

ESP32 Mikrocontroller

Praxiseinstieg für Maker

IoT-Projekte und eigene Hardware-Ideen umsetzen

DAS INHALTS- VERZEICHNIS

» Hier geht's
direkt
zum Buch

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 |

| | | |
|----------|---------------------------------------|------------|
| 7 | Wifi | 203 |
| 7.1 | Bibliothek für ESP32 | 203 |
| 7.2 | WLAN-Verbindung | 204 |
| 7.3 | Webclient | 206 |
| | 7.3.1 Webclient mit Parameter | 209 |
| 7.4 | Webserver | 210 |
| | 7.4.1 Aufruf Webserver | 211 |
| | 7.4.2 Bibliothek und Beispiele | 212 |
| | 7.4.3 Asynchroner Webserver | 212 |
| | 7.4.4 Analogwerte anzeigen | 214 |
| 7.5 | MQTT-Client | 219 |
| | 7.5.1 Topics | 219 |
| | 7.5.2 MQTT Prinzip | 219 |
| | 7.5.3 MQTT-Broker | 220 |
| | 7.5.4 MQTT mit ESP32 | 221 |
| 7.6 | Projekt: Tasmota | 226 |
| | 7.6.1 Tasmota flashen | 227 |
| | 7.6.2 Tasmota konfigurieren | 234 |
| | 7.6.3 Ausgang steuern | 237 |
| 7.7 | Projekt: ESP-NOW | 238 |
| | 7.7.1 Netzwerktopologie | 239 |
| | 7.7.2 MAC-Adresse | 241 |
| | 7.7.3 Projekt: Sensor-Netzwerk | 243 |
| | 7.7.4 ESP-NOW-Sender | 244 |
| | 7.7.5 ESP-NOW Empfänger | 248 |
| 8 | Anzeigen und Kamera | 251 |
| 8.1 | OLED | 251 |
| | 8.1.1 Ansteuerung und Anschluss | 252 |
| | 8.1.2 Arduino-Library | 253 |
| | 8.1.3 Projekt: Balken-Anzeige | 253 |
| 8.2 | Kamera | 257 |
| | 8.2.1 Anschlussbelegung | 259 |
| | 8.2.2 Bibliothek und Board | 260 |
| | 8.2.3 Anwendung Webcam | 261 |
| 9 | DIY-ESP32-Board | 265 |
| 9.1 | Grundschaltung | 265 |
| 9.2 | Minimalschaltung | 266 |
| 9.3 | Leiterplatte | 268 |
| 9.4 | Leiterplatten-Projekt | 269 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 9.5 | Entwicklung Leiterplatte | 269 |
| 9.5.1 | Stromlaufplan und Bauteile | 269 |
| 9.5.2 | Design der Leiterplatte | 274 |
| 9.6 | Prüfung des Layouts | 279 |
| 9.7 | Bereitstellung für Bestellung | 281 |
| 9.7.1 | Gerber-Daten generieren | 281 |
| 9.7.2 | Gerber-Konfiguration für Leiterplattenhersteller | 284 |
| 9.7.3 | Gerber-Daten in Archiv packen | 284 |
| 9.7.4 | Gerber-Daten prüfen | 285 |
| 9.8 | Leiterplatte bestellen | 287 |
| 9.9 | Bestückung | 289 |
| 9.10 | Programmierung und Test | 290 |
| 9.11 | Leiterplatte des ESP32-Boards | 290 |
| 9.12 | Projekt: Standard-Board | 291 |
| 9.12.1 | Stromlaufplan | 291 |
| 9.12.2 | Programmierung | 292 |
| 10 | Troubleshooting | 293 |
| 10.1 | Stromversorgung | 293 |
| 10.2 | Code-Debugging | 294 |
| 10.3 | Upload-Probleme | 294 |
| 10.4 | Wifi-Verbindung | 295 |
| 10.5 | Schnittstellen | 296 |
| 10.5.1 | Serielle Schnittstelle (UART) | 296 |
| 10.5.2 | I2C-Bus | 297 |
| 10.5.3 | SPI | 297 |
| 11 | Werkzeuge | 299 |
| 11.1 | Steckbrett und Kabel | 299 |
| 11.2 | Breadboard-Power-Adapter | 300 |
| 11.3 | Adapter-Platinen | 301 |
| 11.4 | Biegelehre | 302 |
| 11.5 | Stromversorgung/Netzteil | 302 |
| 11.5.1 | Labornetzteil | 303 |
| 11.6 | Messgeräte | 304 |
| 11.6.1 | Multimeter | 304 |
| 11.6.2 | Mini-Oszilloskop | 306 |
| 11.7 | Tools mit 3D-Druck | 308 |
| | Stichwortverzeichnis | 311 |