

## **I n h a l t**

- 1. Ziel des Buches**
- 2. Messen - was und wie?**
  - 2.1. Was ist Messen?
  - 2.2. Steuerung und Regelung als Grundanwendung
  - 2.3. Die Welt ist analog - warum digitale Messtechnik
  - 2.4. Eine andere Seite des Messens
  - 2.5. Wie genau soll man messen
  - 2.6. Hardware oder Software
  - 2.7. Ein Wort zur Programmierung
- 3. Messen - mit Hardware oder Software?**
  - 3.1. Was nehme ich wann?
  - 3.2. Der Prozessor in der Messtechnik
- 4. Die Simulation**
  - 4.1 Grundlage der Simulation
  - 4.2 Verwendung des Simulators
    - 4.2.1 Installation
    - 4.2.2 Starten des Simulators
  - 4.3 Prinzip des Simulators
  - 4.4 Beschreibung der Simulationsobjekte
    - 4.4.1 Analog – Digital-Umsetzer (ADU)
    - 4.4.2 ADU-Blackbox
    - 4.4.3 ATmega128
    - 4.4.4 DAU
    - 4.4.6 Integrator
    - 4.4.7 Komparator
    - 4.4.8 LED
    - 4.4.9 LED-Matrix
    - 4.4.10 Regelstrecke
    - 4.4.11 Schalter
    - 4.4.13 Taster
  - 4.5 Problemlösung & Update
- 5. Messdatenerfassung und Auswertung**
  - 5.1. Grundgrößen bei Messreihen
  - 5.2. Methoden der Messwertwandlung (AD, Uf, ...)
  - 5.3. Verfahren der Messstochastik
  - 5.4. Das Problem der Messfehler
    - 5.2. Übung - Erfassen und Bewerten von Messreihen
      - 5.2.1. Erfassen ungestörter Funktionen

- 5.2.2. Erfassen zufälliger Messwerte
- 5.2.3. Erfassen gestörter Messwerte
- 5.5. Lösungshinweise zum Kapitel

## **6. Sensoren zur Messwertgewinnung**

- 6.1. Temperaturmessung
  - 6.1.1. Das Widerstandsthermometer
  - 6.1.2. Der Halbleiter
  - 6.1.3. Der pn-Übergang als Sensor
- 6.2. Kraft- und Druckmessung
  - 6.2.1. Aufnehmer mit Metall-Dehnmessstreifen
  - 6.2.2. Piezoresistive Aufnehmer
  - 6.2.3. Piezoelektrische Aufnehmer
  - 6.2.4. Kapazitive und induktive Aufnehmer
- 6.3. Beschleunigung
- 6.4. Helligkeit
  - 6.4.1. Fotozelle, Fotovervielfacher
  - 6.4.2. Fotowiderstand
  - 6.4.3. Fotodiode
  - 6.4.4. Fotoelement / Solarzellen
  - 6.4.5. Fototransistor
- 6.5. Magnetfelder
- 6.6. Weg- und Winkelerfassung
  - 6.6.1. Messung über Tauchkern
  - 6.6.2. Messung über Messpotentiometer
  - 6.6.3. Messung über Codelineal
  - 6.6.4. Messung über inkrementelle Geber
- 6.7. Schalter
  - 6.7.1. Entprellung durch Hardware
  - 6.7.2. Entprellung durch Software

## **7. Die Messwertübertragung**

- 7.1. Störungen bei der Übertragung
  - 7.1.1. Störungen durch Felder
  - 7.1.2. Störungen durch Potentialdifferenzen
  - 7.1.3. Störungen durch Leitungsreflexionen
  - 7.1.4. Fehler durch das Übertragungsmedium
- 7.2. Varianten der Datenübertragung
  - 7.2.1. Übertragung analoger Messwerte
  - 7.2.2. Übertragung digitaler Werte

## **8. Die Messwertaufbereitung**

- 8.1. analoge Filterschaltungen
- 8.2. digitale Filter
  - 8.2.1. Mittelwertbildung
  - 8.2.2. akkumulierender Mittelwert
  - 8.2.3. Median-Filter
- 8.3. Gleichrichter
  - 8.3.1. Einweg-Gleichrichter
  - 8.3.2. Vollweg-Gleichrichter
  - 8.3.3. Fehler beim aktiven Gleichrichter
- 8.4. Multiplexer
  - 8.4.1. Passive Analogschalter
  - 8.4.2. CMOS-Schalter
- 8.5. Sample&Hold-Stufen
  - 8.5.1. Diskrete Sample&Hold-Stufen
  - 8.5.2. Integrierte Sample&Hold-Stufen
- 8.6. Referenzquellen
  - 8.6.1. Spannungsreferenzen
  - 8.6.2. Stromreferenzen
- 8.7. Sonderbaugruppen
  - 8.7.1. Logarithmierer
  - 8.7.2. Schaltbare Inverter
  - 8.7.3. Schaltbare Verstärker

## **9. Analog-Digital-Wandler**

- 9.1. Klassifizierung der Wandler
- 9.2. Vergleichende Wandler
  - 9.2.1. Parallelumsetzer
  - 9.2.2. Einflankenumsetzer (Sägezahnumsetzer)
  - 9.2.3. Stufenumsetzer
  - 9.2.4. Servoumsetzer
  - 9.2.5. Sukzessive Approximation
  - 9.2.6. Fehler bei vergleichenden AD-Wandlern
  - 9.2.7. Bewertung der Umsetzer
- 9.3. Integrierende Wandler
  - 9.3.1. Zweiflankenumsetzer
  - 9.3.2. Spannungs-Frequenz-Wandler
  - 9.3.3. Mehrflankenumsetzer
  - 9.3.4. Charge-balancing-Umsetzer
  - 9.3.5. Sigma-Delta
  - 9.3.6. PWM-Umsetzer (MSP)

- 9.3.7. Fehler integrierender AD-Wandler
- 9.4. Allgemeine Fehler bei AD-Wandlern
- 9.5. Das Aliasing
- 9.6. Kommerzielle Wandlerschaltkreise
  - 9.6.1. AD-Wandlerschaltungen
  - 9.6.2. Datenerfassungssysteme
  - 9.6.3. Multimeter-Schaltkreise
  - 9.6.4. Die andere Lösung
- 9.7. Lösungshinweise zum Kapitel

## **10. Digital-Analog-Wandler**

- 10.1. Summation gewichteter Ströme
- 10.2. Das R2R-Netzwerk
- 10.3. Frequenz-Spannungs-Umsetzer
- 10.4. Wandlung durch Impulsbreitenmodulation (PWM)
- 10.5. Fehler von DA-Wandlern
- 10.6. Integrierte Umsetzer
- 10.7. Einsatzbeispiele für DA-Wandler
  - 10.7.1. Multiplikation von Spannungen
  - 10.7.2. Lautstärkeregelung mit DA-Wandlern
  - 10.7.3. Digital einstellbarer Komparator

## **11. Verknüpfung von Messwerteingabe und Messwertausgabe - eine einfache Regelung**

- 11.1. Einige Grundlagen
  - 11.1.1. Die stetigen linearen Regler
  - 11.1.2. Die diskontinuierlichen Regler
- 11.2. Der Regelkreis am Beispiel
  - 11.2.1. Der Zweipunktregler
  - 11.2.2. Der Mehrpunktregler
  - 11.2.3. Die fast stetige Regelung
  - 11.2.4. Einfluss des Zeitverhaltens der Regelstrecke
- 11.3. Lösungshinweise zum Kapitel

## **12. Darstellung von Messwerten auf Displays**

- 12.1. Einige grundlegende Gedanken
- 12.2. Die alphanumerische Darstellung
- 12.3. Die graphische Darstellung

**13. Darstellung von Zuständen und Messwerten**

- 13.1. Ausgabe durch Leuchtdioden
  - 13.1.1. Arbeit mit Einzeldioden
  - 13.1.2. Nutzung von Diodenanordnungen
- 13.2. Das Verfahren der zeitmultiplexen Ansteuerung
- 13.3. Der Einsatz von LCD-Displays
- 13.4. Schaltkreise für die Anzeigesteuerung

**14. Ansteuerung von Lasten**

- 14.1. Probleme beim Anschluss größerer Lasten
- 14.2. Treiberschaltkreise
- 14.3. Der Einsatz von Thyristoren (an Gleichspannung)
- 14.4. Thyristor an Netzspannung

**15. Erzeugung von Signalen**

- 15.1. Die Grenzen beim Rechnereinsatz
- 15.2. Rechtecksignale
  - 15.2.1. Frequenz- und Impulserzeugung mittels Software
  - 15.2.2. Impulserzeugung mit der Controller-Hardware
  - 15.2.3. Impulserzeugung mit externer Zusatzhardware
- 15.3. Sinussignale
  - 15.3.1. Digitale Sinusgeneratoren
  - 15.3.2. DDS – Digital Direct Synthese
  - 15.3.3. Analoge Sinusgeneratoren
- 15.4. Spezielle Funktionsformen
  - 15.4.1. Analoge Erzeugung von monotonen Spannungsverläufen
  - 15.4.2. Digitale Erzeugung von Funktionsverläufen
- 15.5. Digitale Impulsmuster
- 15.6. Funktionsgenerator-IC

**16. Messung von Frequenz und Zeit**

- 16.1. Die Frequenzmessung
- 16.2. Fehler bei der Frequenzmessung
- 16.3. Messmöglichkeiten mit einem Zähler
- 16.4. Frequenzmessung mit dem Mikrocontroller
- 16.5. Der Aufbau von Digitalzählern

**17. Messschaltungen und Hilfsmittel**

- 17.1. Widerstandsmessung
- 17.2. Messung von Kapazitäten
- 17.3. Messung des Frequenzganges
- 17.4. Hilfsskala für den Oszillograph

**18. Messungen in digitalen Schaltungen**

- 18.1. Bestimmung von Pegeln und Zuständen
- 18.2. Bestimmung von Zeitabläufen
- 18.3. Logik-Komparatoren
- 18.4. Signaturanalyse

**19. Interfaces industrieller Sensoren**

- 19.1 Analoge Interfaces
  - 19.1.1 Spannungsausgang
  - 19.1.2 Ratiometrischer Spannungsausgang
  - 19.1.3 Stromausgang
  - 19.1.4 Frequenzausgang und Pulsweitenmodulation
  - 19.1.5 4-/6-Draht-Interface
- 19.2 Digitale Interfaces
  - 19.2.1 CAN-Gruppe
  - 19.2.2 LON
  - 19.2.3 HART
  - 19.2.4 RS485
  - 19.2.5 Profibus
  - 19.2.6 I<sup>2</sup>C
  - 19.2.7 SPI
  - 19.2.8 IEEE 1451

**20. Inhalt der CD****21. Literatur und Quellen**