

Computer und Hacking überall mit Raspberry Pi & Co

Alexander Schreiber <als@thangorodrim.de>

<http://www.thangorodrim.de/>

Chemnitzer Linux-Tage 2013, 2013-03-16

*Computers in the future may weigh no more than 1.5 tons.
– Popular Mechanics, 1949*

overview

- 1 Raspberry Pi ...**
 - Raspberry Pi - Übersicht
 - The Good, the Bad and the Ugly
 - Einsatzbeispiele
 - Und mehr
- 2 ... und der Rest**
 - Boardübersicht
 - Betriebssysteme
 - Kernel
 - Details, Details
- 3 Zusammenfassung**

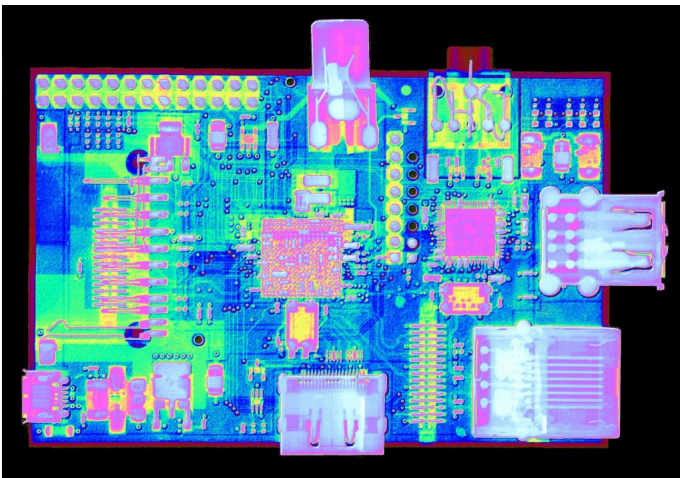
Über den Autor

- beschäftigt sich seit fast 20 Jahren mit Linux
- tätig als Systemingenieur bei Google Switzerland
- aktuelles privates Spielzeug: embedded ARM boards

Boardfoto



Boardfoto Röntgen, colorisiert



Was ist der Raspberry Pi?

- Idee: “Die nächste Generation Programmierer inspirieren.”
- Mittel: ein taschengeldkompatibler Computer
- Anforderungen:
 - robust
 - einfache Plattform
 - einfach & flexibel zu Programmieren
 - tauglich für Soft- *und* Hardwarebasteleien (Elektronik)
 - kein spezielles Zubehör nötig (z.B. JTAG-Hardware)

Hardware

Those parts of the system that you can hit with a hammer are called hardware; those program instructions that you can only curse at are called software.

– Anonymous

- SoC: Broadcom BCM2835
 - CPU: 700 MHz ARM11 ARM1176JZF-S core
 - GPU: Broadcom VideoCore IV
- Arbeitsspeicher: erst 256 MB, jetzt 512 MB
- Anschlüsse: 2x USB 2.0, Ethernet, HDMI, Composite Video, Audio out, SD-Kartenslot, GPIO, SPI, UART, I²C, Micro-USB als Stromanschluß
- Formfaktor: 86x54 mm (Kreditkarte), 21 mm hoch, ca. 40 g

Betriebssysteme

- Raspbian: Linux, Basis Debian wheezy, hard-float
- Wheezy Armel: s.o., soft-float (für Oracle JVM, etc)
- ArchLinux: Linux, hard-float
- RiscOS: für die Freunde der Acorn Computer
- Plan9: from outer space ...
- NetBSD: stabil mit X, noch kein USB-DMA
- FreeBSD: läuft im Wesentlichen
- Inferno: frühe Portierungsphase

Aufnahme im Markt

I think there is a world market for maybe five computers.

– Thomas Watson, chairman of IBM, 1943

- Verkaufsziel bei Projektbeginn: “Vielleicht 1000 Stück.”
- tatsächliche Verkaufszahlen:
 - Februar 2012: innerhalb Stunden 10000 Boards ausverkauft
 - Anfang 2013: geschätzt 1 Million Boards verkauft
 - UK Fabrik: 4000 Boards/Tag oder 1 Board alle 7,5 Sekunden
 - teilweise Großbestellungen über mehrere hundert Boards
- Abnehmer:
 - Schulen
 - Hacker & Bastler
 - Firmen

the Good

- billig (ca. EUR 35)
- klein, paßt in die Hosentasche und überall hin
- breite Softwareunterstützung (Standard Linux)
- minimale Peripherie notwendig (Display, Tastatur, Maus)
- Stromverbrauch/Abwärme minimal - alternative Speisung
- System auf SD-Karte - schnelle Test/Updates/Fixes Zyklen
- non-brickable (schreibbare Firmware auf SD-Karte)
- mittlerweile in Stückzahlen einfach verfügbar

the Bad

- billig - massiv an BOM gespart
- analoger Audioausgang *knarz* → USB-Soundkarte
- Leistungsbudget insgesamt: 2,5W / 3,5W (Modell A/B)
- USB
 - 4,8V statt 5,0V (USB 2.0 Standard: Minimum 4,4 V)
 - 140 mA pro Port (v1: Sicherungen)
 - power spikes (Grafik, CPU, ...) → USB power line brownout
 - ⇒ meist powered Hub nötig
- ältere ARMv6 Architektur
- nacktes Board für den Einsatz in Schulen...

and the Ugly

- sehr seltsames Systemdesign
 - bootet über GPU
 - CPU effektiv nur Anhängsel der GPU
 - GPU ist kritischer Kern des Systems (boot, Steuerung)
 - GPU läuft nur mit binary-only closed firmware
 - Netzwerkinterface via internen USB-Bus
- keine Echtzeituhr
- mit Patenten und NDAs zugemerktes System
- System läuft mit 3,3 V und ist *nicht* 5 V tolerant
- kaufbare Lizenzen für obsoletere Codecs (MPEG-2, VC-1)
- GPIO & Co. *direkt* ungeschützt mit Chip verbunden

Raspberry Pi Bootprozeß 1/2

- power on, ARM core inaktiv, SDRAM inaktiv
- GPU started first stage bootloader von on-chip ROM
- first stage loader:
 - liest SD-Karte
 - lädt second stage loader (bootcode.bin)
 - started 2nd stage loader
- second stage loader:
 - aktiviert SDRAM
 - lädt firmware image (start.elf)
 - started firmware image

Raspberry Pi Bootprozeß 2/2

- firmware image:
 - liest config.txt und konfiguriert das System
 - liest cmdline.txt
 - liest kernel.img
- GPU lädt kernel.img in SDRAM für ARM core
- GPU aktiviert ARM core
- ARM core führt geladenes kernel.img aus
- Kernel bootet (meist Linux)
- normaler betriebssystemspezifischer Bootprozess

Einsatzbeispiele, allgemein

But what ... is it good for?

– Engineer at the Advanced Computing Systems Division of IBM, 1968, commenting on the microchip.

- als Lernplattform:
 - Programmieren: Python als offizielle Sprache, aber viel mehr möglich (C, Perl, Scheme, ...)
 - Elektronik/Hardwarehacking: viele Drumherum verfügbar: Interfaceboards, Sensoren, Aktoren, Prototypenplatinen ...
 - im Schulumfeld einfach vorzubereiten: SD-Karte austauschen
- Medienplattform dank XBMC (z.B. mit RaspBMC)
- Projektplattform für Hacker und Industrie

Interessante Beispiele

The Street finds its own uses for things - uses the manufacturers never imagined.

– William Gibson

- PBX mittels Asterisk
- Arcade Machine, ScummVM, frotz, ...
- Sky Raspberry: 30 km Höhe mit Ballon, Bilder & GPS-Daten
- Raspberry Lego cluster: 64 Raspberry Pi als Cluster
- Raspberry Tor Knoten
- unterwegs mit wenig Energie: Boot, wearable, ...
- Pocket VAX: Simulation historischer Maschinen mit SIMH
- Pi-Hosting
- ...

Und mehr

Pimp My Pi!

- zahlreiche Produkte rund um den Raspberry Pi:
 - Echtzeituhrmodule
 - Sensor/Aktor-Module
 - Erweiterungsboards für USB-Ports
 - breakout kits (für Hardwareprojekte)
 - Displays (von alphanumerisch bis Kleinmonitor)
 - ...
- Turbo Mode: Takt (bis 1 GHz) und Spannung erhöhen

Und mehr

Pi Shopping

Whoever said money can't buy happiness simply didn't know where to go shopping.

– Bo Derek

- Pi Store: <http://store.raspberrypi.com/>
- The MagPi: <http://www.themagpi.com/>
- The Pi Hut: <http://thepihut.com/>
- ModMyPi: <https://www.modmypi.com/>
- Adafruit Industries: <http://adafruit.com/>
- MakerShed: <http://www.makershed.com/>
- und natürlich EBay ...

... und der Rest

But wait! There's more!

– ancient sales pitch phrase

- zahlreiche kleine, ARM-basierte Boards verfügbar
- Vorstellung einer Auswahl preiswerter, leistungsfähiger Boards
- mehr Leistung als Raspberry ...
- ... aber kleinere Stückzahlen
- verschiedene Hersteller
- typischerweise Android & Linux als OS
- nur Boards, keine Sticks (Schnittstellen)
- *kein* Anspruch auf Vollständigkeit

Wandboard: Boardfoto



Wandboard: Spezifikation

- CPU: Freescale i.MX6 (Solo/Duallite), Cortex-A9 800 Mhz
- GPU: Vivante GC880 (3D) & GC320 (2D)
- RAM: 1 GB
- storage: 2x microSD
- I/O: HDMI, 1x USB 2.0, 1x USB OTG, WiFi, 1x GBit/s Ethernet, seriell
- OS: Android ICS, Ubuntu 11.10
- Besonderheit: Baseboard + Systemmodul, serielle via DB9
- <http://www.wandboard.org/>
- Preis: \$79 (Solo)/\$99 (Dual)

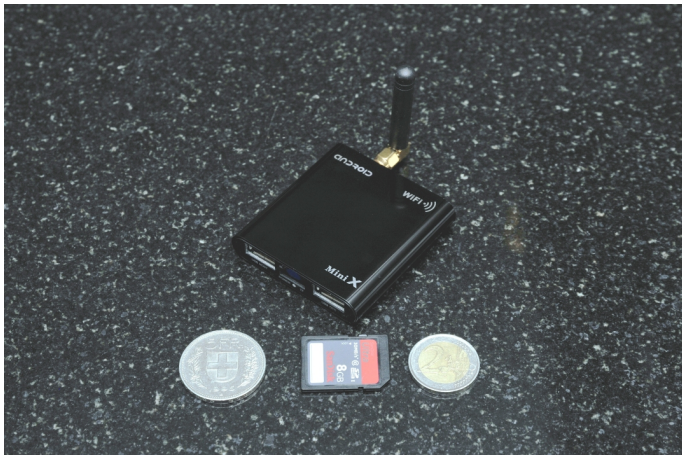
CuBox: Boardfoto



CuBox: Spezifikation

- Marvell Armada 510 ARMv7, VFP, 512 KB L2, 800 MHz
- GPU: Vivante GC600, Marvell vMeta video decoder
- RAM: 1 GB
- storage: 1x microSD
- I/O: HDMI, 1x USB 2.0, 1 GBit/s Ethernet, eSATA, SPDIF
- OS: Android 2.2.2+, Ubuntu 10.04, ArchLinux
- <http://www.solid-run.com/cubox>
- Preis: \$119 / \$159 (Cubox Pro, 2 GB RAM)

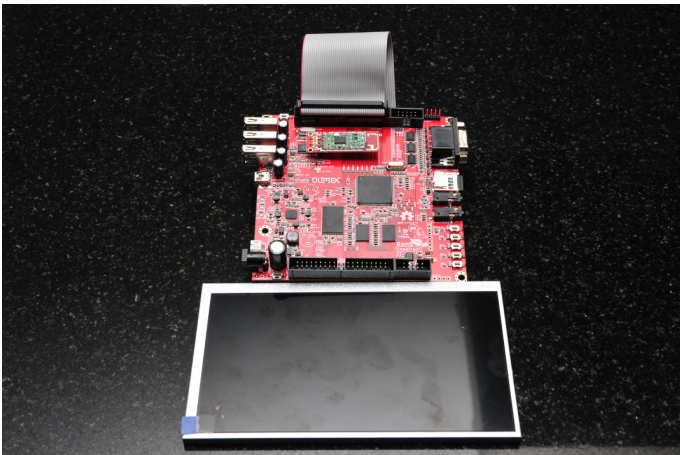
Mini-X: Boardfoto



Mini-X: Spezifikation

- CPU: 1.2 GHz Allwinner A10 ARM Cortex A8
- GPU: Mali400, hardware accel., video decoding
- RAM: 512 MB
- storage: 4 GB NAND, 1x microSD slot
- I/O: HDMI, 1x USB 2.0, 1x USB OTG, WiFi
- OS: Debian Wheezy, Android ICS, Ubuntu 12.10
- <https://www.miniand.com/products/>
- Preis: \$69

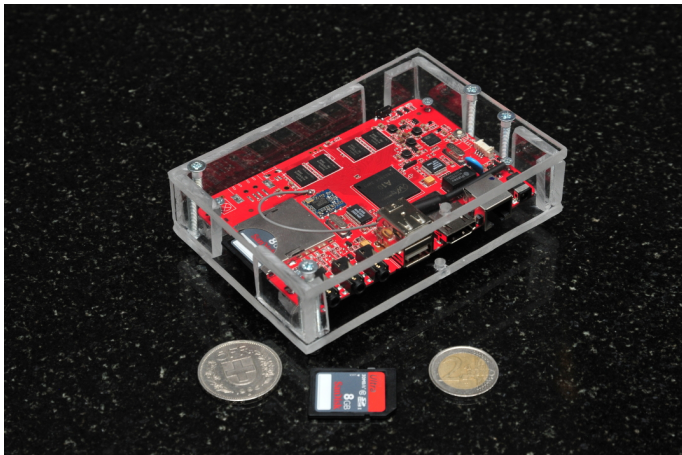
OLinuXino A13: Boardfoto



OLinuXino: Spezifikation

- CPU: 1 GHz Allwinner A13 ARM Cortex A8
- GPU: Mali400, hardware accel., video decoding
- RAM: 512 MB
- storage: 4 GB NAND, 1x microSD slot
- I/O: HDMI, 3x USB 2.0, 1x USB OTG, WiFi, Mikrofoneingang, Kopfhörerausgang
- OS: Debian Wheezy, Android ICS, Ubuntu 12.10
- <https://www.olimex.com/Products/OLinuXino/A13/>
- Preis: \$69

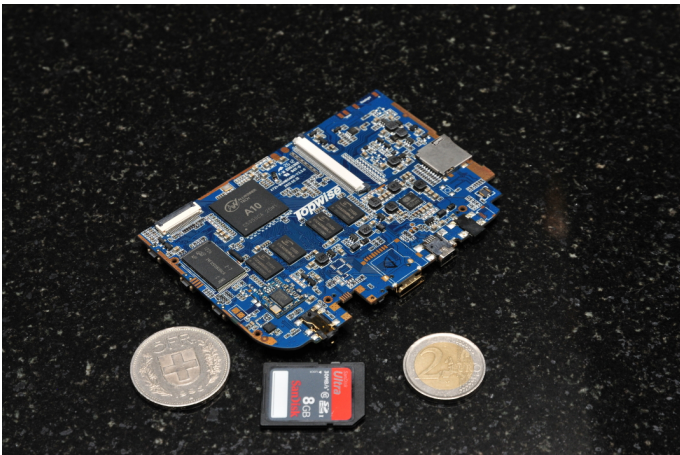
Hackberry: Boardfoto



Hackberry: Spezifikation

- CPU: 1.2 GHz Allwinner A10 ARM Cortex A8
- GPU: Mali400, hardware accel., video decoding
- RAM: 1 GB
- storage: 4 GB NAND, 1x SDHC slot
- I/O: HDMI, 2x USB 2.0, WiFi, 100 MBit/s Ethernet, seriell
- OS: Debian Wheezy, Android ICS, Ubuntu 12.10
- <https://www.miniand.com/products/>
- Preis: \$65

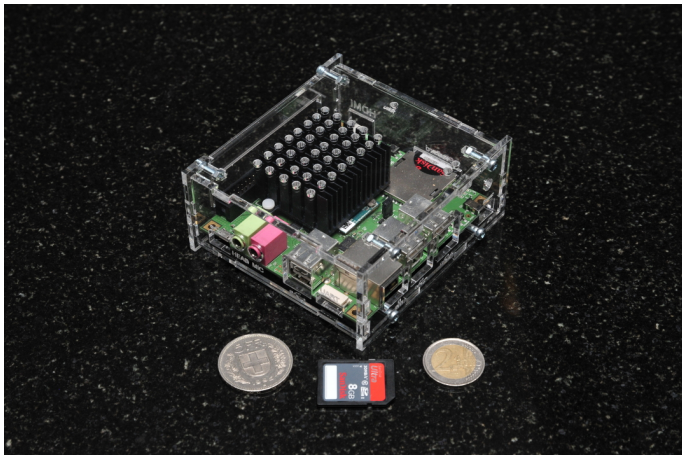
Gooseberry: Boardfoto



Gooseberry: Spezifikation

- CPU: 1.2 GHz Allwinner A10 ARM Cortex A8
- GPU: Mali400, hardware accel., video decoding
- RAM: 1 GB
- storage: 4 GB NAND, 1x microSD slot
- I/O: miniHDMI, 1x MiniUSB, WiFi, Kopfhörer
- OS: Android ICS, experimentell Ubuntu 12.10
- Besonderheit: eigentlich Systemboard eines Tablets
- <http://gooseberry.atspace.co.uk/>
- Preis: £40 (ca. \$60)

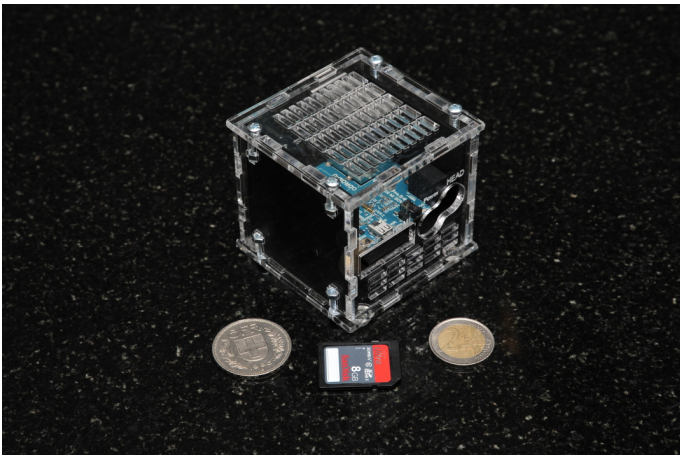
ODROID-X2: Boardfoto



ODROID-X2: Spezifikation

- CPU: Samsung Exynos4412 Cortex-A9 Quad Core 1.7Ghz
- GPU: Mali-400 Quad Core 440MHz
- RAM: 2 GB
- storage: 1x eMMC module slot, 1x SDHC slot
- I/O: microHDMI, 100 MBit/s Ethernet, 6x USB 2.0, 1x microUSB device, UART, Mikrofoneingang, Kopfhörer
- OS: Android ICS, Debian Wheezy
- <http://hardkernel.com/>
- Preis: \$135

ODROID-U2: Boardfoto



ODROID-X2: Spezifikation

- CPU: Samsung Exynos4412 Cortex-A9 Quad Core 1.7Ghz
- GPU: Mali-400 Quad Core 440MHz
- RAM: 2 GB
- storage: 1x eMMC module slot, 1x microSD slot
- I/O: microHDMI, 100 MBit/s Ethernet, 2x USB 2.0, 1x microUSB device, UART, Kopfhörer
- OS: Android ICS, Debian Wheezy
- <http://hardkernel.com/>
- Preis: \$89

Betriebssysteme

- sowohl fertige disk images als auch Bauanleitungen
- verfügbar sind Android & Linuxdistributionen:
 - Android, meist ICS
 - Debian Wheezy (armhf)
 - Ubuntu
 - ArchLinux, nicht alle Boards
 - Linaro, basiert auf Ubuntu, nicht alle Boards
- teilweise aber auch andere, u.a. NetBSD, FreeBSD, ...

Kernel

- diverse Versionen: 2.6.32, 3.0.x, 3.2.x, 3.4.x, 3.6.x
- Mainline? Fehlanzeige ...
- separate git repositories pro Chip:
 - Raspberry Pi: `git://github.com/raspberrypi/linux.git`
 - sunxi (Allwinner A10, A13):
`git://github.com/linux-sunxi/linux-sunxi.git`
 - Hardkernel (Exynos4):
`git://github.com/hardkernel/linux.git`
 - Cubox: `git://github.com/rabeeh/linux.git`
 - Wandboard: `git://repo.or.cz/wandboard.git`
- crossbuild dokumentiert, on-device langsamer aber einfacher
- make zImage? nicht so schnell ...

Details, Details

- Boards sind unterschiedlich offen
- GPU üblicherweise black box, mit binary only blobs
- Dokumentation teilweise schwer findbar (NDA!)
- CPUs/Boards können teilweise deutlich mehr als öffentlich dokumentiert (siehe A10 CAN-Bus)
- Hardwaresupport-Projekte, z.B. <http://limadriver.org/>
- Support durch nicht linuxbasiertes OS schwierig
- “connector conspiracy” ist quicklebendig: HDMI, seriell, ...

Zusammenfassung

- Raspberry Pi:
 - populär, preiswert, leicht beschaffbar
 - viele Projekte, viel “Zubehör” verfügbar
 - aber Designprobleme, moderate Leistung
- es gibt viel mehr als nur Raspberry Pi:
 - zahlreiche andere embedded Board verfügbar
 - ARM-basiert, teilweise sehr viel Leistung
 - laufen mit Linux, sind preiswert
 - massive Entwicklungen (dank ARM Smartphones)
- \implies die Zukunft wird interessant!

Fragen?

Fragen?