

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Gut zu wissen	9
2.1	Die Architektur eingebetteter Systeme	11
2.1.1	Hardware	11
2.1.2	Software	14
2.1.3	Auf dem Host für das Target entwickeln	19
2.2	Arbeiten mit Linux	21
2.2.1	Die Shell	23
2.2.2	Die Verzeichnisstruktur	24
2.2.3	Editor	25
2.3	Erste Schritte mit dem Raspberry Pi	26
2.3.1	System aufspielen	27
2.3.2	Startvorgang	29
2.3.3	Einloggen und Grundkonfiguration	30
2.3.4	Hello World: Entwickeln auf dem Raspberry Pi	30
3	Embedded von Grund auf	33
3.1	Der Linux-Kernel	34
3.2	Das Userland	41
3.2.1	Systemebene	43
3.2.2	Funktionsbestimmende Applikationen	59
3.3	Cross-Development für den Raspberry Pi	64
3.3.1	Cross-Generierung Kernel	64
3.3.2	Cross-Generierung Userland	67
3.3.3	Installation auf dem Raspberry Pi	71
3.4	Bootloader »Das U-Boot«	76
3.4.1	Kernel von der SD-Karte booten	80
3.4.2	Netzwerk-Boot	84
3.5	Initramfs: Filesystem im RAM	86

4	Systembuilder Buildroot	95
4.1	Überblick	95
4.2	Buildroot-Praxis	99
4.2.1	Installation auf der SD-Karte	101
4.2.2	Netzwerk-Boot per U-Boot	104
4.3	Systemanpassung	110
4.3.1	Postimage-Skript	111
4.3.2	Postbuild-Skript	113
4.4	Eigene Buildroot-Pakete	131
4.4.1	Grundstruktur	131
4.4.2	Praxis	137
4.5	Hinweise zum Backup	141
5	Anwendungsentwicklung	143
5.1	Cross-Development	144
5.2	Basisfunktionen der eingebetteten Anwendungsprogrammierung	147
5.2.1	Modularisierung	148
5.2.2	Realzeitaspekte	150
5.3	Hardwarezugriffe	155
5.3.1	Systemcalls für den Hardwarezugriff	156
5.3.2	GPIO-Zugriff über das Sys-Filesystem	162
6	Gerätetreiber selbst gemacht	167
6.1	Einführung in die Treiberprogrammierung	168
6.1.1	Grundprinzip	169
6.1.2	Aufbau eines Gerätetreibers	170
6.1.3	Generierung des Gerätetreibers	173
6.2	Schneller GPIO-Treiberzugriff	176
6.2.1	Digitale Ausgabe	177
6.2.2	Digitale Eingabe	185
6.2.3	Programmierhinweise zum Hardwarezugriff	192
7	Embedded Security	197
7.1	Härtung des Systems	199
7.1.1	Firewalling	200
7.1.2	Intrusion Detection and Prevention	212
7.1.3	Rechteeübergabe	213
7.1.4	Ressourcenverwaltung	219

7.1.5	Entropie-Management	224
7.1.6	ASLR und Data Execution Prevention	225
7.2	Entwicklungsprozess	226
7.3	Secure-Application-Design	229
7.3.1	Sicherheitsmechanismen in der Applikation	230
7.3.2	Least Privilege	231
7.3.3	Easter Eggs	233
7.3.4	Passwortmanagement	233
7.3.5	Verschlüsselung	235
7.3.6	Randomisiertes Laufzeitverhalten	236
8	Ein komplettes Embedded-Linux-Projekt	237
8.1	Hardware: Anschluss des Displays	238
8.2	Software	240
8.3	Systemintegration	249
	Anhänge	
A	Crashkurs Linux-Shell	259
B	Crashkurs vi	269
C	Git im Einsatz	273
D	Die serielle Schnittstelle	279
	Literaturverzeichnis	283
	Stichwortverzeichnis	287