



# Inhalt

Einleitung	7
Wie ich das Buch aufgebaut habe	8
Fehlersuche	8
Meine Webseite	9
Danksagung	9
I. Digitaltechnische Grundlagen	11
Die Logik-Gatter	12
Flipflops	21
Auf in die Praxis: Reale Gatter	28
II. Einstieg in FPGA	31
Der Workflow	40
Die Hardware Description Language	42
III. VHDL-Grundlagen	51
Die Strukturelemente von VHDL	51
Variablen und Signale	58
IV. Das MAX1000-Board	61
Das Max1000-Discoveryboard	66
V. Die Software-Werkzeugkette	69
Die Installation von VHDPlus	69
Die VHDPlus-Entwicklungsumgebung	79
Links zu VHDPlus	86
FPGA-Projekte	87
1. Ansteuerung von LEDs	89
Die LED-Pins am FPGA	90
2. Abfrage eines Tasters	103
Das Testen der Hardware	108



3. Schon wieder die LEDs	115
Mit einem Array mehrere Signale ansprechen	115
Die Ansteuerung mehrerer LEDs	124
4. Eine Addierschaltung	129
Der Halbaddierer	129
Der Volladdierer	140
Ein 4-Bit-Volladdierer	157
5. Die Simulation	165
Die Simulation des Halbaddierers	165
Die Simulation des Volladdierers	179
6. Blinkende LEDs	181
Was ist ein Prozess?	181
Ein Lauflicht	186
7. Variablen und Signale	203
Variablen	203
Signale	204
8. Flipflops	211
Ein RS-Flipflop	211
Ein D-Flipflop	216
9. Zähler	241
Ein Logisim-Decoder-Experiment	245
Ein Universalzähler	255
10. Ansteuerung einer Siebensegmentanzeige	259
Die Ansteuerungsvarianten	260
Das Multiplexing	262
Exkurs Transistor	264
Eine mehrstellige Anzeige	275
Der Impulszähler	284
11. Eine Statemachine	291
Eine Ampelsteuerung	291



12. Pulsweiten-Modulation	301
Ein fester PWM-Wert	304
13. Einen Servo-Motor steuern	321
14. Digitale Logik: Schaltungssynthese	329
Die Wertetabelle	329
Minterme und Maxterme	330
Essenzielle digitale Rechenregeln	343
15. Multiplexer	351
4-1-MUX (1-Bit)	351
4-1-MUX (4-Bit)	359
Demultiplexer	363
16. Werte vergleichen	369
Der 1-Bit-Komparator	369
Der 2-Bit-Komparator	371
17. Negative Zahlen	381
Experimente mit negativen Werten	389
Die Konvertierung und das Casting von Datentypen	391
18. Eine LED-Matrix	393
Die LED-Punkt-Matrix	393
19. Analoge Eingänge	403
Der Spannungsteiler	404
Ein lichtempfindlicher Widerstand	414
20. VHDP	419
VHDP-Grundlagen	421
Ein VHDP-Projekt anlegen	423
Ein VHDP-Projekt in VHDL konvertieren	424
21. Der I <sup>2</sup> C-Bus	425
I <sup>2</sup> C-Basics	425
Der Port-Expander MCP23017	427
Die Transaktionen für den I <sup>2</sup> C-Bus	432



22. Arduino auf dem FPGA	443
NIOS II	444
Ein Blink-Sketch	454
23. Serielle Kommunikation	457
Das LED-Projekt	459
Auf Texteingabe reagieren	467
Stichwortverzeichnis	473