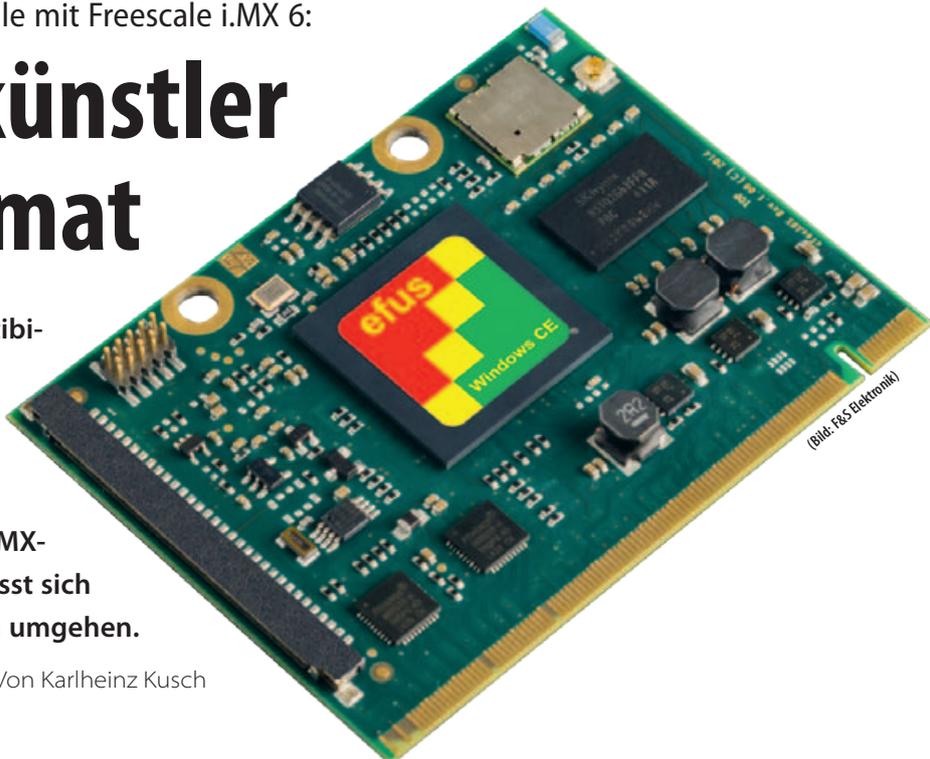


Skalierbare Computermodule mit Freescale i.MX 6:

# Anpassungskünstler im Modulformat

Computermodule können eine Kompatibilität bieten, die der Halbleiterhersteller nicht bietet. Bei Freescales i.MX-Prozessoren passen die neuesten Single-Core-Varianten nicht auf bestehende Leiterplatten-Layouts. Mit den auf die i.MX-Familie optimierten efus-Modulen lässt sich dieses Problem umgehen.

Von Karlheinz Kusch



Die Produkte von Freescale sind seit Jahrzehnten in Automotive, Industrie und Medizintechnik im Einsatz. Der i.MX-6-Prozessor aus der Produktfamilie der i.MX-Applikationsprozessoren mit ARM-Core hat sehr erfolgreich in kurzer Zeit den Board-Markt erobert. Dazu beigetragen haben mehrere Faktoren: die skalierbare Rechenleistung mit vier verschiedenen, pinkompatiblen Prozessoren in Single-, Dual- und Quad-Cores bis 1,2 GHz, die garantierte Verfügbarkeit von bis zu 15 Jahren und die ausgeprägten Multimediaeigenschaften. Mit seinen bis zu vier symmetrischen Cortex-A9-Kernen verfügt der i.MX 6 über genug Rechenleistung, um anspruchsvolle Aufgaben problemlos zu bewältigen. Voraussetzung ist die Unterstützung durch ein dem i.MX 6 angepasstes Betriebssystem wie Android, Linux oder Windows Embedded Compact.

Der i.MX 6 zeichnet sich durch eine hohe Rechenleistung mit bis zu  $4 \times 2400$  DMIPS und viele Multimediafunktionen wie 3D-Grafik, Hardware-Video-Decoder/-Encoder mit einer Auflösung bis zu 1080p, H.264 HP, HDMI-Schnittstelle v1.4. Er ist in ARMv7-Architektur aufgebaut, die sich durch eine Gleitkommaeinheit auszeichnet. Die Befehlsätze NEON und VFPv3 beschleunigen typische Multimedia-Aufgaben. Weiterhin werden die üblichen Peripherie- und

Kommunikationsschnittstellen wie PCI Express, SATA 2, Gigabit-Ethernet und für die Display- und Monitoransteuerung LVDS, MIPI Display Port, MIPI-Kamera-Port und HDMI v1.4 angeboten. Weitere wichtige Eigenschaft ist der verfügbare Temperaturbereich von  $-40$  bis  $+85$  °C.

## Variable Kern-Konfigurationen

Anfang 2015 wurde die i.MX-6-Familie durch den i.MX 6SoloX erweitert. Wie der Name bereits sagt, ist diese Variante des i.MX 6 mit nur einem Cortex-A9 ausgestattet. Der entscheidende Punkt beim i.MX 6SoloX ist das „X“: Dieser Prozessor vereint einen ARM-Cortex-A9-Kern mit einem Cortex-M4-Kern auf einem Chip. Damit führt Freescale das mit dem „Vybrid“ eingeführte Konzept des asymmetrischen Multiprocessing fort.

Beide Kerne hängen an der internen Interconnect-Busmatrix und können somit auf die gesamte Peripherie zugreifen. Neben den ARM-Modulen zum Speicherschutz (SCU und TrustZone) hat Freescale noch einen Resource Domain Controller (RDC) integriert. Damit wird es deutlich einfacher, die beiden Kerne gegeneinander abzuschotten. Die vorhandenen Schnittstellen und Speicherbereiche können beliebig einem Kern oder beiden zugeordnet werden. Zur

Kommunikation zwischen den beiden Kernen steht die vom Vybrid bekannte Semaphoreinheit SEMA4 mit 16 Hardware-Semaphoren und die neue Messaging Unit (MU) zur Verfügung. Mit der Messaging Unit können einfach Nachrichten zwischen den beiden Kernen ausgetauscht werden. Dazu hat jeder Kern vier Sende- und Empfangspostfächer.

Mit diesen Ressourcen kann ein Betriebssystem wie Android, Linux oder Windows Embedded Compact auf dem Cortex-A9 ablaufen und gleichzeitig ein C++-Programm, FreeRTOS oder das Freescale-Echtzeitbetriebssystem MQX auf dem Cortex-M4. Dies ermöglicht gänzlich neue Einsatzgebiete für den neuen i.MX 6SoloX. So können z.B. mit dem Cortex-M4 harte Echtzeitanforderungen erfüllt werden. Durch den F&S Bootloader können mit dem Cortex-M4 schon nach wenigen Millisekunden Schnittstellen wie z.B. CAN oder I<sup>2</sup>C bedient werden. Auch ein Abschalten des Cortex-A9 und Abarbeiten von Hintergrundaufgaben mit dem Cortex-M4 zur Reduktion der Stromaufnahme ist einfach möglich. Aber auch ohne Verwendung des Cortex-M4 verbraucht der SoloX im Vergleich zum Solo z.B. nur 13 mW gegenüber 143 mW, wenn sich die CPU im Idle Mode befindet. Die typische Leistungsaufnahme konnte von 1,7 W auf 1,1 W reduziert werden.

Weitere Unterschiede zwischen i.MX 6Solo und i.MX 6SoloX sind der höhere Datendurchsatz der Gigabit-LAN-Schnittstelle, verbesserte Security-Eigenschaften für den boomenden IoT-Markt sowie ein günstigerer Preis. Neu hinzugekommen ist die zweite Gigabit-LAN-Schnittstelle (mit AVB), analoge Kameraeingänge und ein 12-bit-A/D-Wandler. Der i.MX 6SoloX wird in drei verschiedenen Gehäusen angeboten. Die Größe liegt zwischen  $14 \times 14 \text{ mm}^2$  und  $19 \times 19 \text{ mm}^2$ . Leider gibt es den i.MX 6SoloX nicht in einem zum i.MX 6 kompatiblen Gehäuse.

### Sparversion mit Cortex-A7

Eine weitere CPU aus der i.MX-6-Produktfamilie ist der i.MX 6UL (UltraLite). Kostenersparnis, geringere Verlustleistung und eine kleinere Gehäusebauform sind die besonderen Eigenschaften dieser CPU. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde anstelle des Cortex-A9-Kerns ein Cortex-A7 mit 528 MHz verwendet. Somit ergibt sich eine geringere Rechenleistung (930 DMIPS) und auch bei den Multimediaeigenschaften wurde auf Hardware-Unterstützung verzichtet.

Es stehen jedoch  $2 \times$  Ethernet, die üblichen in der Industrie verwendeten Schnittstellen wie UART, SPI, I<sup>2</sup>C und auch CAN sowie eine Kameraschnittstelle zur Verfügung. Als Displayschnittstelle ist eine digitale RGB- (bis WXGA),

aber keine LVDS-Schnittstelle vorhanden. Der i.MX 6UL ist nicht pinkompatibel zu den anderen i.MX-6-Derivaten. Er wird in Gehäusen von  $14 \times 14 \text{ mm}^2$  und  $9 \times 9 \text{ mm}^2$  angeboten. Im Gegensatz zu den anderen i.MX-6-Typen ist der i.MX 6UL immer industriell ( $-40$  bis

$+105 \text{ }^\circ\text{C}$  und 24h/7d) qualifiziert. Alle Prozessoren zusammen ergeben eine ideal auf die Aufgabenstellung (Performance-Bedarf) abgestimmte CPU-Baureihe (Tabelle 1).

Ein weiterer Punkt, der zu beachten ist, ist die Kühlung der CPU. Abhängig

Feature	i.MX 6Solo	i.MX 6SoloX	i.MX 6UL
Cortex-A	Cortex-A9, 1 GHz (2400 DMIPS)	Cortex-A9, 1 GHz (2400 DMIPS)	Cortex-A7, 528 MHz (930 DMIPS)
Cortex-M4	–	200 MHz (208 DMIPS)	–
On-Chip Memory	512 KB L2 + 128 KB SRAM	256 KB L2 + 128 KB SRAM	128 KB L2 + 128 KB SRAM
Serial Flash I/F	SPI	Dual DDR QuadSPI	Dual DDR QuadSPI
Raw NAND Flash I/F	8-bit NAND BCH40	8-bit NAND BCH60	8-bit NAND
DRAM Interface	64-bit LPDDR2/DDR3L @400 MHz	32-bit LPDDR2/DDR3L @400 MHz	16-bit LPDDR2/DDR3L @400 MHz
Ethernet	$1 \times 1 \text{ Gbit/s} + \text{IEEE 1588}$	$2 \times 1 \text{ Gbit/s} + \text{AVB} + \text{IEEE 1588}$	$2 \times 100 \text{ Mbit/s} + \text{IEEE1588}$
PCIe	$1 \times \text{PCIe 2.0} (\times 1 \text{ Lane})$	$1 \times \text{PCIe 2.0} (\times 1 \text{ Lane})$	–
USB	$1 \times \text{USB OTG HS mit Phy}$ $1 \times \text{USB Host HS mit Phy}$ $2 \times \text{HSIC}$	$1 \times \text{USB OTG HS mit Phy}$ $1 \times \text{USB Host HS mit Phy}$ $1 \times \text{HSIC}$	$1 \times \text{USB OTG HS mit Phy}$ $1 \times \text{USB Host HS mit Phy}$
UART, SPI, I <sup>2</sup> C	5, 4, 4	6, 4, 4	8, 4, 4
SD/MMC Interface	$3 \times \text{SD/MMC}, 1 \times \text{SDXC}$	$3 \times \text{SD/MMC}, 1 \times \text{SDXC}$	$2 \times \text{SD/MMC}$
12-bit-A/D-Wandler	–	$2 \times 12\text{-bit-SAR}$	$1 \times 12 \text{ bit}$
CAN	$2 \times$	$2 \times$	$2 \times$
Kamera-Eingang	$20 \text{ bit parallel}$ $2 \times \text{MIPI CSI}$	$20 \text{ bit parallel}$ $4 \times \text{Composite}$	$24 \text{ bit parallel}$
GPU 2D	GC320 Composition (600 Mpxl/s)	via GPU 3D (300 Mpxl/s)	–
GPU 3D	GC880 Open GLES 2.0 53 MTri/s, 266 Mpxl/s	GC400T Open GLES 2.0 27 MTri/s, 133 Mpxl/s	–
Video Decode	1080p30 + D1	via Software	via Software
Display Interface	$2 \times 24 \text{ bit RGB bis WXGA}$ $2 \times \text{LVDS, HDMI, MIPI DSI, EPDC}$	$1 \times 24 \text{ bit RGB bis WXGA}$ $1 \times \text{LVDS}$	$1 \times 24 \text{ bit RGB bis WXGA}$
Package	$21 \times 21, 0,8 \text{ P}$	$14 \times 14, 0,65 \text{ P}$ , $17 \times 17 \text{ oder } 19 \times 19, 0,8 \text{ P}$	$14 \times 14, 0,8 \text{ P}$

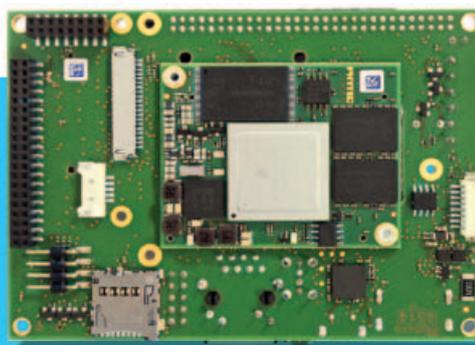
Tabelle 1. Neben den hier gegenübergestellten i.MX-6-Prozessoren mit einem Cortex-A-Core gibt es noch die Dual- und Quadcore-Versionen.

## NEU Single Board Computer – phyBOARDS phyBOARD®-Mira i.MX6

### Freescale i.MX6 Solo/Quad im Pico-ITX Format

#### Eigenschaften:

- SBC Formfaktor Pico-ITX,  $100 \times 72 \text{ mm}$
- SOM-Varianten mit phyCORE®-i.MX 6Solo, Dual Lite, Dual und Quad Core möglich
- Speicher: bis 4 GB DDR3 RAM, bis 8GB NAND Flash alternativ bis 32GB eMMC Flash
- Schnittstellen: CAN, RS232/485, Ethernet, USB, miniPCIe, phyCAM-S 60/3 dezidierte I/Os, I2S auf AV-Verbinder,  $\mu\text{SD}$ , Reset Button
- 3 Grafikschnittstellen: HDMI, LVDS und Parallel
- phyBOARD-Mira ist flexible Erweiterbarkeit über Expansion Bus, AV Connector und miniPCIe Steckplatz
- RS232/ RS485 und CAN sind direkt ausgebaut
- phyCAM-S Schnittstelle für Kameras, die bis zu 5 m abgesetzt sein können
- Betriebssystem Linux 3.18 und Yocto 1.7



#### Development Kit:

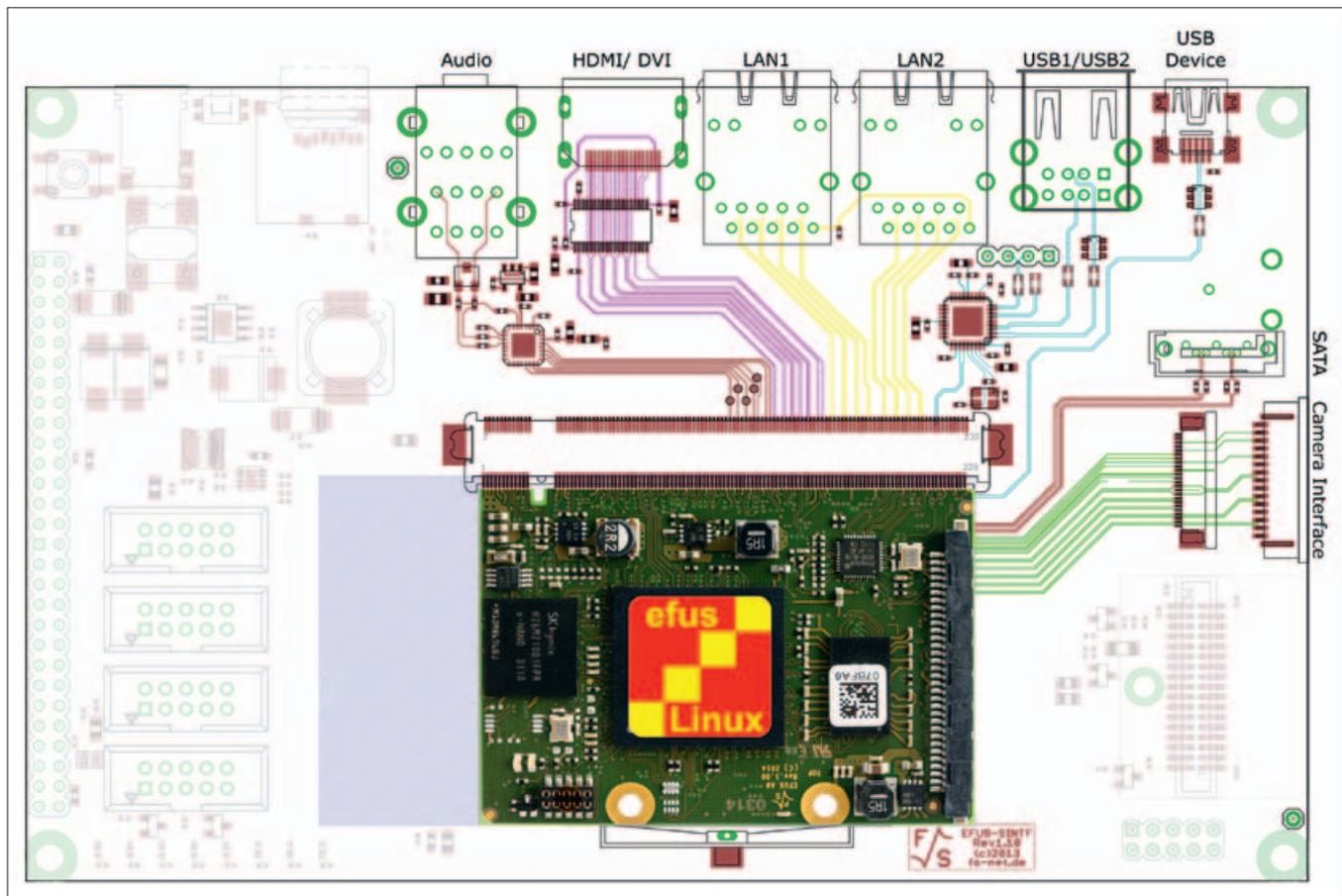
SBC mit phyCORE-i.MX 6Solo, 256 MB RAM, 512 MB NAND, 4kB EEPROM, Linux 3.18 BSP, Kabel und QuickStart Instruction  
zum Musterpreis von 74,- EUR zzgl. MwSt.

Gerne besprechen wir technische Details ausführlich mit Ihnen.

**PHYTEC**  
MESSTECHNIK GMBH

Jetzt anmelden!  
**i.MX6-Produkt-  
WORKSHOPS**  
29.9.15 / 2.12.15  
u.a. mit Freescale-Referent

PHYTEC MESSTECHNIK GMBH  
contact@phytec.de  
www.phytec.de  
+49 (0) 6131 / 9221-32



efus-A9-Computermodul mit Baseboard. Die Kontaktbelegung des 230-poligen MXM2-Steckverbinders ist auf einfaches Baseboard-Design ausgelegt.

von der beanspruchten Rechenleistung und der Umgebungstemperatur kann Kühlung notwendig werden. Bei i.MX 6UL und dem SoloX ist dies meist nicht notwendig, bei i.MX 6 DualLite und Quad-Core jedoch schon. Besonders der Quad-Core erzeugt einige Watt an Verlustleistung und benötigt einen Kühlkörper. In der Regel reicht eine passive Kühlung aus. Freescale bietet dazu einige Beispielrechnungen und natürlich die thermischen Daten der Übergangswiderstände. Weiterhin wurde auch ein Temperatursensor auf dem Chip realisiert. Damit lässt sich der Wert der Junction-Temperatur auslesen und damit die Kühlung optimieren.

## Computermodule sorgen für Pin-Kompatibilität

Natürlich muss vor Beginn einer Entwicklung mit i.MX 6 die Entscheidung für eine dieser CPUs getroffen werden. Dabei spielen sicher die benötigte Rechenleistung und Grafik- und Multimedia-Performance sowie die gewünschten Schnittstellen eine Rolle. Da nicht alle Varianten des i.MX 6 zueinander

pinkompatibel sind, sollte diese Entscheidung wohl überlegt getroffen werden.

Eine Alternative zur Entwicklung einer eigenen Hardware und damit die Festlegung auf einen bestimmten CPU-Typ ist die Verwendung eines Computermoduls. Die Produktfamilie efus ist eine pinkompatible Familie aller verfügbaren i.MX-6-Derivate. Somit steht die ganze Bandbreite von i.MX 6UL über i.MX 6SoloX bis i.MX 6Quad in einer pinkompatiblen Version zur Verfügung. Sollte während der Entwicklungsphase eine höhere Rechenleistung benötigt werden oder unerwartet Schnittstellen hinzu kommen, ist diese Änderung mit einfachen Mitteln in kurzer Zeit machbar.

F&S Elektronik in Stuttgart entwickelt und produziert seit dem Jahr 1994 Computermodule und Single-Board-Computer. Da alles aus einer Hand stammt und in Deutschland hergestellt wird, kann F&S Elektronik seinen Kunden eine Projektgarantie bieten. Gemeinsam werden alle während der Entwicklung auftretenden Probleme behoben (Hardware wie auch Software)

und Wünsche erfüllt. Ziel ist es, das Kundenprojekt erfolgreich abzuschließen und auch nach dem Serienstart über die gesamte Laufzeit das Projekt weiter zu begleiten.

Die Computermodule einer Produktfamilie sind immer pinkompatibel und auch, soweit möglich, Softwarekompatibel. Dadurch ergibt sich eine gute Skalierbarkeit. Bei der Suche nach der optimalen Modulbauform für die i.MX-6-CPU konnte kein gängiger Formfaktor überzeugen. Der Qseven-Formfaktor – auch in der neuesten Revision – ist für RISC-CPU's und deren Schnittstellen nur bedingt einsetzbar. Der SMARC-Formfaktor bietet die gewünschten Schnittstellen, ist aber mit  $82 \times 80 \text{ mm}^2$  nicht kompakt genug. Die Erfahrung aus mehr als 20 Jahren mit RISC-Boards floss in die Definition dieser neuen Produktfamilie ein. Ziel war es, einen kleinen Formfaktor mit vielen Schnittstellen preiswert anbieten zu können. Natürlich ist es einfach, alle CPU-Schnittstellen am Steckverbinder zur Verfügung zu stellen, aber ist das sinnvoll für industrielle oder medizinische Geräte? Viele Schnittstel-

len der CPU sind in einer Smartphone-Applikation sicher nützlich, machen aber das Board nur unnötig groß und die Steckverbinder teuer. Weiterhin sollte die Produktfamilie sowohl in Standardversionen ab Lager wie auch ohne großen Aufwand in kundenspezifischen Versionen verfügbar sein. So entstand bei F&S Elektronik Anfang 2014 das efus-Konzept für die i.MX-6-CPU's. Das efus-Konzept vereint ein kompaktes Format (47 × 62 mm<sup>2</sup>) mit einem günstigen Steckverbinder mit genügender Pinanzahl (MXM2 mit 230 Pins). Die Pinbelegung ist für die Verwendung eines einfachen, vierlagigen Basis-Boards (Bild) und ein EMV-optimiertes Design ausgelegt. Mittels eines angepassten Betriebssystems wird auch der Software-Entwicklungsaufwand erheblich reduziert.

Seit 2014 entwickelt F&S Elektronik pinkompatible efus-Boards mit i.MX-6-CPU und bietet inzwischen drei Grundmodule in verschiedenen Bestückvarianten an. Eine Übersicht darüber ist auf [www.fs-net.de](http://www.fs-net.de) unter Produkte/efus zu sehen. Auch kundenspezifische Bestückvarianten sowie ein komplett kundenspezifisches Modul sind möglich.

**Android, Linux oder Windows**

Neben der Hardware ist auch das Betriebssystem ein wichtiger Punkt. Freescale konzentriert sich auf die Unterstützung von Android und Linux. Dabei setzt Freescale wie viele andere CPU-Hersteller auch auf Yocto.

Mittels eines angepassten Betriebssystems wird der Entwicklungsaufwand für die Software erheblich reduziert. Freescale und Partnerfirmen bieten die Basisunterstützung dafür an. Natürlich ist noch einiges an zeitlichem Aufwand notwendig, bis das Betriebssystem auf dem selbst entwickelten i.MX-6-Board läuft und auch die Schnittstellentreiber zügig und zuverlässig arbeiten. Diese Arbeit hat F&S Elektronik schon erledigt

und alle efus-Module werden mit Android, Linux (Buildroot und Yocto), Windows Embedded Compact 7 angeboten (Tabelle 2). Für einen schnellen Einstieg in die Entwicklung mit einem efus-Modul bietet F&S Elektronik Starter Kits, einen Workshop sowie ein Forum mit schon mehr als 2000 registrierten Kunden an.

Mögliche Applikationen für die i.MX-6-Module sind Anzeige-, Bedien- und Kommunikationsgeräte in Industrie- und Medizintechnik mit einem Display von 3,5 bis 7 Zoll (RGB), bis WXGA/Full HD (LVDS) oder Full HD (DVI). Als Bedienmedium kann sowohl ein resistives 4-Draht- als auch ein kapazitives PCAP-Touchpanel benutzt werden.

Die Vielzahl an Applikationen reicht dabei von Handheld-Geräten für die Zahnarztpraxis über unterschiedlichste Therapiegeräte bis zu Stoßwellen- und Beatmungsgeräte verschiedener Hersteller weltweit. Auch in der Gebäudeautomatisierung werden die i.MX-6-Module eingesetzt. Das Einsatzgebiet ist also sehr weit gefächert und dank der Skalierbarkeit des Preisgefüges eignen sich die efus-A9-Module für Jahresmengen von einigen hundert Geräten bis zu mehr als 10.000 Stück.

**Universelle Modulfamilie**

Der langzeitverfügbare i.MX 6 von Freescale eignet sich gut, um damit eine pinkompatible Modulreihe wie die efus aufzubauen. Während bei Freescale nur i.MX 6Solo, DualLite, Dual und Quad pinkompatibel sind, sind bei efus auch i.MX 6SoloX und i.MX 6UL zu den anderen Modulen pinkompatibel. Die Bandbreite der Applikationen reicht von einfachen Bedienmenüs und kleinen Displaygrößen ab 3,5 Zoll bis zu Multimedia-Anwendungen und Displays mit Full-HD-Auflösung. Beim Formfaktor efus wurde die Belegung des Steckverbinders optimal auf die i.MX-6-CPU's und den Einsatz in Industrie- und Medizingeräten ausgelegt. Besonderen

Wert wurde auf eine kleine Modulgröße, robuste Steckverbinder und industrieübliche Schnittstellen gelegt. Als Betriebssysteme stehen Windows Embedded Compact 2013/7 und Linux/Android zur Verfügung. jk



**Dipl.-Ing. (FH) Karlheinz Kusch**

arbeitete nach dem Studium in Karlsruhe viele Jahre in der TV-Entwicklung. Anschließend war er als Field Application Engineer und im Marketing und Vertrieb in der Distribution tätig. Seit 2003 ist er Vertriebsleiter bei F&S Elektronik Systeme GmbH in Stuttgart. [kusch@fs-net.de](mailto:kusch@fs-net.de)

Feature	efusA9	efusA9X	efusA7UL
CPU	i.MX 6S/DL/D/Q	i.MX 6SoloX	i.MX 6UL
Cortex	Cortex-A9, 1 GHz	Cortex-A9, 1 GHz	Cortex A7, 528 MHz
Linux (Yocto)	3.14.28 (Yocto 1.7)	3.14.28 (Yocto 1.7)	3.14.28 (Yocto 1.7)
Android	Lollipop 5.0.0	Lollipop 5.0.0	Lollipop 5.0.0
MQX	-	ja	-
Windows Embedded Compact	7 (2013)	7 (2013)	7 (2013)

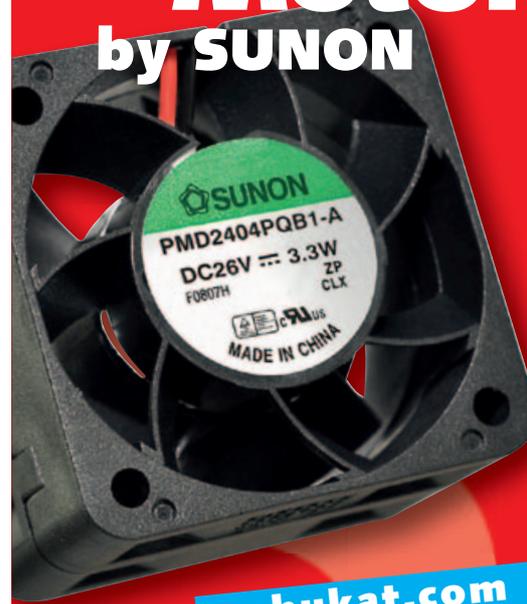
Tabelle 2. Betriebssystem-Unterstützung für die verschiedenen i.MX-6-Varianten.

**Bauteile** Halbleiter

**Komponenten & Geräte**

# Power Motor

## by SUNON



[schukat.com](http://schukat.com)

# SCHUKAT

electronic