

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.9

Kapitel 1 • Arduino Hardware für die Regelungstechnik10

1.1 Arduino UNO.10

1.2 Arduino NANO.11

1.3 Espressif ESP32.13

1.4 Raspberry RP2040 Controller14

1.5 ESP32 Fuzzy PID Controller Board15

1.6 ESP32 Modbus RTU Controller Board18

1.7 Programmieren der Arduino Boards21

1.8 Das Nextion Grafik Display22

1.9 Testsoftware für das ESP32 Board23

1.10 Programmbeispiel mit dem ESP3227

1.11 Arduino ESP32 Controller 12 Bit A/D-Wandler Test.33

1.12 Codeblocks Entwicklungsumgebung für Ansi C40

1.13 Serial Data Reader.41

1.14 Serial Port Datareader42

1.15 Der Espressif ESP32 als WebSocket-Server43

Kapitel 2 • Sensoren54

2.1 NTC Temperatursensoren54

2.2 RTD Temperatursensoren57

2.3 Lineare Interpolation60

2.4 Thermoelemente61

2.5 Anwendungen von Thermoelementen.62

2.6 Sensoren mit integrierter Elektronik.65

2.7 pH Sensoren67

2.8 Drehgeber69

2.9 Kraftmessung71

2.10 Lineare Regression74

2.11 Spline Interpolation78

2.12 Polynomische Regression82

Kapitel 3 • Stellglieder MOSFET und Solid State Relais88

3.1 MOSFET BSP7688

3.2 MOSFET Schaltung mit Optokoppler für 10 A89

3.3 H-Brücke L29890

3.4 H-Brücke mit BTS7960 von Infineon bis maximal 43 A91

3.5 Thyristor Steller für Wechselspannung93

Kapitel 4 • Steuerung, Regelung und Regelstrecken94

4.1 Formelzeichen94

4.2 Unterschied Steuern und Regeln nach IEC 60050-35194

4.3 Beispiele zur Steuerungstechnik95

4.4 Ansteuern einer realen Heizung.99

4.5 Ansteuerung eines DC Motors mit PWM (Pulsweitenmodulation)110

Kapitel 5 • Zweipunkt und PID-Regler.121

5.1 Zweipunktregler121

5.2 PID-Regler126

5.3 Parameterbestimmung mit Ziegler-Nichols128

5.4 Parameterbestimmung mit der Relay Methode129

5.5 Arduino PID Regler mit PT2 Simulation.131

5.6 Arduino PID-Regler mit realer Strecke (ALU-Block)137

5.7 Arduino PID-Regler für stehendes Pendel147

Kapitel 6 • Fuzzy Logic Grundlagen156

6.1 Fuzzy Logic Geschichte.156

6.2 Fuzzy Logic Regler Aufbau157

6.3 Fuzzifizierung157

6.4 Inferenz157

6.5 Defuzzifizierung.158

6.6 Fuzzy Beispiel Lüftersteuerung158

6.7 Regelung eines Inversen Pendels.164

6.8 Fuzzy Sets169

6.9 Simulation einer Funktion mit Fuzzy Logic178

6.10 Anwendung einer Fuzzy Funktion für ein Temperaturprofil184

Kapitel 7 • Fuzzy Logic Temperaturregler187

7.1 Fuzzy Regler mit PT2-Simulation 187

7.2 Fuzzy Regler mit dem ESP32 und realer Heizung 194

7.3 Fuzzy Beispiele mit Gauss, Bell und Sigmoid 207

Kapitel 8 • Fuzzy Logic Temperaturregler mit zwei Eingängen208

8.1 Temperaturregler mit zwei Eingängen 208

8.2 Fuzzy Control Beispiel für eine Heizungsregelung 212

Kapitel 9 • Fuzzy-Regler Beispiele mit einem DC-Motor221

9.1 DC-Motoren Grundlagen 221

9.2 Ansteuern des Motors mit PWM (Drehzahlsteuerung). 224

9.3 Ansteuern des Motors mit PWM und Drehzahlmessung. 225

9.4 Motor Drehzahlregelung mit Fuzzy Logic. 229

9.5 Motor Positionssteuerung 243

Kapitel 10 • Sliding-Mode-Regler.252

10.1 Allgemeine Beschreibung des Sliding Mode Reglers 252

10.2 Sliding Mode Regler Beispiel mit der PT2 Strecken Simulation 254

10.3 Sliding Mode Regler Beispiel mit realer Strecke 259

10.4 Optimierung der Parameter ϵ_1 und ϵ_2 mit Fuzzy Logic 270

Kapitel 11 • Neuronale Netze.274

11.1 Geschichte der neuronalen Netze. 274

11.2 Biologisches Neuron 275

11.3 Grundlagen. 275

11.4 Aktivierungsfunktionen. 276

11.5 Das Perceptron 278

11.6 Feedforward Netze. 279

11.7 Training des Neuronalen Netzes. 281

11.8 ANN Beispiel XOR 284

11.9 Fuzzy Gauss Regler mit Neuronalen Netz 290

11.10 Einen Farbsensor mit dem Neuronalen Netz auswerten. 297

11.11 Training eines neuronalen Netzwerks mit zwei Hidden Layern 310

Kapitel 12 • Fuzzy-Regler für die Stromeinspeisung ins Hausnetz324

12.1 Einführung 324

12.2 Shelly 3EM Energiemesser 324

12.3 Messungen mit dem Shelly Plus 1PM 327

12.4 Laderegler Victron Smart Solar 100 I 20. 330

12.5 Windows Software SharpDevelop_Shelly3emWinform 333

12.6 Soyo Micro Inverter für die Netzeinspeisung 334

12.7 ESP32 PID Fuzzy Control Board für die Regelung..... 336

12.8 Fuzzy-Regler Funktion 341

Anhang A • Schaltungen Layouts und Stückliste343

Anhang B • Literaturverzeichnis358

Anhang C • Weblinks359

Anhang D • Beispielprogramme für den Arduino UNO und ESP32.360

Index363