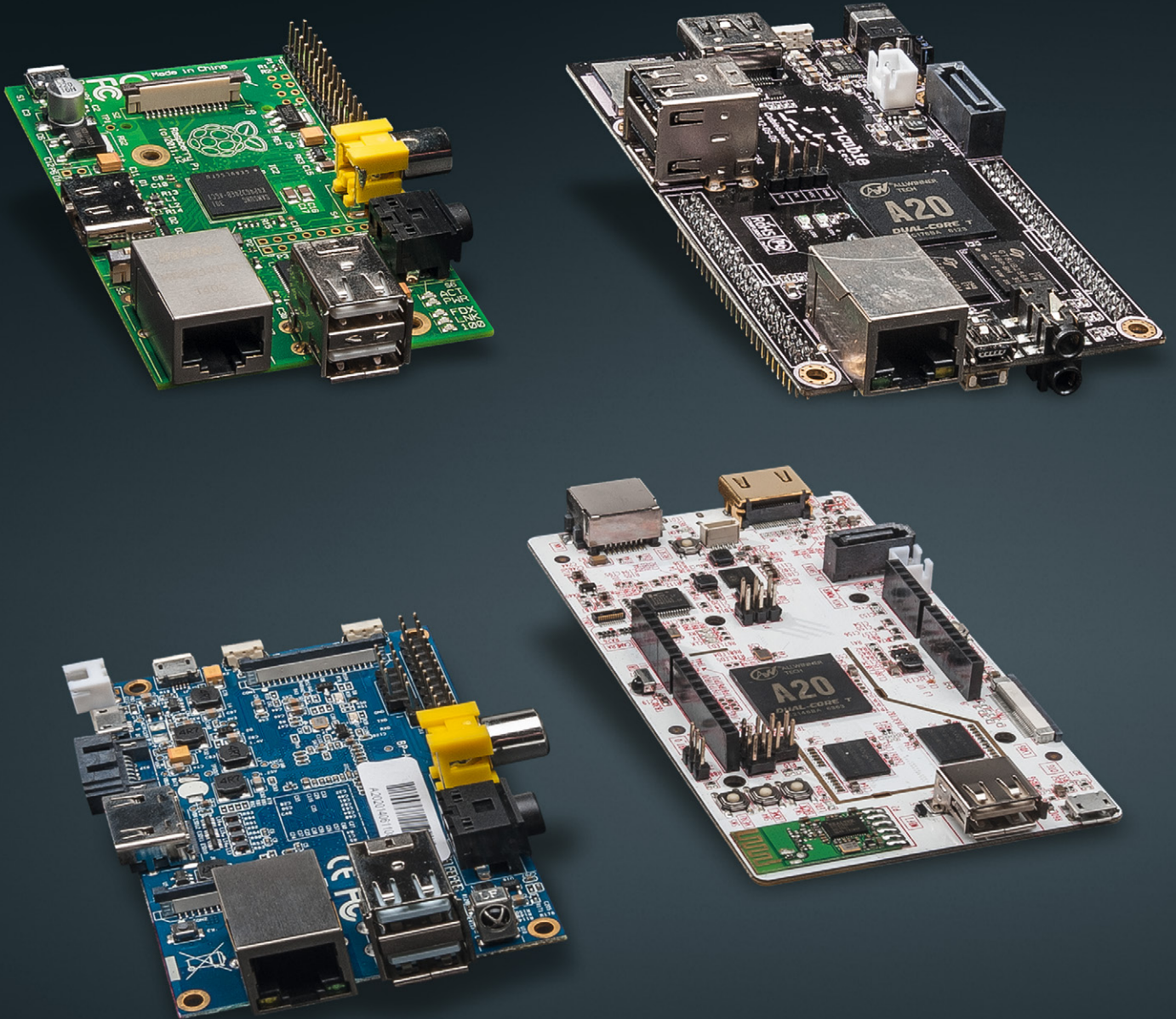




ARM-Einplatinencomputer

Mini-Rechner-Plattformen für Kreative



Wenn es um kompakte, ausbaubare und vielseitig einsetzbare Mikrorechner-Plattformen unterhalb üblicher PC-Plattformen geht, gaben viele Jahre die AVR-Arduino-Plattformen und in den letzten Jahren vor allem der ARM-Rechner Raspberry Pi den Ton an. Auch dank des rasanten Entwicklungstempos bei mobilen Geräten stehen seit einiger Zeit jedoch noch leistungsfähigere und komplexere Plattformen auf ARM-Basis bereit, auf deren Grundlage zahlreiche Experimentier- und Einplatinencomputer entstanden sind. Wir unternehmen einen Streifzug durch die Welt der kleinen embedded Computer.



Embedded Systems – die ideale Selbstbau-Plattform

Auch die Welt des Hobbyelektronikers fokussiert sich immer mehr auf den Mikroprozessor als Problemlöser für viele Aufgaben, vom einfachen Blinker bis hin zur kompletten Haussteuerung, dem Mediaserver oder NAS im heimischen Netzwerk. Neben der klassischen Stand-alone-Eigenbaulösung, also z. B. einem AVR mit passender Peripherie, haben sich in den letzten Jahren komplexere Entwickler- bzw. Embedded-Plattformen etabliert, die den Elektroniker sehr weitgehend von lästiger Lötarbeit an winzigen Bauteilen entlasten und das Entwicklungspotenzial vielmehr auf die Peripherie und die Software-Entwicklung bzw. -Inbetriebnahme lenken.

Klassiker Arduino

Einer der Auslöser dieser Richtung war ganz sicher die legendäre Arduino-Plattform mit ihrer unerreicht einfach beherrschbaren Entwicklungs- und Programmieroberfläche und der einfach per USB zu beschickenden Bootloader-Programmierung (Bild 1). Arduino-kompatible Plattformen gibt es inzwischen wie Sand am Meer: Es gibt absolut miniaturisierte wie den RFduino (Bild 2), den TinyDuino (Bild 3), den Arduino Nano (Bild 4), den ersten Wearable-Ansatz LilyPad (Bild 5). Unzählige Funktionsaufsätze, Shields genannt, sind auf der Open-Source-Plattform entstanden. Dreh- und Angelpunkt der Popularität sind komplett herausgeführte Schnittstellen, die einfache Programmierung in der C-ähnlichen Sprache Processing, eine riesige Anzahl von Treiber- und Gerätebibliotheken und natürlich die einfache IDE. Gerade diese Features inspirierten in letzter Zeit auch Entwickler anderer Prozessorplattformen (der Ardu-



Bild 1: Eröffnet ganz einfach die Welt des Programmierens – Vorreiter Arduino-IDE

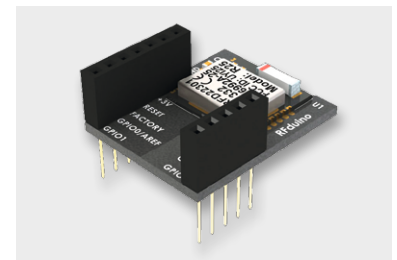


Bild 2: Nur fingernagelgroß – ein abgespeckter Arduino mit Bluetooth on Board – das RFduino-System ist eines der kleinsten Arduino-kompatiblen Systeme. Bild: RFduino

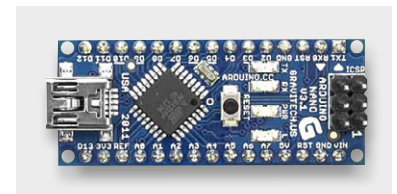


Bild 4: Superkompaktes Design, vollständiger Arduino – der Arduino Nano. Bild: arduino.cc

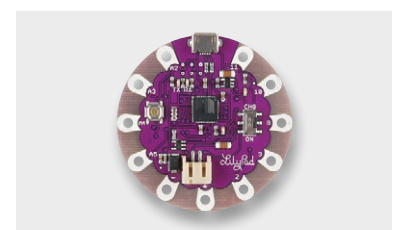


Bild 5: Früher Wearable-Ansatz – das Arduino LilyPad. Bild: arduino.cc

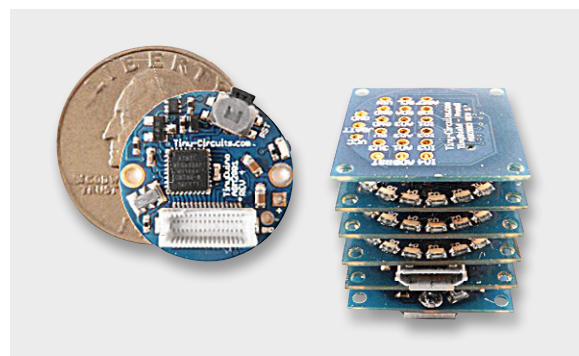


Bild 3: Nur 20 mm Durchmesser, auch das TinyDuino-System ist äußerst kompakt und nahezu beliebig ausbaubar. Bild: TinyCircuit

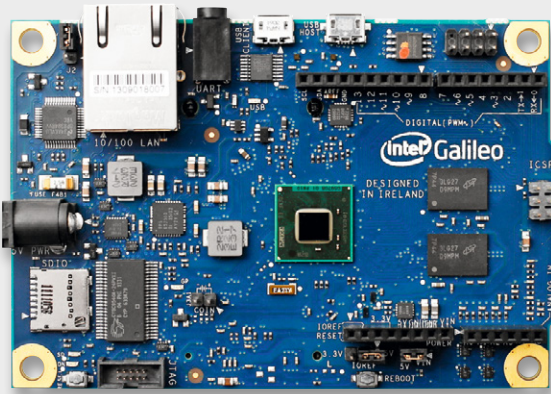


Bild 6: Intel-Prozessor arbeitet mit Arduino-Design und -IDE – der Intel Galileo. Bild: arduino.cc

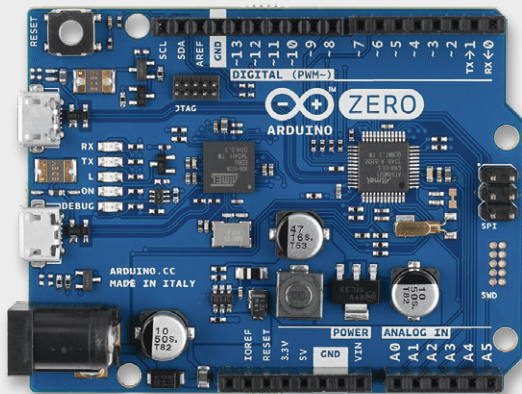


Bild 7: Erstes 32-Bit-Arduino-Original, der Arduino Zero. Bild: arduino.cc

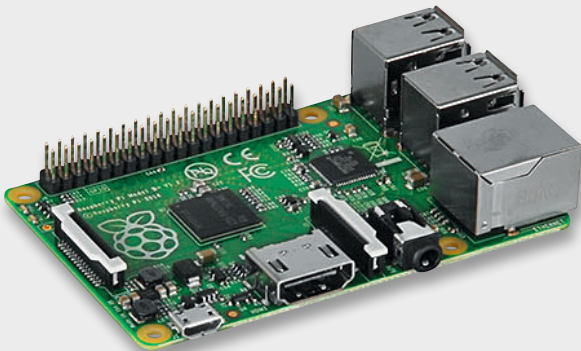


Bild 8: Mehr Schnittstellen, verbesserte Performance, höhere Audioqualität und verringerte Leistungsaufnahme – das sind die Kennzeichen des aktuellen Raspberry Pi B+.

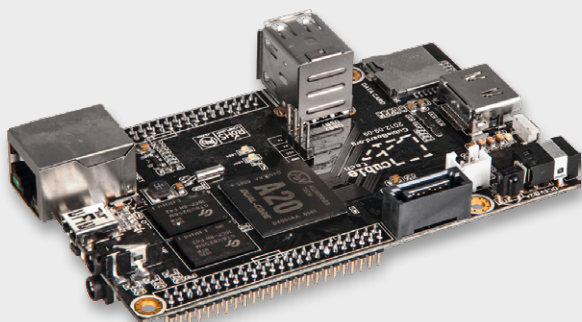


Bild 9: Eine Klasse höher als der Raspberry Pi angesiedelt, das 1-GHz-ARM7-Board Cubie-board, hier die zweite Version 2 A20

ino basiert ja vom Ursprung her auf AVR-Prozessoren) dazu, entweder Brücken zum Arduino-System zu entwickeln – ein Beispiel ist das in [1] vorgestellte Embedded-Pi-Board – oder gar mit anderen Prozessorplattformen auf das Arduino-System aufzusetzen.

So ließ Intel beispielsweise das Galileo-Board (Bild 6) bei arduino.cc zertifizieren. Es basiert auf dem 32-Bit-Intel-SoC Quark X1000 und ist sowohl kompatibel zur Arduino-IDE als auch zu den 5- und 3-V-Shields des Arduino-Shield-Systems.

Auch arduino.cc selbst stellte unlängst das erste 32-Bit-Board, das Arduino Zero (Bild 7) vor. Es basiert traditionell auf einem Atmel-Chip, aber nun auf einem mit 48 MHz getakteten SAMD21 mit 32-Bit-ARM-Cortex-M0-Kern. Damit vollzieht man auch hier den Sprung in die leistungsfähigere 32-Bit-Technik.

Am Raspberry Pi vorbei

Mit dem Raspberry Pi, den wir ja im ELVjournal 3/2014 [1] ausführlich vorgestellt haben, erschien vor einigen Jahren eine neue Klasse kleiner Einplatinencomputer auf der Bühne. Er basiert auf einem SoC (System on Chip) mit einem 700-MHz-ARM11-Prozessor, flankiert von einer GPU für die leistungsfähige Bildausgabe. Es gibt ihn mit zwei RAM-Speichergößen und verschiedenen Schnittstellenausstattungen. Seit Juli 2014 ist er in einer neuen Version, B+ genannt (Bild 8), verfügbar. Der verbesserte Raspberry Pi B+ verfügt über weitere zwei USB-Anschlüsse, 40 GPIOs, einen neuen microSD-Kartenslot mit Federmechanismus, eine rauschfreiere Audioausgabe sowie ein neues Board-Design. Durch Einsatz eines Low-Power-Prozessors sinkt die Leistungsaufnahme auf 0,5 bis 1 W.

Im Unterschied zu den „einfachen“ 8-Bit-Mini-Rechnern à la Arduino arbeitet diese Rechnerklasse unter einem Betriebssystem. Das sind in den allermeisten Fällen spezielle Linux-Derivate einschließlich deren Ableger Android. Damit sind die Rechner weitgehend wie kleine PCs nutzbar und können aus ihrem System heraus die verschiedensten Aufgaben erfüllen, statt nur ein einziges Programm abzuarbeiten.

Der riesige Vorteil gegenüber einer PC-Lösung ist die ressourcen- und stromsparende Hardware, denn solch ein Mini-Computer benötigt nur ein Bruchteil der Leistung einer PC-Platine, selbst wenn man ein ja schon recht stromsparendes ITX-Board heranzieht. Dazu kommt die geringe Größe, bereits ab Streichholzschachtelformat gibt es diese kleinen Rechner.

Der Raspberry Pi hat diese Klasse gegründet, inzwischen hat sich die Welt der SoC, angefeuert vom Smartphone-/Tablet-Boom, rasant entwickelt. Die ARM-Rechner sind heute enorm leistungsfähig, mit viel Speicher ausgestattet, die Taktfrequenzen gehen in den GHz-Bereich. Dual- und Quad-Core-Plattformen bestimmen hier inzwischen die Szene. Dazu kommen leistungsfähige GPUs, unter Full-HD-Ausgabe macht es kaum ein Mini-Computer dieser neuen Klasse.

Allrounder und Spezialisten

Allerdings werden die Plattformen auch immer komplexer, und es scheint sich eine gewisse Spezialisierung herauszubilden, sodass man kaum eine echte



lineare Klassifizierung vornehmen kann. Während der eine noch die Programmierung und den Zugang zu Peripherie wie zu Sensoren, Aktoren, Eingabemöglichkeiten sehr einfach möglich macht – klassisches Beispiel ist hier der Raspberry Pi mit seiner extra dafür komplett erreichbaren GPIO –, sind andere eher für die Aufgabe als Mediacenter, Web-Server, NAS, Tablet-PC ausgelegt. Dies erkennt man an verschiedenen Kriterien und kann sich so für ein an die eigenen Aufgaben passendes System entscheiden.

Nehmen wir erneut den Raspberry Pi als Beispiel. Er ist von seinen Entwicklern eindeutig zunächst als Experimentierrechner mit Interaktion zu möglichst viel Peripherie ausgelegt, dazu kommt eine spezielle Kameraschnittstelle – also die ideale Plattform für Steuer- und Robotikanwendungen sowie für Lernzwecke. Der ambitionierte Nutzer hat allerdings die dem System samt passendem Betriebssystem innewohnenden Fähigkeiten schnell erkannt, und so arbeitet der kleine Rechner heute in den vielfältigsten Anwendungen, etwa als Web-Server.

Wobei andere Plattformen, etwa das Cubieboard (Bild 9) aufgrund der leistungsfähigeren Netzwerkanbindung dafür noch besser geeignet sind: Gigabit-LAN und WLAN onboard. Das Cubieboard als Beispiel verfügt mit 2/4 GB RAM/Flash über sehr viel Speicher und hat zusätzlich eine SATA-Schnittstelle, was den Anschluss schneller Festplatten ermöglicht und damit eine bessere Eignung als NAS oder Media-server bedeutet.

So kann man sich entsprechend dem, was man realisieren möchte, die richtige Plattform aussuchen und optimal, samt meist direkt darauf zugeschnittenem Betriebssystem, einsetzen. In Tabelle 1 haben wir wichtige Eckdaten dazu für eine Reihe von Mini-Rechnern zusammengestellt. In den folgenden Abschnitten stellen wir diese Rechner jeweils kurz vor.

BeagleBone Black

Der Mini-Computer (Bild 10) von Texas Instruments war, zunächst als Beagleboard, einer der ersten Pendanten zum Raspberry Pi, eine bereits sehr leistungsfähige Hardware-Plattform mit einem 1-GHz-ARM-Prozessor, 512 MB RAM und 2 GB Flash onboard [2]. Er lässt sich mit den Cape-Steckmodulen von Texas Instruments vielfältig erweitern. Die Schnittstellenbestückung ist vergleichsweise sparsam mit HDMI (1280 x 1024), USB (Client- und Host-Port), 10/100-MBit-Ethernet und microSD-Kartensteckplatz. Seine Stärke liegt auf der 92-poligen Stiftleiste für die zahlreichen Texas-Cape-Module, hierüber ist er universell als Steuerrechner einsetzbar, zudem sind hier die gängigen Schnittstellen wie UART, I²C, CAN usw. erreichbar. Ein Linux-Betriebssystem (Angström) ist bereits vorinstalliert, wahlweise sind auch andere Linux-Derivate oder Android 4.2 installierbar.

OLinuXino

Von Olimex [3] kommt inzwischen eine ganze Reihe von Open Source Boards, das beginnt beim mit 30 Euro sehr preiswerten A10, der bereits mit einer beeindruckenden Ausstattung daherkommt, und geht bis zum sehr leistungsfähigen A20 Micro (Bild 11),

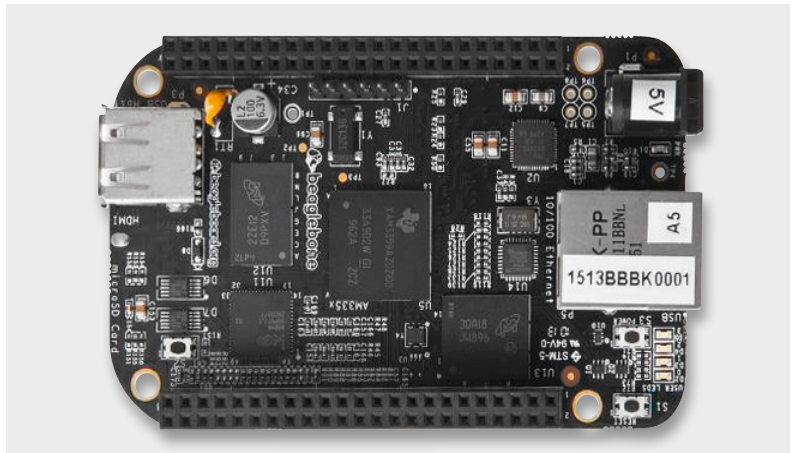


Bild 10: Kleinstrechner mit reichlich Rechenpower, der BeagleBone Black. Bild: beagleboard.org

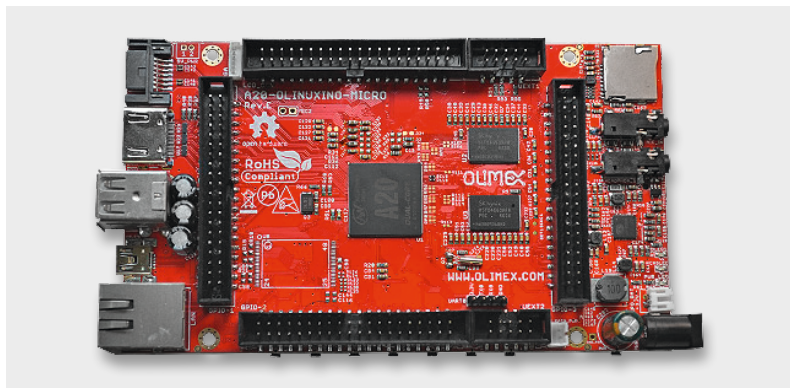


Bild 11: Leistungs- und Ausstattungs-Bolide mit Allwinner A20-SoC-Dual-Core, reichlich Speicher und LCD-Displayanschluss – der OLinuXino A20 Micro. Bild: olimex.com

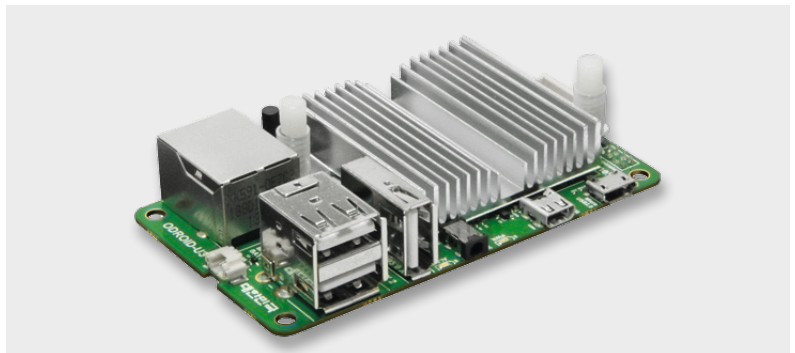


Bild 12: Rechenpower wie ein Großer – ODROID-U3 mit 1,7-GHz-Quad-Core. Bild: hardkernel.com

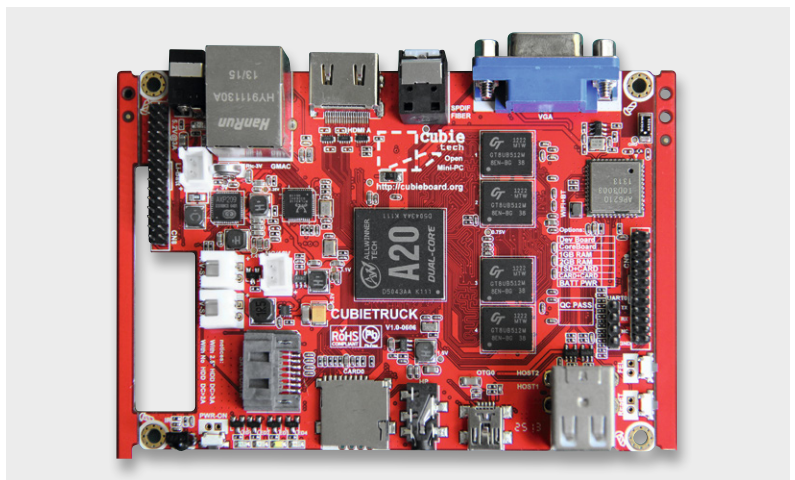


Bild 13: Das Cubietruck-Board lässt kaum Wünsche offen und eignet sich mit seinen Abmessungen ideal für eine Kombination mit 2,5"-Festplatten. Bild: cubietruck.com

Ausstattung und Daten im Vergleich											
Typ	Raspberry Pi, Typ B+	BeagleBone Black Rev. C	OLinuXino A20	ODROID-U3	Cubieboard	Cubietruck	Banana Pi	UDOO Quad	pcDuino3	HummingBoard, i2eX	ODROID-W
CPU/SoC/Takt	A-11, Broadcom BCM 2835, 700 MHz Low Power	A-8, Sitara AM3358, 1 GHz	A-7, Allwinner A20, Dual Core, 1 GHz	A-9, Exynos 4412, Quad Core, 1,7 GHz	A-8, Allwinner A10, 1 GHz	A-7, Allwinner A20, Dual Core, 1 GHz	A-7, Allwinner A20, Dual Core, 1 GHz	A-9, Freescale i.MX6 Quad, 1 GHz + Atmel SAM3X8E M3	A-7, Allwinner A20, Dual Core, 1 GHz	i.MX6 Dual Core, 1 GHz	A-11, Broadcom BCM 2835, 700 MHz Low Power
GPU	Dual Core VideoCore 4	SGX530	Dual Core Mali 400	Quad Core Mali 400	Mali 400	Dual Core Mali 400	Dual Core Mali 400	Vivante GC2000/GC335	Dual Core Mali 400	GC2000	
RAM/Flash	512 MB/-	512 MB/4 GB eMMC	1 GB/4 GB	2 GB/64 GB via microSD oder eMMC	1 GB/4 GB	2 GB/4 GB	1 GB/-	1 GB/-	1 GB/4 GB	1 GB	512 MB/eMMC
Betriebssystem	Linux-Deriv., Risc-OS	Linux-Deriv., Android 4.2	Debian, Android 4.2	Xubuntu, Android 4.x	Linux-Deriv., Android 4.0 vorinstalliert	Linux-Deriv., Android 4.2	Ubuntu, Debian Android 4.4 Raspberry P-Image	Linux-Deriv., Android 4.2.2	Ubuntu/Android 4.2	Linux-Deriv., Android	Linux-Deriv., Risc-OS
Netzwerk	10/100 MBit	10/100 MBit	10/100 MBit	10/100 MBit	10/100 MBit	10/100 MBit/1 GBit	10/100 MBit/1 GBit	10/100 MBit/1 GBit	10/100 MBit	10/100 MBit/1 GBit	
USB	4x USB 2.0	1x USB 2.0	3x USB 2.0	3x USB 2.0	2x USB 2.0	3x USB 2.0	2x USB 2.0	3x USB 2.0	2x USB	4x USB 2.0	2 x USB 2.0
SATA/PCI-E	-/-	-/-	1x mit Power/-	-/-	1x/-	1x mit Power/-	1x mit Power/-	1 x/-	1x/-	1x/ 1x Halfsize	-/-
Kartenslot	microSD	microSD	microSD/SD-MMC	microSD	microSD	microSD	microSD	microSD	microSD	microSD	microSD
GPIO	27	69, Cape-Support	160	GPIO/T°C/UART/SPI	96	54	26	76	14	8/T°C/UART/SPI	26
Video	HDMI/Composite, DSI	HDMI	HDMI/ VGA/LCD direkt bis 10", Touch	HDMI	HDMI/VGA/YPbPr/ CVBS/LVDS	HDMI/VGA/ CVBS/TVin	HDMI/Composite/ LVDS/RGB	HDMI/LVDS/Touch	HDMI/MIPI	HDMI/LVDS	microHDMI
Audio	Stereo-Out	via HDMI	Out/Mic	Out	In/Out/ SP/DIF-Out	In/Out/Mic/ SP/DIF-Out	In/Out	In/Out	Out	In/Out	-/-
Kameraport	CSI-2	-	-	-	-	-	CSI	CSI	MIPI	MIPI/CSI 2.0	CSI-2
WLAN/Bluetooth	-	-	-	-	-	x/x	-	x/-	-/-	-/-	-/-
LiPo-Anschluss/RTC	-/-	-/-	x/-	-/RTC-Akku	-	x/RTC-Akku	-	x/-	x/-	-/x	x/x
Abm. (L x B)	86 x 56 mm	86 x 53 mm	142 x 82 mm	83 x 48 mm	100 x 60 mm	110 x 80 mm	92 x 60 mm	110 x 85 mm	121 x 65 mm	86 x 53 mm	60 x 36 mm

Tabelle 1



der mit Dual-Core-ARM, 1/4 GB Speicher und bereits installiertem Android geliefert wird. In vielen heute gängigen Tablet-Computern steckt kaum mehr Leistung und Ausstattung.

Der kleinere A10-LIME arbeitet mit einem Allwinner A10 Cortex-A8 (1 GHz), unterstützt von einer Mali-400-GPU, 512 MB RAM und micro-SD-Kartensteckplatz für Flash-Speicher. Interessant sind hier direkte LCD-Anschlüsse für Olimex-LCD-Module bis 10,1", 3 Android-Funktionstasten, ein SATA-Anschluss, Full-HD-Support, 160 GPIOs und ein Direkt-/Ladeanschluss für einen LiPo-Akku.

Deutlich größer, aber auch wesentlich leistungsfähiger präsentiert sich das A20 Micro: Allwinner A20 Cortex-A7 Dual-Core-ARM, Dual-Core-Mali-400-GPU, 1 GB RAM, 4 GB Flash, Android 4.2 vorinstalliert, SATA-Port, VGA/HDMI (Full-HD), Akku-/Ladeanschluss, Audioanschlüsse in/out, LCD-Anschluss, Touchscreen-Support, 160 GPIOs, microSD- und SD/MMC-Slot – ein ausgewachsenes System mit vielen Möglichkeiten.

ODROID-U3

Gleich mit einem 1,7-GHz-Quad-Core-Prozessor präsentiert sich der ODROID-U3 (Bild 12) als sehr leistungsfähiger Mini-Computer [4]. Die hohe Taktfrequenz bedingt hier schon einen größeren CPU-Kühlkörper, dennoch ist auch der ODROID-U3 nur 83 x 48 mm groß! Als CPU arbeitet hier ein Quad Core 1,7 GHz Exynos4412 Prime Cortex-A9 mit PoP (Package on Package) 2 Gbyte LPDDR2. Fast Ethernet, 3x USB Host, ein Audio-Codec mit Kopfhörer-Anschluss, GPIO mit u. a. UART, I/O, I²C, HDMI (Full-HD), Speicheraufrüst-Option bis 64 GB mit eMMC-Modulen und ein umfangreiches Zubehör-Angebot machen den ODROID-U3 zu einem sehr vielseitig einsetzbaren Rechner für Steuerung, Multimedia usw. Als Betriebssysteme können auch hier wieder verschiedene Linux-Derivate und Android zum Einsatz kommen.

Cubieboard/Cubietruck

Das Cubieboard (Bild 9) von Cubietruck [5] ist ebenfalls eines der ersten Boards, die auf den Raspberry Pi folgten. Allerdings arbeiten hier schon ein 1-GHz-Cortex-A8-Allwinner-10, eine Mali-400-GPU, 1 GB RAM, 4 GB Flash, HDMI (Full-HD), 2 USB-Host-Schnittstellen, microSD-Slot, 1x SATA, 1x IR und eine 96-pol.-GPIO mit I²C, SPI, RGB/LVDS, CSI/TS, FM-IN, ADC, CVBS, VGA, SP/DIF-Out. Ein Android-System ist schon installiert, auch alle gängigen Linux-Distributionen, u. a. auch Ubuntu laufen auf dem Board.

Die zweite Generation, das Cubieboard2, hatte bereits einen Allwinner-20-SoC an Bord. Aktuell gibt es den Cubietruck (Bild 13), er arbeitet ebenfalls mit der Allwinner-20-SoC-Dual-Core-CPU, verfügt aber über 2 GB RAM und 4 GB Flash, Gigabit-Ethernet, WLAN onboard, SATA 2.0, HDMI (Full-HD)/VGA und ein sehr umfangreiches Schnittstellen-Angebot. Mit seinen Abmessungen passt es genau zu einer 2,5"-Festplatte, auch ein Lithium-Akku kann angeschlossen und geladen werden. Ein RTC sorgt stets auch ohne eingeschaltete Stromversorgung für richtige Systemzeiten, und die umfangreiche Ausstattung mit Video-, Audio- und leistungsfähiger Netzwerkschnittstelle

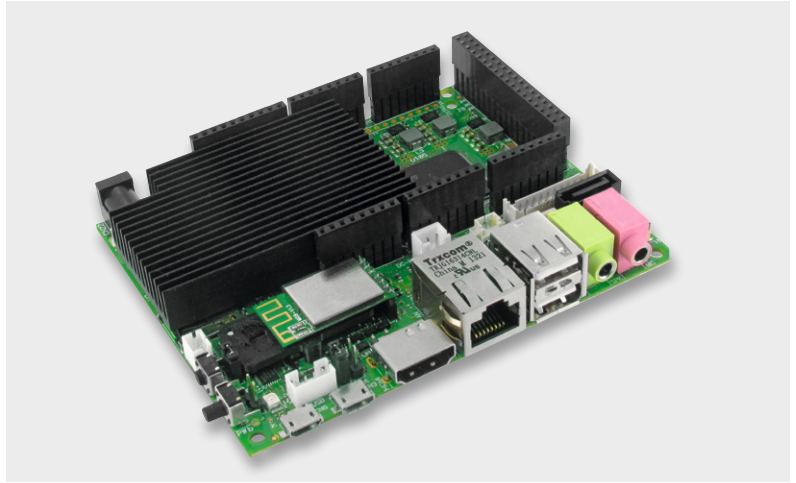


Bild 14: Arduino-kompatibel und mit leistungsfähigem Quad Core – das universell einsetzbare Udoo-Board. Bild: udoo.org

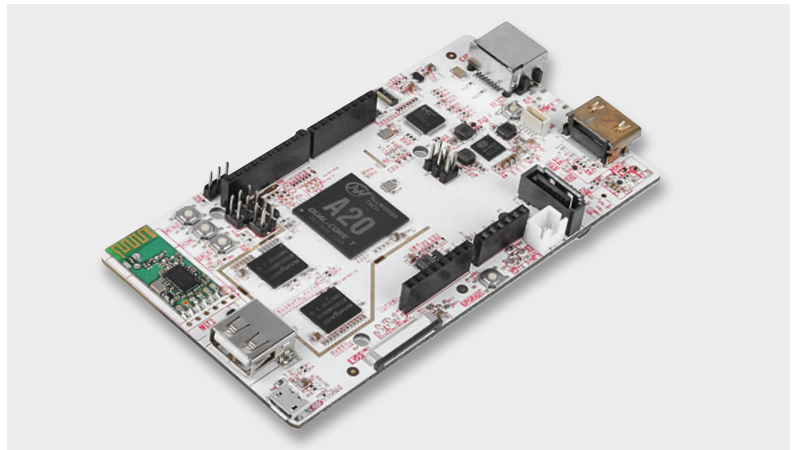


Bild 15: Noch ein Arduino-kompatibler mit reichlich Linux-Rechenpower – der pcDuino. Bild: pcduino.com

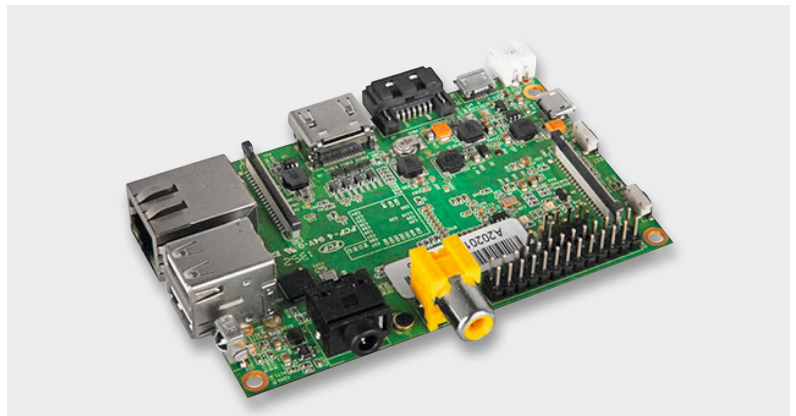


Bild 16: Leistungsfähige Alternative zum Raspberry Pi – der Banana Pi mit 1 GHz-Dual-Core-Prozessor, 1 GB RAM, SATA, IR-Fernbedienung und Gigabit-LAN. Bild: bananapi.org

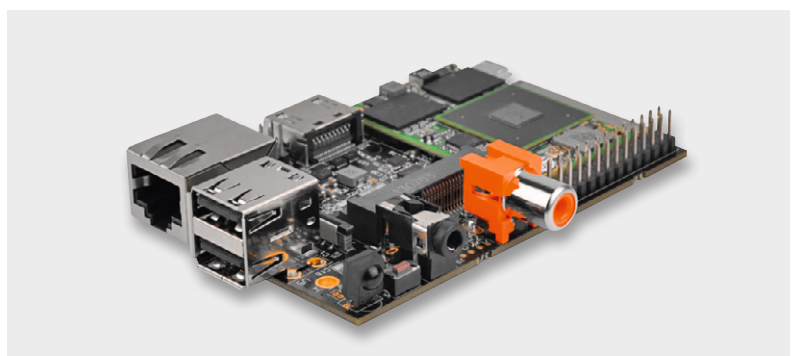


Bild 17: HummingBoard mit 1 GB RAM, Gigabit-LAN, PCI-Express, mSATA II. Bild: solid-run.com

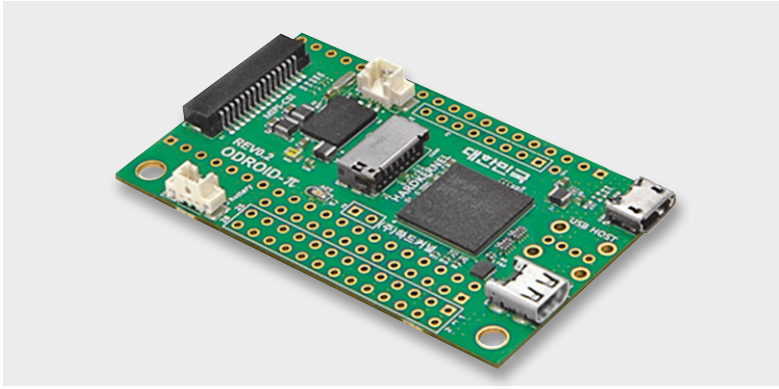


Bild 18: Winziger Raspberry-Pi-Clone im Streichholzschachtelformat – der ODROID-W. Bild: hardkernel.com

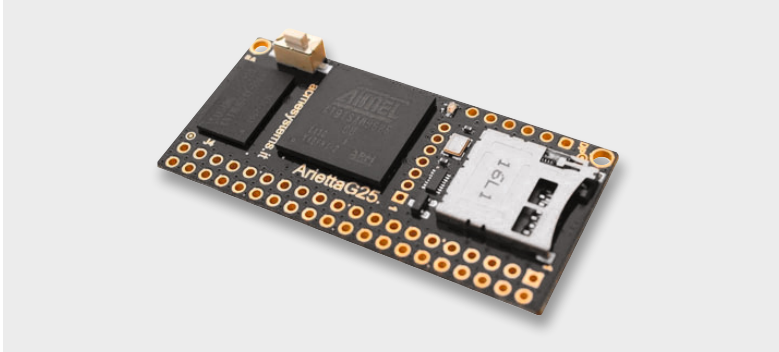


Bild 19: Linux-Mini mit Atmel-Kern – der AriettaG25. Bild: acmesystems.it

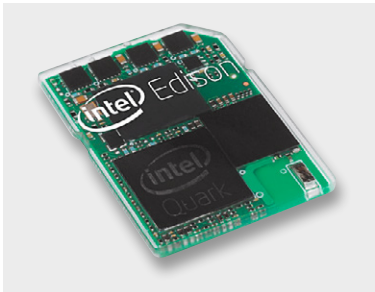


Bild 20: Intel-Linux-Winzling im SD-Kartenformat – der Edison. Bild: Intel

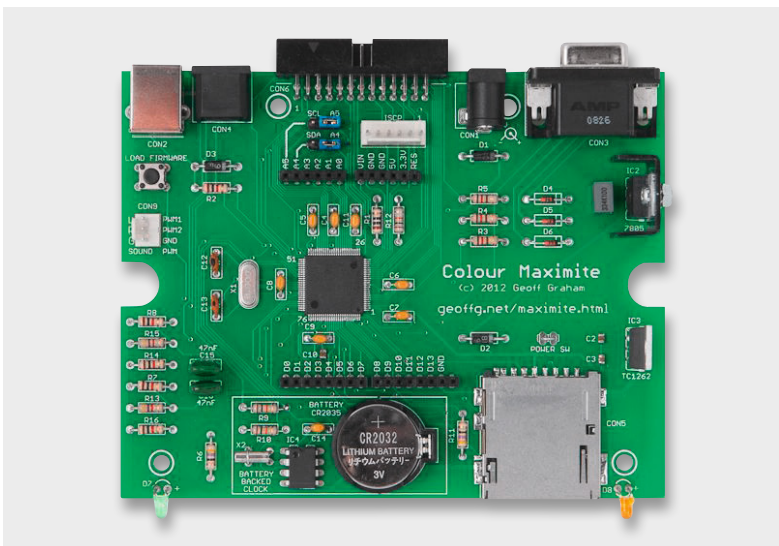


Bild 21: PIC32-Exot mit integriertem MMBASIC – der Maximate. Bild: geoffg.net

sowie für eine SATA-Festplatte legen den Einsatz als Mediagerät nahe. Auch lässt sich sogar ohne größeren Aufwand ein Bürocomputer aufbauen, dessen Leistungsfähigkeit in den üblichen Netbook-Bereich fällt.

UD00

Der UD00 [6] basiert auf dem iMX6-Freescale-Prozessor je nach Version mit Dual Core oder Quad Core (Bild 14). 1 GB RAM, 76 GPIOs, HDMI, LVDS, Touch-Unterstützung, CSI-Kamera-Port, Audio-Ports, Wi-Fi onboard, Gigabit-LAN und SATA (Quad-Version) sind die wichtigsten Ausstattungsmerkmale des Mini-Rechners.

Eines fällt sofort ins Auge – die Anordnung der Buchsenleisten auf der Platine! Genau, der UD00 ist Arduino-kompatibel (R3-Layout). Er hat nämlich zusätzlich einen Arduino-Due-kompatiblen Arduino an Bord – eine Atmel-SAM3X8E-ARM-Cortex-M3-CPU. Er findet, allein wirkend oder vom Hauptprozessor gesteuert, den Anschluss in die Arduino-Welt (3,3 V). Hier sind also zwei Welten an Bord, eine sehr interessante Linux-Android-Arduino-Kombination, zumal die Arduino-IDE schon komplett vorinstalliert ist – eigentlich DAS Bastler-Board an sich.

pcDuino

Weil wir gerade wieder einmal beim Arduino gelandet sind – die unendliche Vielfalt der Arduino-Shields beflügelt auch die Entwickler der ARM-Boards immer wieder dazu, Kompatibilität zum Arduino-System herzustellen, um es den Anwendern einfacher zu machen, ihre Applikationen zu realisieren.

Solch ein Vertreter dieser Sparte ist auch der pcDuino [7]. Schon der Name sagt alles, und der Blick auf die Platine bestätigt es (Bild 15), hier wird ebenfalls Anschluss an die Arduino-Welt gesucht. Der pcDuino ist in mehreren Versionen verfügbar, der leistungsfähigste ist der pcDuino3, der mit der leistungsfähigen Allwinner-20-Dual-Core-CPU (1 MHz) bestückt ist, über 1 GB RAM, 4 GB Flash, HDMI (Full-HD), Wi-Fi, Fast Ethernet, LVDS, SATA, Kamera-Port, Analog-Ports und einen LiPo-Akkuanschluss verfügt. Als Betriebssysteme sind Ubuntu und Android 4.2 vorgesehen. Der Arduino-kompatible Anschluss stellt das Interface zur Arduino-Welt dar. Auch hier eröffnen sich wie beim UD00 Welten für ambitionierte Hobbyentwickler – man kann aus dem Linux-Betriebssystem heraus mit reichlich Rechenpower mit den vielfältigen Arduino-Shields arbeiten.

Banana Pi

Sieht fast aus wie ein Raspberry Pi, ist aber etwas größer und deutlich leistungsfähiger – der Banana Pi (Bild 16) ist eines der aktuellsten und leistungsfähigsten Boards auf dem Markt [8]. Er verfügt über ein Allwinner-A20-SoC mit ARM-Cortex-A7-Dual-Core-Prozessor, der mit 1 GHz getaktet ist. Als GPU kommt die Mali-400MP2 zum Einsatz. Die 1 GB RAM onboard werden ergänzt durch einen SD-Kartenslot (bis 64 GB) und einen SATA-Port (mit Spannungsversorgung) für Festplatten bis 2 TB. Damit ist der Mini-Rechner prädestiniert für NAS und Multimedia oder als Serverlösung, zumal auch er über Gigabit-LAN verfügt.

HummingBoard

Gleiche Maße, höhere Leistung – das HummingBoard von SolidRun (Bild 17) ist genauso groß wie das Vor-



bild Raspberry Pi, kann aber mehr. Das Board ist in gleich drei verschiedenen Versionen verfügbar [9], die einfachste Version i1 verfügt bereits über eine 1 GHz schnelle ARMV7-CPU und 512 MB RAM, die weiteren Versionen sind noch leistungsstärker mit Dual-Core-Prozessor und 1 GB RAM bzw. schneller GPU (GC2000), mSATA, PCIe. Allerdings verfügt hier nur die leistungsstärkste Version über Gigabit-LAN. Im Gegensatz zu anderen Raspberry-Pi-Konkurrenten passt das HummingBoard genau in die üblichen Gehäuse für den Raspberry Pi.

ODROID-W

Mit dem winzigen ODROID-W (Bild 18) von Hardkernel [4] präsentiert sich eine miniaturisierte Kopie des Raspberry Pi im Streichholzschachtelformat. Der nur 60 x 36 x 7 mm kleine Rechnerwinzling basiert auf dem gleichen Rechnerkern wie der Raspberry Pi – einem mit 700 MHz getakteten Broadcom-SoC BCM2835. Er verfügt über 512 MB RAM, microHDMI, Micro-USB und den Kamera-Port, der auch beim Vorbild zum Einsatz kommt. Ein Anschluss für die USB-Host-Funktion ist auf der Platine vorhanden. Ein doppelseitiges Anschlussfeld bietet einen kompletten GPIO, zusätzlich ist ein Direktanschluss für einen LiPo-Akku vorhanden. Da die Hardware RPi-kompatibel ist, sind auch die gleichen Betriebssysteme und Anwendungen auf dem ODROID-W lauffähig.

Exoten

Wenn wir schon die Welt der kleinen Mini-Rechner betrachten, dürfen auch die Systeme nicht unerwähnt bleiben, die eher eine Nische füllen, für viele Anwendungen aber dennoch sehr interessant sind.

Da wäre zum Beispiel der AriettaG25 (Bild 19) von acmesystems [10]. Auf einer sehr kompakten Platine befindet sich ein Open-Source-Linux-Embedded-System, basierend auf einem SoC mit ARM9-CPU (400 MHz), 256 MB RAM, USB-Board-Pins, UART, I2C, SPI, PWM, AD, von microSD-Karte bootbarem Linux und einem Einbauplatz für ein Wi-Fi-Modul sowie einem Debug-Interface. Das Ganze ist wie ein 40-poliges IC steckbar. Einen Video-Anschluss gibt es nicht, der Zugriff muss also per Bus oder Wi-Fi erfolgen. So kann man z. B. einen sehr kompakten Web-Server für Messdaten bauen, der dank Linux schon alles an Software an Bord hat, was man benötigt.

Noch weit kompakter ist der von Intel [11] präsentierte Edison (Bild 20), ein x86-kompatibler Mikrorechner in SD-Kartengröße mit dem Atom-Quark-SoC von Intel. Der kleine Rechner, speziell für das Internet der Dinge und Wearables konzipiert, verfügt über integriertes WLAN und Bluetooth, läuft unter Linux und verfügt über zahlreiche I/O-Schnittstellen. Laut Intel unterstützt das System Linux-, Arduino-, Python, Node.js- und Wolfram-Umgebungen.

Wer kennt noch BASIC? Nicht lachen, auch das findet heute noch ob der einfachen Programmierbarkeit seine Liebhaber. Furore auf diesem Gebiet macht seit einigen Jahren schon der Maximite (Bild 21) von Geoff Graham [12]. Er basiert auf einem PIC32 von Microchip, hat gerade 128 kB RAM, VGA-Ausgang, einen PS/2-Tastaturanschluss, eine Arduino-Shield-

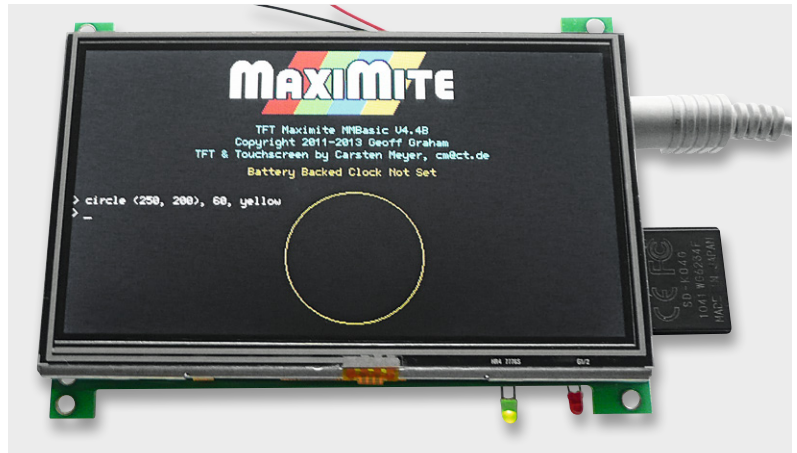


Bild 22: Die deutsche Maiximite-Version mit passendem Display in Aktion

Schnittstelle, SD-Kartenslot, 20 I/O-Pins mit u. a. USB, I²C, SPI, CAN, 1-wire. Der Clou: Ein kompletter MMBASIC-Interpreter ist bereits integriert, sodass man unmittelbar BASIC-Programme schreiben und ausführen kann. Eine SD-Karte fungiert als Programm- und Datenlaufwerk, und über die diversen Schnittstellen ist die Anbindung an andere Systeme und Peripherie einfach möglich. Das speziell angepasste MMBASIC von Geoff Graham hält dazu ebenso Befehle bereit wie zur Anbindung eines (Touch-) TFT-Displays. Carsten Meyer hat dazu ein spezielles Hardware-Design entwickelt [13], über das ein seriell angesteuertes, direkt zur Maximite-Color-Karte passendes Display angeschlossen werden kann, Bild 22 zeigt die Kombination mit Startbildschirm und Beispielbefehl zur Grafikerstellung. Über die Busschnittstellen kann man den Maximite samt Touch-Bildschirm mit einem entsprechendem Programm z. B. für Arduino-GRBL-Maschinensteuerungen (3D-Druck, CNC-Fräsen) als Frontend einsetzen.

Fazit

Die Welt der kleinen Embedded-Computer eröffnet dem Elektroniker immer neue Möglichkeiten, sie entlasten vom schwierigen Hardwarebau, ermöglichen die einfache Programmierung durch Standard-IDEs bzw. Betriebssysteme und erlauben eine große Einsatzvielfalt. In kurzer Zeit ist ein Web-Server eingerichtet, der irgendwo im Haus Daten sammelt, diese über LAN oder WLAN ins heimische Netz schickt, ein Fileserver mit Festplattenspeicher erstellt oder ein Steuerungssystem entwickelt. Bleibt nur die Qual der Wahl ...

ELV



Weitere Infos:

- [1] www.elv.de: Webcode: #1318
- [2] www.beagleboard.org
- [3] www.olimex.com
- [4] www.hardkernel.com
- [5] www.cubietruck.com
- [6] www.udoo.org/
- [7] www.pcdduino.com/
- [8] www.bananapi.org/
- [9] www.solid-run.com/products/hummingboard/
- [10] www.acmesystems.it/arietta
- [11] www.intel.com/content/www/us/en/do-it-yourself/edison.html?wapkw=intel+edison
- [12] www.geoffg.net/maximite.html
- [13] [www.github.com/heise/maximite](https://github.com/heise/maximite)