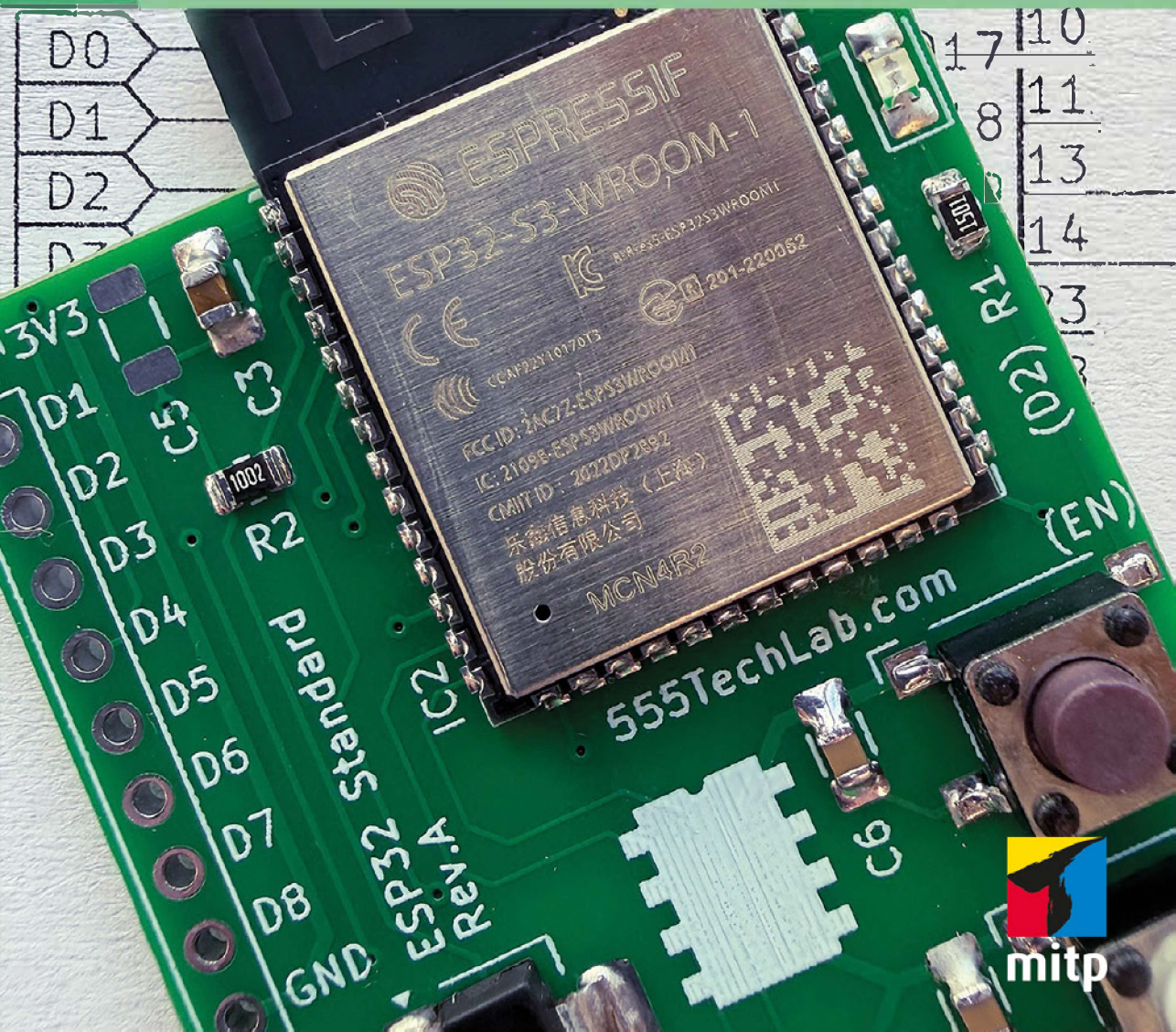


Thomas Brühlmann

ESP32 Mikrocontroller

Praxiseinstieg für Maker

IoT-Projekte und eigene Hardware-Ideen umsetzen



Inhaltsverzeichnis

	Einleitung	11
1	Einführung	15
1.1	Boards	15
1.2	Verbindungen	16
1.3	Stromversorgung	18
1.4	Anforderungen für den Einstieg	19
2	Hardware des ESP32	21
2.1	ESP32-Serien	22
2.2	ESP32-Entwicklungsboards	24
2.2.1	ESP32-C3-DevKitM-1	25
2.2.2	ESP32 MiniKit	28
2.2.3	XIAO ESP32C3	29
2.2.4	CodeCell	30
2.2.5	ESP32 Lite	31
2.2.6	Vergleich der Boards	32
2.3	Noch mehr ESP32-Boards	33
2.3.1	M5Stack	33
2.3.2	Oxocard Connect	37
2.4	ESP32-Module	38
2.4.1	ESP32-WROOM	39
2.4.2	ESP32-S3-WROOM	40
2.4.3	Vergleich ESP32 WROOM	42
2.4.4	ESP32 Mini	43
2.4.5	ESP32-Modul – Breakout-Board	44
2.5	ESP32-Chip (SoC)	45
3	Software	47
3.1	Entwicklungsumgebungen	47
3.2	Arduino-IDE	48
3.2.1	Installation von Arduino-IDE	48
3.2.2	Start	49
3.2.3	Boardmanager	50
3.2.4	Verbindungsaufbau	52
3.2.5	Blink-Programm	52

3.3	ESP-IDF	54
3.3.1	Command-Line-Installation (Windows)	54
3.3.2	VS Code – Erweiterung	68
3.4	Entwicklungsumgebung Thonny	81
3.5	Programmiersprachen	83
3.5.1	C++	83
3.5.2	MicroPython	83
3.5.3	Rust	92
3.6	ESP32-Betriebsmodus	92
3.6.1	USB-Treiber	93
3.7	Flashen des Programms	94
3.7.1	Flashen via USB	94
3.7.2	Flashen mit esptool	95
3.7.3	Flashen via OTA (Over the Air)	101
4	Programmierung in C++	105
4.1	Programmaufbau	105
4.2	Konventionen	108
4.2.1	Klammern	108
4.2.2	Semikolon	110
4.2.3	Kommentare	110
4.3	Datentypen	111
4.4	Variablen	112
4.4.1	Variablendeklaration	113
4.4.2	Konstante	113
4.5	Datentyp-Konvertierung	115
4.6	Funktionen	116
4.7	Kontrollstrukturen	118
4.8	Ein- und Ausgabe	121
4.8.1	Eingänge und Ausgänge	121
4.8.2	Serielle Ausgabe	124
4.9	Bibliotheken	125
5	Programmierung in MicroPython	129
5.1	Hardware	129
5.2	Programmaufbau	130
5.3	Kommentare	131
5.4	Module	132
5.4.1	Systeminterne Module	132
5.4.2	Eigene Module	133
5.5	Variablen	135

5.6	Funktionen	135
5.6.1	Beispiel: Umrechnung Celsius in Fahrenheit	136
5.7	Schleifen	138
5.7.1	while	138
5.7.2	for	139
5.8	Kontrollstrukturen	141
5.9	Listen	143
5.10	Ein- und Ausgabe	145
5.10.1	Eingänge	146
5.10.2	Ausgänge	147
5.10.3	Serieller Port	148
6	Eingabe, Ausgabe, Schnittstellen	149
6.1	Peripherie	149
6.1.1	Anschluss-Belegung	149
6.1.2	Digitale Eingänge	151
6.1.3	Digitale Eingänge mit Pullup	153
6.1.4	Touch-Eingänge	154
6.1.5	Analoge Eingänge	155
6.1.6	Digitale Ausgänge	158
6.1.7	Analoge Ausgänge	159
6.2	PWM und DAC	160
6.2.1	Pulsweitenmodulation (PWM)	160
6.2.2	PWM mit LEDC	162
6.2.3	Projekt: Analog-Ausgabe als Spannung	164
6.2.4	Digital/Analog-Wandler (DAC)	166
6.3	I2C	168
6.3.1	I2C mit ESP32	169
6.3.2	I2C-Scanner	170
6.3.3	I2C-Anwendung	170
6.3.4	Anwendung – Sensor-Modul einlesen	171
6.3.5	Level-Shifter	175
6.3.6	Projekt: Analoge Signale messen mit ADC-Modul	176
6.4	SPI	184
6.4.1	Signale und Verbindungen	184
6.4.2	SPI-Kommunikation	186
6.4.3	Kommunikation mit mehreren Slave-Modulen	189
6.4.4	Projekt: Temperaturmessung mit PT100	190
6.5	Bluetooth	196
6.5.1	Bluetooth-Versionen	197
6.5.2	Bluetooth mit ESP32	197
6.5.3	Projekt: Seriell über Bluetooth	198