

Hardware-Plattformen

2.1 Einführung

In diesem Kapitel werden verschiedene Hardware-Plattformen vorgestellt, die in den Folgekapiteln in Kombination mit speziellen Embedded-Linux-Varianten verwendet werden. Die Geräte stammen aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen; so wurden die NSLU2 von Linksys sowie der WL-500gP von ASUS für Multimedia- und Netzwerk-Aufgaben entwickelt, und sind durch die weite Verbreitung sehr günstig zu beziehen. Mit dem MicroClient Jr. bzw. Sr. sind Vertreter aus dem Bereich der Micro-PCs enthalten, welche im Gegensatz zu den anderen Rechnern dieser Größe zusätzlich über eine VGA-Schnittstelle verfügen. Preislich etwas höher liegt der OpenRISC Alekto der Fa. VisionSystems, allerdings wurde dieses Gerät für den industriellen Einsatz konzipiert und erfüllt entsprechend höhere Anforderungen an Robustheit und Temperaturfestigkeit. Mit dem Mainboard D945GCLF2 der Fa. Intel wird ein Vertreter der vergleichsweise neuen Nettop-Klasse vorgestellt, die sich durch geringen Formfaktor und Stromverbrauch den Embedded-Boards nähern, zugleich aber eine wesentlich höhere Rechenleistung besitzen und vollständig x86-kompatibel sind.

Neben den Eckdaten der Geräte werden in diesem Kapitel auch Anleitungen für Erweiterungen wie serielle Schnittstellen oder I²C-Busschnittstellen vorgestellt. Eine Schaltung zur Anpassung der internen seriellen Schnittstellen an RS-232-konforme Pegel, die bei einigen Geräten benötigt wird, ist am Ende des Kapitels erklärt. Alle Modifikationen bringen einen Garantieverlust mit sich und erfolgen auf eigene Verantwortung.

2.2 Network-Attached-Storage NSLU2

Bei der NSLU2¹ von Linksys handelt es sich um ein NAS-Gerät² aus dem Consumer-Bereich. Solche Geräte dienen dazu, externe USB-Festplatten mit einer Netzwerkschnittstelle zu versehen. Aufgrund der Tatsache, dass sich auf der NSLU2 etliche verschiedene Linux-Varianten wie *Unslung*, *Debian/NSLU2* oder *SlugOS/LE* installieren lassen, ist sie in der Linux-Gemeinde sehr verbreitet. In einschlägigen Foren taucht die NSLU2 oft unter dem Namen *Slug* (deutsch: Schnecke) auf – eine Anspielung auf die im Vergleich zu PCs geringe Rechenkapazität. Die Website der *NSLU2-Linux Development Group* [NSLU2-Linux 08] bietet die wohl umfassendsten Informationen zur NSLU2, darauf aufbauenden Softwareprojekten und möglichen Hardware-Modifikationen. Die Eckdaten der NSLU2 sind in Tabelle 2.1 aufgelistet.

| | |
|------------------------|---|
| Architektur | ARM |
| Chip-Hersteller | Intel |
| Prozessor | XScale IXP420 |
| CPU-Takt | 266 MHz (bei älteren Versionen nur 133 MHz) |
| Flash | 8 MB |
| RAM | 32 MB |
| Ethernet | 100 Mbit |
| USB | 2× USB 2.0 |
| Serielle Schnittstelle | 1× (nicht herausgeführt) |
| I ² C | 1× (nicht herausgeführt) |
| Realzeituhr | X1205 (über I ² C) |
| Preis | ab ca. 70 EUR inkl. Mwst. |

Tabelle 2.1. Eckdaten der NSLU2.

Ältere NSLU2-Versionen wurden nur mit 133 MHz Taktfrequenz betrieben, der gleiche Prozessor läuft bei neuen Versionen nun mit 266 MHz. Zum Öffnen der NSLU2 wird das Gehäuse, wie in Abbildung 2.1 (links) angedeutet, an drei Stellen an der dunklen Gehäuseseite zusammengedrückt und dann vorsichtig auseinander gezogen, bis die Platine frei liegt. Die für eigene Erweiterungen relevanten Bauteile sind in Abbildung 2.1 (rechts) hervorgehoben.

Tabelle 2.2 zeigt die Pinbelegung des seriellen Ports auf Steckverbinder J2. Um reguläre RS-232-Pegel zu erhalten, ist eine Pegelanpassung notwendig (siehe Abschnitt 2.7). Ohne diese Erweiterungsplatine kann die serielle Schnittstelle Schaden nehmen!

Neben der seriellen Schnittstelle bietet die IXP420-CPU 16 sog. General Purpose Input/Output-Pins (GPIO-Pins), welche zur Ansteuerung von Leuchtdi-

¹ Network Storage Link für USB 2.0.

² Network Attached Storage, einfach zu verwaltender Dateiserver.

| | |
|-------|--------------------------|
| Pin 1 | 3,3 V (weiße Markierung) |
| Pin 2 | RX |
| Pin 3 | TX |
| Pin 4 | GND |

Tabelle 2.2. Belegung des seriellen Steckverbinders J2.

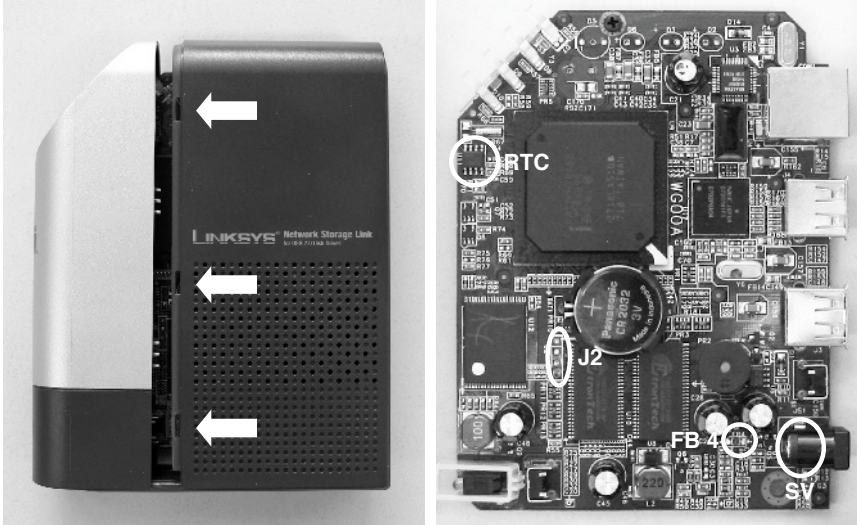


Abb. 2.1. Druckpunkte zum Öffnen der NSLU2 (links) und freiliegende Platine (rechts) mit Echtzeituhr (RTC), serieller Schnittstelle auf Pfofenstecker (J2) und Möglichkeit zum Abgriff einer Spannungsversorgung (5V an FB4 oder SV, Masse an SV).

oden, zur Realisierung einer I²C-Schnittstelle und zur Kommunikation mit dem USB-Controller verwendet werden (vgl. Tabelle 2.3). Wird für den Anschluss eigener Komponenten ein direkter Zugang zu den GPIO-Pins gewünscht, so können einige davon zweckentfremdet werden. Alternativ lassen sich GPIO-Ports auch über einen an den I²C-Bus angeschlossenen IO-Expander nachrüsten (siehe Kapitel 9). Für alle Anwendungen, bei denen eine gewisse Latenz durch die I²C-Kommunikation akzeptabel ist, stellt dies eine einfache und sichere Lösung dar.

Zur Kommunikation mit der Realzeituhr X1205 wird über die GPIO-Pins 6 und 7 der Intel IXP420-CPU ein I²C-Master-Interface mit 100 kHz emuliert. Falls eigene I²C-Teilnehmer angeschlossen werden sollen, so bietet es sich an, die I²C-Busleitungen SDA und SCL und die 5V-Spannungsversorgung nach außen zu führen. Als Steckverbindung kann der USB-Standard verwendet werden; eine sinnvolle Belegung wird in Abschnitt 8.3.1 empfohlen.

| GPIO-Pin | IXP-Anschluss | Funktion | Konfiguriert als |
|----------|---------------|----------------------------------|------------------|
| 0 | Y22 | Status-LED rot (1 = An) | Ausgang |
| 1 | W21 | Ready-LED grün (1 = An) | Ausgang |
| 2 | AC26 | LED Disk 2 (0 = An) | Ausgang |
| 3 | AA24 | LED Disk 1 (0 = An) | Ausgang |
| 4 | AB26 | Summer | Ausgang |
| 5 | Y25 | Power-Taste (Impuls bei Wechsel) | Eingang |
| 6 | V21 | I ² C SCL | Ausgang |
| 7 | AA26 | I ² C SDA | Tristate |
| 8 | W23 | Power Off (1 = Ausschalten) | Ausgang |
| 9 | V22 | PCI INTC | Eingang |
| 10 | Y26 | PCI INTB | Eingang |
| 11 | W25 | PCI INTA | Eingang |
| 12 | W26 | Reset-Taste (0 = betätigt) | Eingang |
| 13 | V24 | PCI-Reset | Ausgang |
| 14 | U22 | PCI-Takt (33 MHz) | Ausgang |
| 15 | U25 | Erweiterungsbustakt (33 MHz) | Ausgang |

Tabelle 2.3. Verwendung der 16 GPIO-Pins des IXP420-Prozessors.

Im einfachsten Fall werden die beiden I²C-Busleitungen direkt am achtpoligen IC der Realzeituhr angeschlossen (vgl. Abbildung 2.1). Die Datenleitung SDL wird dabei mit Pin 5 verbunden (Pin unten links an der Real-time Clock (RTC)), das Taktsignal SCL mit Pin 6. Die Versorgungsmasse kann direkt am oberen Pin der Spannungsversorgungsbuchse abgegriffen werden. Die 5 V-Spannung kann ebenfalls an der Versorgungsbuchse oder an der rechten Seite des Bausteins FB4 abgenommen werden. Dieses Anschlussschema bietet den Vorteil, dass die Versorgung über den Taster der NSLU2 geschaltet wird und damit die angeschlossenen I²C-Komponenten stromlos bleiben, solange die NSLU2 abgeschaltet ist. Die NSLU2 wird in Kapitel 4 in Kombination mit einem Debian-basierten Linux verwendet.

2.3 WLAN-Router WL-500gP

Der WL-500g Premium³ von ASUS ist zunächst ein gewöhnlicher WLAN-Router, der jedoch durch zwei USB-Schnittstellen die Möglichkeit bietet, Kartenleser, Festplatten, Webcams, Drucker oder USB-Soundkarten anzuschließen und somit auch als Embedded-Plattform interessant wird. Der Router ist im Einzelhandel bereits ab ca. 70 EUR erhältlich. Tabelle 2.4 listet die Eckdaten des Gerätes auf. Der WL-500 bietet die Hardware-Basis für die Einführung in die Linux-Distribution *OpenWrt* in Kapitel 3.

³ Im Folgenden nur noch als WL-500 bezeichnet.

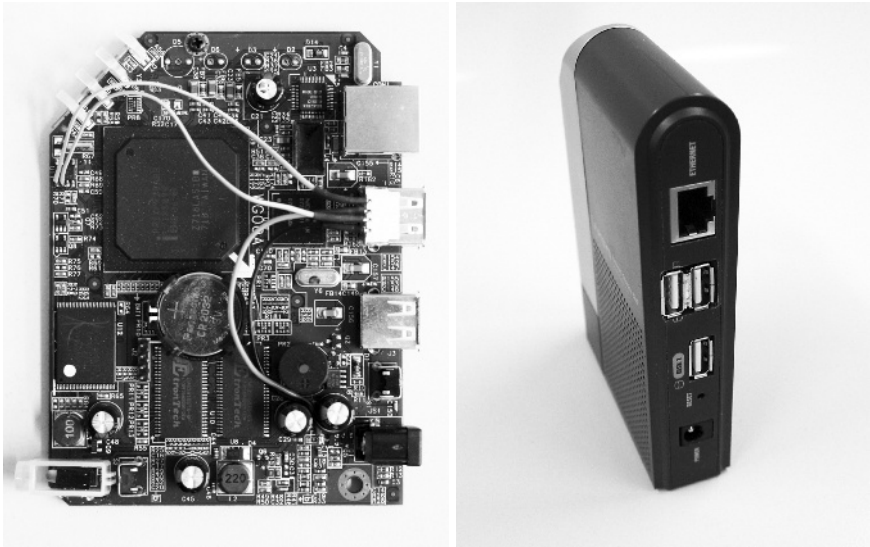


Abb. 2.2. Lötstellen für das Kabel für den nach außen geführten I²C-Bus mit 5V-Spannungsversorgung. Als I²C-Steckverbindung wird der USB-Standard mit einer Belegung gemäß Kapitel 8.3.1 verwendet. Der entsprechende Steckverbinder kann an den USB-Anschluss von Disk 2 gelötet werden.

| | |
|------------------------|--|
| Architektur | MIPS |
| Chip-Hersteller | Broadcom |
| Prozessor | Broadcom BCM94704 |
| CPU-Takt | 266 MHz |
| Flash | 8 MB |
| RAM | 32 MB (teilweise nur 16 MB freigeschalten) |
| Wireless | MiniPCI Broadcom 802.11b/g BCM4318 |
| Ethernet | Robo switch BCM5325 |
| USB | 2× USB 2.0 |
| Serielle Schnittstelle | 2× (nicht herausgeführt) |
| Preis | ab ca. 70 EUR inkl. Mwst. |

Tabelle 2.4. Eckdaten des WL-500.

Zur Nutzung der seriellen Schnittstellen oder zum Austausch der WLAN-Karte muss das Gehäuse geöffnet werden. Dazu werden die vier schwarzen Kappen an der Unterseite abgenommen und die darunter liegenden Schrauben herausgedreht. Die beiden Gehäuseschalen lassen sich dann leicht auseinander ziehen.

Der WL-500 besitzt zwei serielle Schnittstellen, die sich auf den acht Lötunkten am linken Rand der Platine befinden (J10 in Abbildung 2.3). Die Schnittstelle hat die in Tabelle 2.5 gezeigte Belegung. Eine JTAG-Schnittstelle⁴

⁴ Vgl. Abschnitt 1.5.

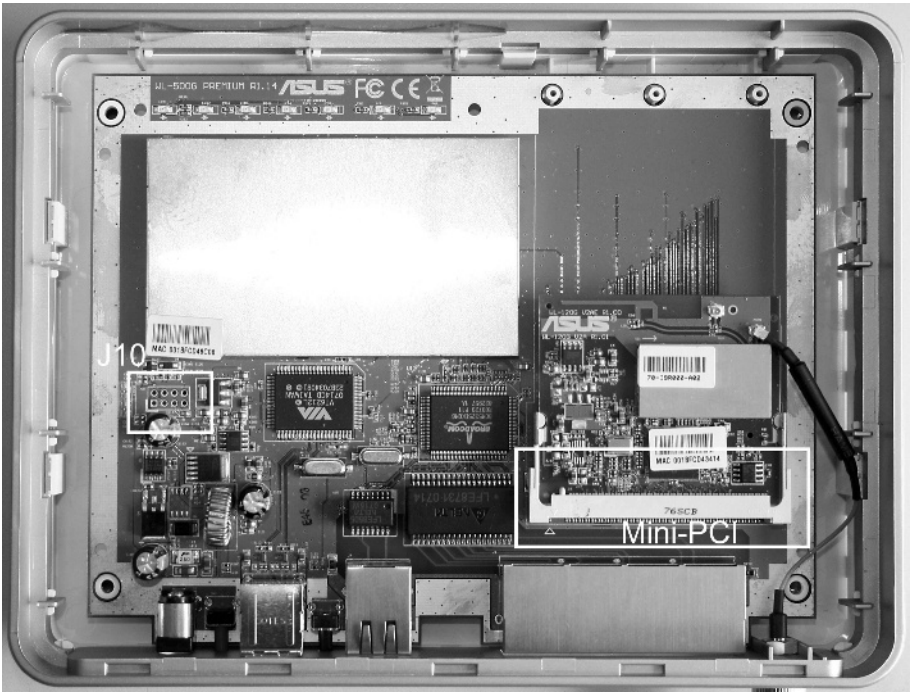


Abb. 2.3. Hauptplatine des ASUS-Routers WL-500.

ist übrigens nicht vorhanden, auch deswegen sollte beim Aufspielen neuer Firmware sorgfältig vorgegangen werden.

| | | | |
|------|------|-------|-------|
| RX.1 | TX.1 | GND | RESET |
| RX.0 | TX.0 | 3,3 V | — |

Tabelle 2.5. Belegung des seriellen Steckverbinders (J10 in Abbildung 2.3), der eckige Lötpoint ist Pin 1 und gehört zu RX.0.

An den seriellen Schnittstellen liegen Logikpegel mit nur 3,3 V Maximalspannung. Entsprechend muss ein Schnittstellentreiber verwendet werden, um eine serielle Schnittstelle gemäß dem RS-232-Standard zu erhalten. Eine Schaltung dafür wird in Abschnitt 2.7 vorgestellt. Die Wireless-LAN-Schnittstelle ist über den Mini-PCI-Steckplatz realisiert. Hier wird werksseitig eine Platine mit einem Controller vom Typ BCM4318 verbaut, für den aber kein OpenWrt-Treiber für Linux-Kernel-Version 2.6 existiert. Durch Austausch mit einer Atheros-MiniPCI-Karte, für die ein Open-Source-Treiber existiert, kann Wireless LAN mit Kernel 2.6 betrieben werden. Ein I²C-Interface oder freie GPIO-Pins sind nicht auf der Platine vorhanden, können aber leicht über einen IOWarrior-Baustein nachgerüstet werden. Vgl. hierzu auch Abschnitt 3.6.

2.4 MicroClient Jr. und Sr.

Bei den MicroClient-Jr.- und Sr.-PCs des thailändischen Distributors NorhTec handelt es sich um kleine, preiswerte und lüfterlose Thin Clients, die auch als Embedded PCs eine gute Figur machen (Abbildung 2.4). Im nachfolgenden Text wird näher erläutert, wie die PCs sinnvoll eingesetzt werden, die technischen Daten werden vorgestellt und es wird untersucht, ob der annoncierte Preis des Distributors bei einer Bestellung im Direktvertrieb wirklich realistisch ist.

Zuallererst ist interessant, dass der kleine PC baugleich unter mehreren Bezeichnungen im Handel ist: MicroClient Jr., eBox-2300, Aleutia E2, wobei die meisten Informationen über eine Produktsuche nach „eBox“ zu finden sind. Hier wird man dann auch hinsichtlich deutscher Lieferanten fündig (vgl. Anhang E). Wir haben allerdings zwei PCs direkt bei NorhTec bestellt, da das Produkt dort trotz Porto- und Zollkosten noch etwas preisgünstiger ist. Der PC ist mit oder ohne vorinstallierter CF-Card erhältlich. Wer hier noch ein wenig Geld sparen möchte, der kann auch eine günstige CF-Card besorgen und selbst das Betriebssystem aufspielen. Die genaue Vorgehensweise wird in Kapitel 6 beschrieben.

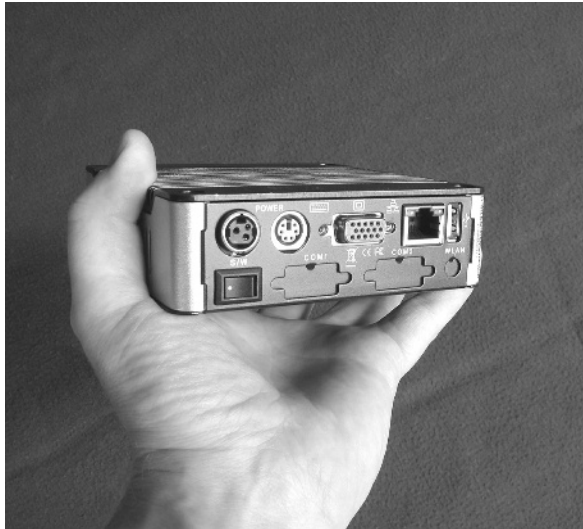


Abb. 2.4. Eine Handvoll Computer – der Norhtec MicroClient Jr. bzw. Sr. (die Rechner sind mechanisch identisch).

Bevor wir den PC in Betrieb genommen haben, haben wir ihn zuerst einmal für eine intensivere Untersuchung geöffnet (Abbildungen 2.5, 2.6). Das ist nicht ganz einfach, und die Gefahr des Garantieverlustes bzw. der Zerstörung ist

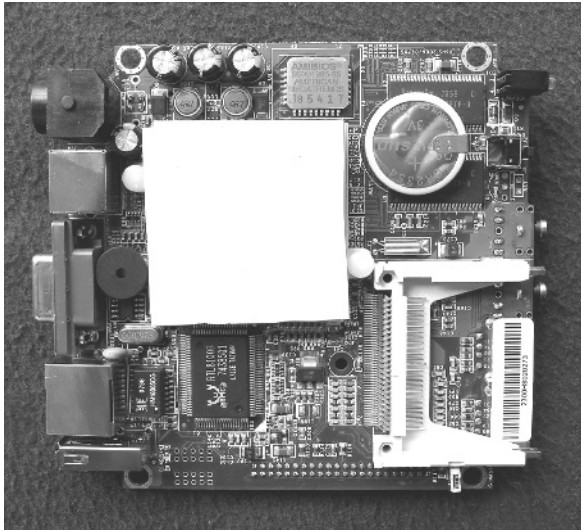


Abb. 2.5. Basisplatine des MicroClient Jr. – Oberseite. Gut zu erkennen ist der CF-Card-Adapter und das Silikonkissen auf dem Prozessor zur thermischen Ankopplung an das Gehäuse.

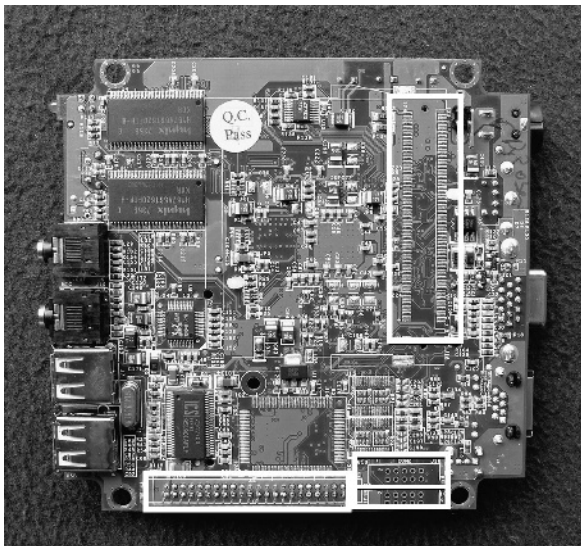


Abb. 2.6. Basisplatine des MicroClient Jr. – Unterseite. Markiert sind die zwei seriellen Schnittstellen, die IDE- und die Mini-PCI-Schnittstelle.

nicht von der Hand zu weisen. Wer es dennoch wagen will: Zuerst sind alle zugänglichen Schrauben zu lösen (vier im Deckel, zwei an der VGA-Buchse), dann ist die Blende um die Netzwerk- und USB-Buchsen vorsichtig ein wenig hochzuhebeln. Nach und nach kann dann mit viel Gefühl die u-förmige seitliche Gehäuseschale ausgeklinkt und der PC zerlegt werden (vgl. Abbildungen). Zu beachten ist, dass der Prozessorkühlkörper über ein Silikonkissen am Deckel klebt. Auch diese Verbindung kann vorsichtig von der Seite mit einem Schraubenzieher auseinandergehebelt werden. In der Vergleichstabelle 2.6 sind die wichtigsten technischen Daten der drei MicroClient-Typen zusammengestellt.

Auch die Daten der mittlerweile erhältlichen Derivate MicroClient Jr. SX und MicroClient Sr. sind dort aufgeführt. Diese tauchen oft ebenso wie der Jr. baugleich unter anderen Namen auf, und so listet sie der Distributor Epatec unter den Bezeichnungen eTC-2300, eTC-2500 usw. (vgl. Anhang E).

Über eBay wird der PC, u. U. unter der Bezeichnung „eBox“, häufig als Neuware angeboten; die Preise bewegen sich dort um die 170 EUR (inkl. Mwst.) für den Jr. Als würdigen Nachfolger für den mittlerweile abgekündigten Jr. sollte auf jeden Fall nur der Sr. in Betracht kommen, da der MicroClient Jr. SX zwar nochmals ein wenig günstiger ist, aber auch einen gravierenden Nachteil aufweist: Er besitzt keine FPU und ist entsprechend ein gutes Stück langsamer. Die Sr.-Version mit 1 GByte RAM liegt preislich bei Direktbezug von NorhTec um die 250 EUR inkl. Mwst., Versand und Zoll.

Der kleine PC ist optimal für einen Betrieb als sog. Thin Client geeignet. Das eigentliche Rechnen geschieht dann auf einem leistungsfähigen Server bzw. im Netz, und der Client ist nur noch für Ein- und Ausgabe zuständig (früher nannte man dies Terminal). Eine weitere typische Anwendung des kleinen Rechners ist – angebracht auf der Rückseite eines TFT-Monitors – die Verwendung als sog. Kiosk-PC. Typischerweise läuft auf solch einem Kiosk- oder Info-Terminal ein schlanker Browser, der Informationen zur Firma, zu Fahrplänen oder Sonstiges zeigt und verriegelt ist hinsichtlich weitergehender Benutzerzugriffe. Das funktioniert grundsätzlich, es sind aber bei Einsatz des MicroClient Jr. keine Geschwindigkeitsrekorde zu erwarten. Mit einem leistungsfähigen Webbrowser wie z. B. Firefox geht das System schon etwas in die Knie. Hier können sich Experimente mit schlankeren Browsern wie Dillo, Netsurf, Links2, Opera, Arora, Modora oder Conkeror als lohnenswert erweisen.

Eine andere naheliegende und für uns auch interessantere Anwendung ist die Verwendung als robuster Embedded-PC. Die Anbindung der Aktoren oder Sensoren kann hierbei über USB, über eine USB-I²C-Kopplung oder auch über die serielle Schnittstelle erfolgen. Weiterhin sind auch spezielle MicroClient-Typen mit digitalen Ein- und Ausgängen erhältlich.

Grundsätzlich eignen sich die kleinen Rechner gut für Embedded-Anwendungen. Für professionelle Anwendungen in der Industrie fehlen allerdings Details wie erweiterter Temperaturbereich, Hutschienen-Aufnahme,

| Produktbezeichnung | MicroClient Jr. (eBox-2300) | MicroClient Jr. SX (eBox-2300SX) | MicroClient Sr. (eBox-4300) |
|---|--|---|--|
| CPU Chipsatz | SiS 550 Vortex86 | MSTi PSX-300 Vortex86SX | VIA Eden VIA CX700M Ultra Low Voltage |
| MHz | 200 MHz | 300 MHz | 500 MHz |
| Floating Point Unit | Ja | Nein | Ja |
| Kompatibel zu | Pentium MMX | 486SX | VIA C7 |
| BogoMIPS | 400 | 122 | ca. 1000 |
| RAM, eingelötet | 128 MB SD-RAM | 128 MB DDR2-RAM | 512 MB DDR2, max.1 GB |
| Grafik | SiS 550 PCI/AGP | XGI Volari Z7 / Z9S | VIA UniChrome 2D/3D Grafik mit MPEG4/WMV9 Decoding Accelerator |
| Grafik: Shared Memory | 8 MB | 32 MB | 128 MB |
| Audio | SiS 7019; AC97 CODEC, compliant with AC97 V2.1, Buchsen für MIC-in und Line-out | — | AC97 (VIA Vinyl VT1708) |
| USB | 3x USB 1.1 | 3x USB 2.0 | 3x USB 2.0 |
| Ethernet | Realtek RTL8100 10/100 Base-T; RJ45 | RDC R6040 10/100 Base-T; RJ45 | Realtek RTL8100B 10/100 Base-T; RJ45 |
| Festspeichermedium | CF-Card (nicht im Preis inbegriffen) | CF-Card (nicht im Preis inbegriffen) | CF-Card (nicht im Preis inbegriffen) |
| Schnittstellen | VGA, 3x USB, PS/2, IDE, RJ45, Audio: Mic-in + Line-out, Mini-PCI-Pads auf Platine, aber kein Steckverb., dito: 2x RS232 | VGA, 3x USB, PS/2, 44pin IDE, RJ45 | VGA, 3x USB, PS/2, E-IDE, RJ45, Audio: Mic-in + Line-out; 2x RS232 |
| Mögliche Erweiterungen | 24-Bit-GPIO, 2x RS232, WLAN (für Mini-PCI) | 2x RS232, Mini-PCI, WLAN (für Mini-PCI), 24-Bit-GPIO, HDD-Support | WLAN (für Mini-PCI), HDD-Support |
| Leistung des externen Netzteils; tatsächliche Leistungsaufnahme | 15 Watt 3 A @ 5 VDC | 15 Watt 1080 mA @ 5 VDC | 15 Watt 1,8 A @ 5 VDC (mit HDD und CD: 5 A @ 5VDC) |
| Abmessungen und Gehäuse-Formfaktor | 115 mm x 35 mm x 115 mm (VESA-100) | 115 mm x 35 mm x 115 mm (VESA-100) | 115 mm x 35 mm x 115 mm (VESA-100) |
| Gewicht | 500 g | 500 g | 500 g |
| Besonderheiten | Lüfterlos, <i>Entweder</i> Mini-PCI <i>oder</i> HDD möglich; Vorsicht: Gerät ist abgekündigt (bei NorhTec noch bis zum Jahreswechsel erhältlich) | Lüfterlos, <i>keine</i> FPU, <i>Entweder</i> Mini-PCI <i>oder</i> HDD möglich; | Lüfterlos, <i>Entweder</i> Mini-PCI <i>oder</i> HDD möglich |
| OS-kompatibel | Linux, Windows CE | Spezielle Linux-Distributionen mit FPU-Emulation (angepasstes Puppy Linux erhältlich); Windows CE 5.0 | Linux, Windows CE, Windows XP, Windows XP Embedded |
| Preis | ab ca. 190 EUR inkl. Mwst. | ab ca. 145 EUR inkl. Mwst. | ab ca. 250 EUR inkl. Mwst. |

Tabelle 2.6. Vergleichstabelle zu den drei MicroClient-Derivaten.

Spezifikation der Schutzart (IPxx) und Feldbusschnittstellen. Weiterhin soll auch nicht verschwiegen werden, dass die Hardware-Anbindung nicht immer ganz unproblematisch ist. Als Beispiel sei die Inbetriebnahme der WLAN-Schnittstelle des entsprechenden 2300er-Derivates unter Linux genannt. Dies scheint im Moment nur relativ umständlich und wenig elegant per NDIS-Wrapper möglich (vgl. auch Abschnitt 10.3). Im Gegenzug sind die kleinen Rechner aber auch um einiges preisgünstiger als professionelle Industrie-PCs.

Fazit: Die kleinen NorhTec-Embedded-PCs haben nicht umsonst mittlerweile eine erstaunliche Verbreitung gefunden. Sie sind hinsichtlich Baugröße und Schnittstellenumfang im Verhältnis zum Kostenaufwand kaum zu schlagen, in unterschiedlichen Derivaten erhältlich (Anhang E: Bezugsquellen) und haben einen gewissen Sympathiebonus, weil sie einfach hübsch anzuschauen sind.

Auf der ersten Generation läuft zwar schon ein komplettes, schlankes Linux, aber für Standard-Anwendungen wie Open Office sind die MicroClient-Jr.-PCs zu langsam. Anders sieht die Sache bei der neuen MicroClient-Sr.-Generation aus: Mit dem vierfachen Speicher und der vierfachen Taktfrequenz erschließen sich ganz neue Anwendungen. Interessant ist auch, dass der MicroClient Sr. bzw. der eBox-4300 mittlerweile als Standardplattform für den Imagine-Cup-Wettbewerb der Firma Microsoft ausgewählt wurde. Auch hierüber wird die Verbreitung sicherlich weiter zunehmen.

Abschließend sei noch angemerkt, dass im Netz Gerüchte kursieren, wonach die kleinen PCs mit bestimmten BIOS-Einstellungen getuned werden können. Wir haben alle verfügbaren, vermeintlich geschwindigkeitsrelevanten Modifikationen getestet (Power Management enabled/disabled, CPU Ratio, NorthBridge Top Performance, ...), konnten aber keinen nennenswerten Unterschied feststellen. Für die Messung kam hierbei das (nachinstallierte) Tool HardInfo zum Einsatz.

2.5 OpenRISC Alekto

Der OpenRISC Alekto der Firma VisionSystems ist ein Embedded-Rechner auf Basis eines ARM9-Prozessors [Vision Systems 08]. Eine große Zahl von Schnittstellen wie LAN, USB, Seriell (RS-232, RS-422 und RS-485), I²C und GPIOs, ein möglicher Einsatz im Temperaturbereich von -10°C bis $+65^{\circ}\text{C}$ sowie eine robuste Ausführung machen den Alekto für den industriellen Einsatz interessant. Tabelle 2.7 zeigt die wichtigsten Eckdaten. Der Alekto lässt sich auf einer DIN-Schiene montieren und so einfach bspw. in Schaltschränken einbauen. Die eingesteckte CF-Karte wird über einen IDE-Adapter als Festplatte angesprochen und kann mit vorinstalliertem Linux betriebsbereit erworben werden.

| | |
|------------------------|-------------------------|
| Architektur | ARM |
| Prozessor | ARM9 32-bit RISC CPU |
| CPU-Takt | 166 MHz |
| Flash | 4 MB |
| RAM | 64 MB SDRAM |
| Wireless | MiniPCI (optional) |
| Ethernet | 2× |
| USB | 2× USB 2.0 |
| Serielle Schnittstelle | 2× RS-232/422/485 |
| I ² C | 1× |
| CF-Slot | 1× (True IDE) |
| Digital I/O | 8× |
| Preis | ca. 240 EUR inkl. Mwst. |

Tabelle 2.7. Eckdaten des OpenRISC Alekto.

Als Betriebssystem wird ein vollständiges Debian GNU/Linux für ARM mitgeliefert, sodass z. B. eine Nutzung als Web-, E-Mail-, oder Drucker-Server möglich ist. Genauso lassen sich aber auch eigene Anwendungen bzw. Steuerungsaufgaben in der Automatisierungstechnik umsetzen. Kapitel 5 gibt eine Einführung in das Betriebssystem und die Software-Entwicklung für Alekto. Abbildung 2.7 zeigt den Rechner in der Frontansicht und die Belegung des Steckverbinders an der Oberseite. Da alle verfügbaren Schnittstellen inkl. GPIOs und RS-232 bereits nach außen geführt wurden, ist ein Öffnen des Gehäuses bei diesem PC nicht notwendig.

2.6 Mini-ITX-Mainboard D945GCLF2 mit Dual-Core Atom CPU

Mit dem D945GCLF2 bringt Intel ein preisgünstiges Mainboard auf Basis eines Dual-Core Atom-Chips auf den Markt (vgl. Abbildung 2.8). Auch wenn der PC-Markt schnelllebig ist und schon bald mit Nachfolgern dieses Produktes gerechnet werden muss, so soll dieses Board als Vertreter der aufkommenden sog. Nettop-Klasse vorgestellt werden. Das Mainboard befindet sich in Hinblick auf die umfangreiche Ausstattung und die vergleichsweise hohe Rechenleistung an der Schwelle zu herkömmlichen PC-Mainboards – aufgrund des kleinen Formfaktors von nur $17 \times 17 \text{ cm}^2$ lässt es sich aber auch den Embedded-Systemen zuordnen.

Auf dem Mainboard wird nicht etwa die CPU mit Kühlkörper und Lüfter gekühlt, sondern der Northbridge-Chipsatz. Die CPU befindet sich unter dem passiven Kühlkörper auf der linken Seite und nimmt laut Hersteller nur eine Leistung von ca. 8 Watt auf. Der Umstand, dass der Chipsatz anscheinend

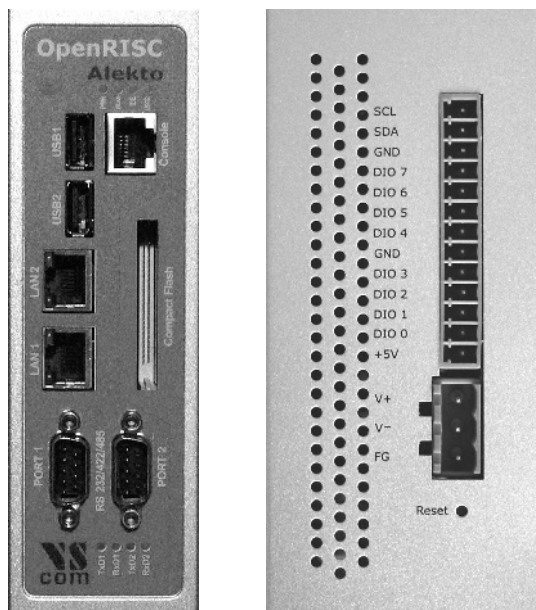


Abb. 2.7. OpenRISC-Alekto in der Frontansicht mit Schnittstellen für LAN, USB, RS-232 und Konsole (links), und die Belegung des Steckverbinders an der Oberseite mit Spannungsversorgung, I²C-Bus und GPIOs (rechts).



Abb. 2.8. Rechner auf Basis eines Mini-ITX-Mainboard D945GCLF2 von Intel mit Dual-Core Intel Atom 330 Prozessor.

mehr Strom verbraucht als die CPU, ist für zukünftige Boards noch verbesserungswürdig. Dennoch verbraucht ein Komplettsystem mit 2,5“-Festplatte nicht mehr als 30 Watt und lässt sich durch Austausch des Northbridge-Kühlers auch komplett passiv kühlen.

Für den Einsatz des Boards bieten sich aufgrund der umfangreichen Ausstattung vielfältige Möglichkeiten (vgl. auch die Eckdaten in Tabelle 2.8): Als leiser Media-PC im Wohnzimmer, stromsparender Homeserver oder leistungsfähiges Embedded-System für dedizierte Bildverarbeitungs- oder Steuerungsaufgaben. Auch wenn man keine Rekorde erwarten darf, so lief Ubuntu im Test sehr akzeptabel, allein die Speicherausstattung von 1 GB scheint etwas knapp bemessen.

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| Modell | Intel D945GCLF2 |
| Bauart | Mini-ITX |
| Prozessor | Intel Atom 330, 2× 1.60 GHz |
| Grafik | Intel GMA 950 |
| RAM | 1× DDR2 533/667 MHz |
| Video | VGA, S-Video |
| Audio | Line-in, Line-out, Mic |
| PCI | 1× |
| Ethernet | 1× 1000 Mbit |
| USB | 6× USB 2.0 |
| Serielle Schnittstelle | 1× RS-232 |
| Parallele Schnittstelle | 1× |
| Sonstige Anschlüsse | 2× SATA, 1× IDE, 2× PS/2 |
| Spannungsversorgung | 24-Pin-ATX, P4-Stecker |
| Abmessungen | 17×17 cm ² |
| Preis | ca. 80 EUR inkl. Mwst. |

Tabelle 2.8. Eckdaten des D945GCLF2-Mainboards.

Aufgrund der altgedienten Schnittstellen wie RS-232 oder Parallelport eignet sich das Board außerdem, um eigene Hardware-Entwicklungen anzuschließen. Auch wenn diese über USB-Adapter oder IOWarrior-Platinen problemlos nachzurüsten sind, so ist der unmittelbare Zugriff auf die Peripherie über Speicheradressen eine Voraussetzung für viele echtzeitkritische Anwendungen.

In Kapitel 12 wird dieses Board mit einer Echtzeiterweiterung für die hochgenaue Takterzeugung über die parallele Schnittstelle genutzt. Dabei bedeutet die Verwendung der x86-Architektur einen großen Vorteil hinsichtlich der notwendigen Kernel-Patches und der Verfügbarkeit von hochauflösenden Zeitgebern (High Resolution Timers).

Bei dem Board handelt es sich aus Software-Sicht um ein herkömmliches PC-Mainboard, auf welchem ein Standard-Ubuntu-Linux aufgesetzt werden kann.

Entsprechend ist dem D945GCLF2 kein separates Kapitel zur Inbetriebnahme gewidmet.

2.7 Pegelanpassung für die RS-232-Schnittstelle

In einigen der vorgestellten Geräte sind serielle Anschlüsse zwar intern verfügbar, jedoch nicht nach außen geführt. Diese Schnittstellen werden vom Kernel erkannt und sind üblicherweise als `/dev/tts/0` und `/dev/tts/1`, bzw. `/dev/ttyS0` und `/dev/ttyS1` in das System eingebunden.

Die seriellen Schnittstellen sind für den normalen Anwender eher unwichtig, für den Embedded-Entwickler aber umso interessanter, da sie oft zu Debugging-Zwecken genutzt werden. Die Schnittstellen arbeiten mit Logikpegeln von nur $\pm 3,3$ bzw. ± 5 V – zu wenig für eine Schnittstelle nach RS-232-Standard mit ± 12 V. Um eine vollwertige Schnittstelle zu erhalten, ist eine Pegelanpassung notwendig, welche leicht über einen MAX233-Wandlerbaustein realisiert werden kann (vgl. Tabelle E.1).

Hier stellt sich die Frage, warum nicht einfach ein USB-RS-232-Adapter verwendet werden kann; der in vielen Konvertern (vgl. Tabelle E.1) eingesetzte Chip PL2303 wird unter Debian und OpenWrt problemlos unterstützt. Gegenüber der USB-Variante bietet die Verwendung einer echten seriellen Schnittstelle jedoch den Vorteil, dass sie als Terminal dienen kann um bspw. die Meldungen während des Bootvorganges auszugeben oder auch um eine falsch konfigurierte Netzwerkverbindung über einen Telnet-Login zu reparieren. Darüber hinaus ist die Latenz geringer als beim Umweg über die USB-Schnittstelle – gerade für Echtzeitanwendungen kann dies ein wichtiges Argument sein.

Abbildung 2.9 zeigt eine mögliche Adapterschaltung mit einem MAX233-Wandlerbaustein. Bei einer Versorgungsspannung von 3,3 V werden die RS-232-Pegel auf ca. 6 V angehoben, bei einer Versorgung von 5 V auf 10 V.

An dieser Stelle sei noch angemerkt, dass die in der Linksys NSLU2, im ASUS WL-500 oder in den Norhtec MicroClients integrierten Schnittstellen keine Signale für Hardware-Handshaking zur Verfügung stellen. Die Leitungen DTR und DSR (Pins 4 und 6), sowie RTS und CTS (Pins 7 und 8) werden deshalb im Stecker verbunden.

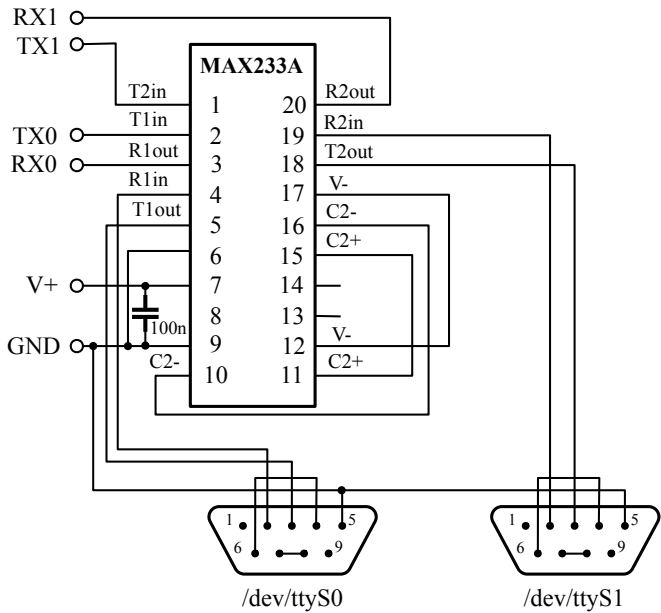


Abb. 2.9. Adapterschaltung zur Realisierung zweier vollwertiger RS-232-Schnittstellen (9-pol. Sub-D Stecker) auf Basis eines MAX233-Wandlerbausteins. Die Versorgungsspannung kann 3,3 V oder 5 V betragen.



<http://www.springer.com/978-3-540-78620-7>

Embedded Linux

Das Praxisbuch

Schröder, J.; Gockel, T.; Dillmann, R.

2009, 449 S.,

ISBN: 978-3-540-78620-7