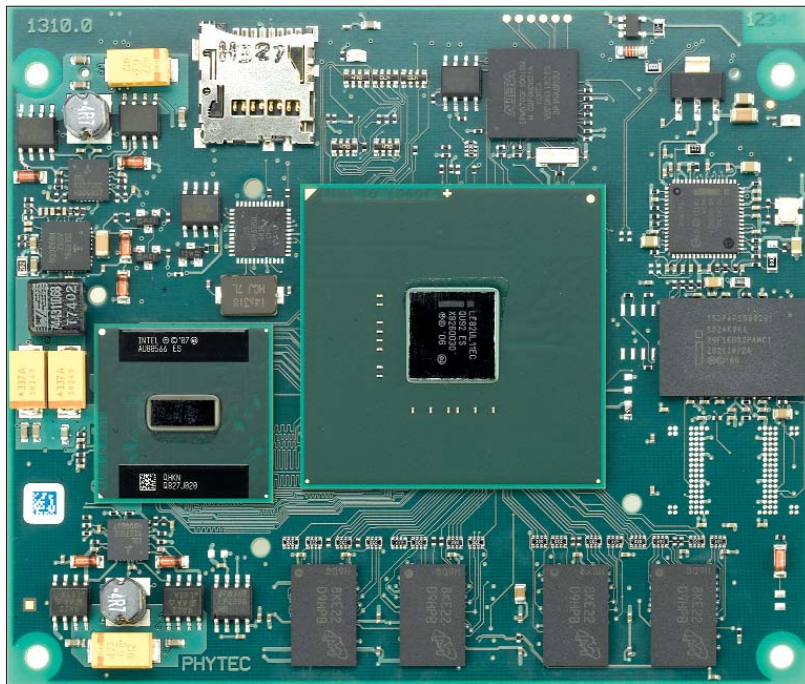
So besteht das Linux-Rapid Development Kit Intel Atom Z5xxP(T) mit einer OSADL-konformen Implementierung von Echtzeit-Linux jeweils aus einem Modul (Intel Atom Z510P), einer Basisplatine mit zusätzlichen Schnittstellen, einem Netzteil sowie allen erforderlichen Verbindungskabeln für die Anbindung an einen PC. Die entsprechende Software ist ebenfalls beigelegt. Weitere Schnittstellen sind: Ethernet, USB (OTG, 4 × Host), zwei RS 232, PCIe/Mini-PiE, SATA, Sound, RTC (intern), SD/MMC und Erweiterungsbus. Als Entwicklungsumgebung stehen Eclipse und die GNU Cross Development Toolchain zur Verfügung. Außerdem werden die Anbindung des Mikrocontrollers mit seiner Basisplatine an die Host-Plattform – ebenfalls unter Linux – über Ethernet, die Konfigurierung des Kernels und die Verarbeitung eines kompletten Projektes inklusive Debugging mit unterschiedlichen Methoden beschrieben. Folgende Schnittstellen können über das Betriebssystem im Kit angesprochen werden: Display (DVI), LVDS, Ethernet GigE, COM ports (UART1 via SIO SMSC3112), COM ports (UART2(ftdi)), SD/SDIO, SSD, SATA, USB Host High-speed (Tastatur, Maus), USB Host Highspeed (Speichermedien), PS2 (Maus, Tastatur via SIO SMSC3112), Audio (Line Out, Line In, MIC-IN), Power Management (ACPI), LPT (via SIO SMSC3112), I²C (EEPROM).

Die QuickStart-Anleitung führt Schritt für Schritt durch ein erstes Beispielprojekt und gibt jederzeit einen Überblick darüber, welcher Lernschritt mit welchem Zeitaufwand gerade bearbeitet wird. Ziel ist es, den Anwender in die Lage zu versetzen, eigene Projekte in kürzester Zeit selbst umzusetzen. Mit der Inbetriebnahmegarantie wird ein reibungsloser Einstieg zugesagt.

■ Auf dem Weg zum industrietauglichen Design

Als Beispiel wird hier ein typischer Projektverlauf mit dem Intel Atom Z5xxP(T) beschrieben. Am Anfang steht die Aufgabenstellung: Für eine Industriemaschine soll ein Steuerungsterminal mit einem 15-Zoll-Display und Gehäuse entwickelt werden. Diese Einheit muss auch bei -40 °C einwandfrei funktionieren und auf die Schutzart IP 54 ausgelegt sein.

Es folgen Gespräche auf allen Ebenen der Entwicklung bis hin zum Gehäusedesign. Am Anfang steht die kritische Frage im Raum: Hat der Controller wirklich die benötigte Grafik-Leistung für die Anwendung? Als Basis für die Tests wird das Rapid Development Kit (RDK) verwendet. Vorteil beim Einsatz der RDK ist, dass die ersten Schritte schon mit dem Serienmodul real getestet werden können. Im industriellen Umfeld werden höchste Ansprüche an die Module und Steckverbindungen gestellt. Die Zusatzkosten hierfür in der Serie müssen gering gehalten werden. Aus diesem Grund bietet Phytex ausschließlich Module an, die für den industri-



l Bild 2. Anders als bei den phyCARD-Modulen werden bei phyCORE-Modulen alle Controllereigenschaften auf den Steckverbindern zur Basisplatine übertragen. Das phyCORE-Z5xxPT-Modul hat 240 Pins.

ellen Einsatz geeignet sind – DIMM-Karten-Sockel werden daher nicht verwendet.

Weiter im Projektverlauf: Nach ausreichenden Tests und ausgiebigen Informationen zu OSADL und weiteren Vorgesprächen wird die Entscheidung sowohl für das Betriebssystem Linux als auch für das Modul getroffen. Auf Grund der Zielvorgaben wird die alte Lösung mit einem x86-Board zu teuer. Es muss neben der Modul-Lösung eine Lösung für die fehlenden Schnittstellen, z.B. RS 232, CAN und Kartenleser, gefunden werden. Es bieten sich zwei Möglichkeiten an: Zum einen die Realisierung über FPGA und zum anderen mit Hilfe eines Co-Prozessors. Die Entscheidung fällt auf die Lösung mit dem Co-Prozessor, da der Kunde diesen Prozessor auch in anderen Projekten einsetzen möchte.

Die direkte Zusammenarbeit startet mit einer Linux-Schulung. Um die Funktionsplatine über USB anzusprechen, werden Software-Treiber unter Keil für Cortex-Co-Prozessor implementiert. Damit zwischen dem Intel Atom Z5xxP(T) und dem Co-Prozessor eine Kommunikation stattfinden kann, wird eine weitere Protokollschicht erstellt. Im Anschluss daran wird alles auf Basis des Rapid Deve-

lopment Kits betrieben und getestet. Nach diesem Funktionstest startet die Entwicklung einer Basisplatine mit dem Co-Prozessor und dem Aufsteckplatz für das phyCORE-Z500PT (Bild 2). Parallel dazu ist die Auswahl eines geeigneten Displays, das in Sachen Kosten und optische Eigenschaften den Vorgaben entspricht, der nächste zu klärende Punkt. Nachdem die Randbedingungen festgelegt sind, beginnt der Gehäusedesigner mit den ersten Vorschlägen. Nach Auswahl des Displays und der Auswahl des Konstruktionsvorschlags wird ein Prototyp mit allen Hardware-Komponenten im Konstruktionsmuster (Laser-Sintermodell) zusammengestellt. Nach den Umwelttests wird ein Redesign der Hardware vorgenommen. Weitere Prozesse, die die Entwicklung begleiten, sind:

- ▶ Workshop in der Lastenheft-Phase. Das Lastenheft beschreibt detailliert das Projekt und darüber hinaus die Realisierung. Das Pflichtenheft garantiert, dass am Ende des Entwicklungsprozesses ein erfolgreiches Produkt termingerecht zur Verfügung steht.
- ▶ Einbindung in die Freigabeprozesse (z.B. Pflichtenheft, Schaltplan, Gehäusedesign).
- ▶ Berücksichtigung des Gesamtsystems im Hinblick auf die Wärmebilanz.

▶ Enge Abstimmung in der Serienphase wie z.B. flexible Lieferprozesse, Information über mögliche Bauteilabkündigungen, Redesigns und Produktpflege.

An dieser Stelle wird überlegt, ob die Möglichkeit einer kundenspezifischen Bestückung und Programmierung, um das Standardmodul der jeweiligen Anwendung anzupassen, notwendig ist. Alle Module, die beim Kunden im Einsatz sein werden, unterliegen der Langzeitverfügbarkeit. Das heißt, dass alle Module so lange produziert werden, wie die Bauteile am Markt erhältlich sind, auch wenn gegen Ende des Lebenszyklus der Preis wieder ansteigt und dieser Anstieg mit eingeplant werden muss. Auf Grund der über 20-jährigen Erfahrung in der Zusammenarbeit mit den verschiedensten Branchen werden die Anforderungen an die Hardware (EMV, Vibration, Temperatur) berücksichtigt und in die Entwicklungen mit einbezogen.

Phytec kann zu jedem Zeitpunkt in den Entwicklungsprozess mit einbezogen werden und bietet Komplettlösungen inklusive Gehäusedesign und Gesamtproduktion an. Gute Designs überzeugen durch Form und Funktion. Diese Symbiose ist nur möglich, wenn bereits in der Designphase das Wissen um die Anwendung in einer gewissen Tiefe vorhanden ist. Die Kunden aus den unterschiedlichsten Branchen können sich somit auf Ihre Kernkompetenzen konzentrieren. *ag*



**Dipl.-Ing. (FH)
Claudia Sablotny**

studierte in Darmstadt, sie ist seit 1997 in der Phytec Technologie Holding AG angestellt und heute verantwortlich für den Bereich Marketing.

c.sablotny@phytec.de