

Inhaltsverzeichnis

1 Embedded Systems	23
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
2 Die eigene Linux-Distribution	53
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

3	E/A-Programmierung	77
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
4	Standard-PC-Schnittstellen	129
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
5	Chip-Schnittstellen	187
5.1	Die SPI-Schnittstelle	187
5.2	Der I ² C-Bus	189
5.3	Der 1-Wire-Bus	190
6	Digitale Ein- und Ausgabe	193
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
7	Motorsteuerung	225
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
8	Anzeigen und Displays	261
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
9	Fernschalten	291
9.1	Infrarot-Fernsteuerung	291
9.2	Funk-Fernsteuerung	295
9.3	Fernsteuerung per Mobiltelefon	300
10	Digitale Fotosensoren	305
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
11	Die analoge Welt	323
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
12	Messung von Spannung, Strom und Widerstand	351
12.1	Präzisions-Widerstands-Vorteiler	352
12.2	Widerstandsmessung	356
12.3	Messbrücke	357
13	Sensoren	361
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
14	Datenauswertung	429
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
Anhang	449
A.1 Literatur	449
A.2 Links	451
A.3 Bezugsquellen	453
Stichwortverzeichnis	455