

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Embedded Systems</b> . . . . .	<b>23</b>
1.1 Einführung . . . . .	23
1.1.1 Design von Embedded Systems . . . . .	25
1.1.2 Hardware für Embedded Systems . . . . .	26
1.2 Embedded Linux . . . . .	28
1.3 Was man für Embedded Linux benötigt . . . . .	30
1.4 Linux booten . . . . .	35
1.4.1 Den Kernel booten . . . . .	36
1.4.2 System V-Init . . . . .	38
1.5 Entwicklungsumgebung . . . . .	40
1.6 Hardwarezugriffe . . . . .	42
1.7 Grafikausgabe . . . . .	43
1.8 Linux ganz klein . . . . .	47
<b>2 Die eigene Linux-Distribution</b> . . . . .	<b>53</b>
2.1 Einführung . . . . .	53
2.2 Das Root-Dateisystem bauen . . . . .	55
2.2.1 Konfiguration des Kernels . . . . .	56
2.2.2 Kompilation des Kernels . . . . .	57
2.2.3 Installation des Kernels . . . . .	57
2.2.4 Root-Dateibaum erstellen . . . . .	59
2.2.5 Aufbau des Verzeichnisbaums . . . . .	61
2.2.6 CD-ROM brennen . . . . .	68
2.2.7 Inhalt von ISO-Dateien ändern . . . . .	73
2.2.8 Live-CD auf die Schnelle . . . . .	74
2.3 Weitere Wege zur eigenen Distribution . . . . .	75

---

<b>3</b>	<b>E/A-Programmierung</b>	<b>77</b>
3.1	Compiler und Bibliotheken	78
3.2	Prozesse und Signale	80
3.2.1	Prozesse	81
3.2.2	Signale	88
3.2.3	Prozesskommunikation mit Pipes	96
3.2.4	Programme schlafen legen	100
3.3	User-Mode-Programmierung	101
3.3.1	Programme mit Root-Rechten ausstatten	101
3.3.2	UID und GID	102
3.3.3	Zugriff auf E/A-Ports im User-Space	104
3.4	Device-Treiber	107
3.4.1	Das Device-Konzept	107
3.4.2	Konzept der Gerätetreiber	110
3.4.3	Kernel-Module	112
3.4.4	Portbereiche reservieren	115
3.4.5	Dateifunktionen implementieren	116
3.4.6	Daten von Treiberinstanzen	125
3.4.7	IO-Control	126
<b>4</b>	<b>Standard-PC-Schnittstellen</b>	<b>129</b>
4.1	PC-Schnittstellen	129
4.2	Die serielle Schnittstelle	130
4.2.1	Die serielle PC-Schnittstelle	131
4.2.2	Die RS232C-Schnittstelle (V.24)	135
4.2.3	Die RS422-Schnittstelle	137
4.2.4	Die RS485-Schnittstelle	138
4.2.5	Die Stromschnittstelle(TTY)	140
4.2.6	Programmierung mit C	142
4.2.7	Programmierung mit Perl	153
4.3	Die parallele Schnittstelle	154
4.3.1	Hardware der parallelen Schnittstelle	155
4.3.2	Port-Typen	161
4.3.3	Programmierung der parallelen Schnittstelle	163
4.3.4	Die Parapin-Bibliothek	166
4.3.5	Ansprechen der Schnittstelle in Perl	169

---

4.4	Der Joystick-Port . . . . .	170
4.5	Der interne Lautsprecher . . . . .	174
4.6	Die Tastaturschnittstelle . . . . .	177
4.7	Die USB-Schnittstelle . . . . .	179
4.7.1	USB-Hardware . . . . .	180
4.7.2	USB-Geräte für Linux . . . . .	183
<b>5</b>	<b>Chip-Schnittstellen . . . . .</b>	<b>187</b>
5.1	Die SPI-Schnittstelle . . . . .	187
5.2	Der I <sup>2</sup> C-Bus . . . . .	189
5.3	Der 1-Wire-Bus . . . . .	190
<b>6</b>	<b>Digitale Ein- und Ausgabe . . . . .</b>	<b>193</b>
6.1	TTL und CMOS koppeln . . . . .	193
6.2	Eingangs-Interface-Schaltungen . . . . .	194
6.3	Taster und Schalter . . . . .	195
6.3.1	Kontaktprellen . . . . .	195
6.3.2	Tastatur-Interfaces . . . . .	196
6.3.3	Reed-Kontakte und Hall-Schalter . . . . .	198
6.3.4	Optokoppler . . . . .	201
6.4	Ausgangs-Interface-Schaltungen . . . . .	202
6.4.1	Verstärker-ICs . . . . .	203
6.4.2	Feldeffekt-Transistoren . . . . .	205
6.4.3	IGBTs . . . . .	207
6.4.4	Optokoppler . . . . .	208
6.4.5	Ansteuerung von Wechselspannungsverbrauchern . . . . .	208
6.4.6	Halbleiter-Relais . . . . .	210
6.4.7	Relais . . . . .	212
6.4.8	Jogdial einmal anders . . . . .	223
<b>7</b>	<b>Motorsteuerung . . . . .</b>	<b>225</b>
7.1	Einführung . . . . .	225
7.2	Entstörung . . . . .	226
7.3	Motoren steuern mit einer H-Brücke . . . . .	227
7.3.1	H-Brücke (H-Bridge) mit diskreten Bauteilen . . . . .	227
7.3.2	H-Brücke mit integrierten Schaltungen . . . . .	230

7.4	Drehzahlsteuerung mittels PWM . . . . .	234
7.5	Servosteuerung . . . . .	237
7.5.1	Der FT 639 . . . . .	239
7.5.2	Der MIC 800 . . . . .	245
7.6	Schrittmotoren . . . . .	247
7.6.1	Arbeitsprinzip von Schrittmotoren . . . . .	248
7.6.2	Ansteuerung eines Schrittmotors . . . . .	249
7.6.3	Kenngrößen eines Schrittmotors . . . . .	252
7.6.4	Schrittmotor-Interface . . . . .	253
7.6.5	Beschleunigung und Verzögerung . . . . .	257
<b>8</b>	<b>Anzeigen und Displays . . . . .</b>	<b>261</b>
8.1	LED-Anzeigen . . . . .	261
8.2	Displays . . . . .	267
8.2.1	LCD- und OLED-Grundlagen . . . . .	268
8.2.2	Displaytypen . . . . .	270
8.2.3	Zeichenadressierung . . . . .	271
8.2.4	Anschluss des LC-Displays . . . . .	272
8.2.5	Ansteuerung von LCDs . . . . .	275
8.2.6	Eigene Zeichen definieren . . . . .	279
8.2.7	Initialisierung des Displays . . . . .	281
8.2.8	Display-Software . . . . .	282
8.3	LCD für Warmduscher . . . . .	285
8.4	Grafikdisplays . . . . .	286
<b>9</b>	<b>Fernschalten . . . . .</b>	<b>291</b>
9.1	Infrarot-Fernsteuerung . . . . .	291
9.2	Funk-Fernsteuerung . . . . .	295
9.3	Fernsteuerung per Mobiltelefon . . . . .	300
<b>10</b>	<b>Digitale Fotosensoren . . . . .</b>	<b>305</b>
10.1	Fotohalbleiter . . . . .	306
10.1.1	Fotoelemente und Fotodioden . . . . .	306
10.1.2	PIN-Dioden . . . . .	307
10.1.3	Fototransistoren . . . . .	307
10.1.4	Fotowiderstände . . . . .	308

10.2	Lichtschranken . . . . .	308
10.2.1	Exkurs: Timerbaustein NE555 . . . . .	309
10.2.2	Lichtschranken mit Gleichlicht . . . . .	311
10.2.3	Lichtschranken mit Wechsellicht . . . . .	314
10.3	Optische Abstands-Sensoren . . . . .	318
10.3.1	Abstandssensor IS471F . . . . .	318
10.3.2	Abstände per Infrarot messen . . . . .	319
<b>11</b>	<b>Die analoge Welt . . . . .</b>	<b>323</b>
11.1	Analogschaltungen . . . . .	323
11.1.1	Kondensatoren . . . . .	324
11.1.2	Festwiderstände . . . . .	325
11.2	Operationsverstärker-Grundlagen . . . . .	325
11.2.1	Operationsverstärker-Grundsaltungen . . . . .	326
11.2.2	Operationsverstärker-Kenngrößen . . . . .	328
11.2.3	Differenzverstärker . . . . .	330
11.3	Die Digital-Analog-Wandlung . . . . .	333
11.3.1	Digital-Analog-Wandler . . . . .	333
11.3.2	Realisierung von D/A-Wandlern . . . . .	335
11.4	Die Analog-Digital-Wandlung . . . . .	339
11.4.1	Das Abtasttheorem . . . . .	339
11.4.2	Analog/Digital-Wandler . . . . .	341
11.4.3	Sample-and-Hold-Schaltung . . . . .	343
11.4.4	Konversionsfehler . . . . .	343
11.4.5	Realisierung von A/D-Wandlern . . . . .	344
<b>12</b>	<b>Messung von Spannung, Strom und Widerstand . . . . .</b>	<b>351</b>
12.1	Präzisions-Widerstands-Vorteiler . . . . .	352
12.2	Widerstandsmessung . . . . .	356
12.3	Messbrücke . . . . .	357
<b>13</b>	<b>Sensoren . . . . .</b>	<b>361</b>
13.1	Potentiometer als Weg- oder Winkelsensoren . . . . .	362
13.2	Temperatursensoren . . . . .	362
13.2.1	Heißleiter . . . . .	362
13.2.2	Kaltleiter . . . . .	363

13.2.3	Platin-Temperaturmesswiderstand . . . . .	365
13.2.4	Halbleiter-Temperatursensoren . . . . .	366
13.2.5	Temperaturmessung mit Thermoelementen . . . . .	372
13.2.6	Temperaturmessung mit Quarzen . . . . .	375
13.3	Druck- und Kraftsensoren . . . . .	375
13.3.1	Dehnungsmessstreifen . . . . .	376
13.3.2	Folien-Kraftsensoren . . . . .	378
13.3.3	Drucksensoren . . . . .	379
13.4	Beschleunigungs-Sensoren . . . . .	385
13.5	Kompass-Sensoren . . . . .	387
13.6	Kapazitive Sensoren (Feuchtesensoren) . . . . .	390
13.7	Schallsensoren . . . . .	395
13.8	Gassensoren . . . . .	405
13.9	Messung von Radioaktivität . . . . .	414
13.9.1	Der Geigerzähler . . . . .	415
13.9.2	Geigerzähler-Schaltungstechnik . . . . .	417
13.9.3	Software zum Zählen der Impulse . . . . .	420
13.10	Spezielle Fotosensoren . . . . .	421
13.10.1	Licht-Spannungs-Wandler . . . . .	421
13.10.2	Farbsensoren . . . . .	421
13.11	Bewegungsmelder . . . . .	424
13.11.1	Infrarot-Bewegungsmelder . . . . .	424
13.11.2	Radar-Bewegungsmelder . . . . .	425
13.12	Kameraüberwachung . . . . .	427
<b>14</b>	<b>Datenauswertung . . . . .</b>	<b>429</b>
14.1	Messfehler . . . . .	429
14.2	Filterung von Messwerten . . . . .	430
14.3	Statistische Verarbeitung von Messwerten . . . . .	432
14.3.1	Tabellarische und graphische Darstellung . . . . .	432
14.3.2	Mittelwert, Varianz, Standardabweichung, Standardfehler . . . . .	435
14.3.3	Minimum, Maximum, Median, Modalwert . . . . .	437
14.3.4	Aufrufbeispiel . . . . .	438
14.3.5	Lineare Regression . . . . .	438
14.4	Grafik-Tools für die Messwert-Darstellung . . . . .	441
14.4.1	Gnuplot . . . . .	443
14.4.2	LabPlot . . . . .	445

---

14.4.3 Datendarstellung mit MRTG . . . . .	446
<b>Anhang . . . . .</b>	<b>449</b>
A.1 Literatur . . . . .	449
A.2 Links . . . . .	451
A.3 Bezugsquellen . . . . .	453
<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>455</b>