

**AVR-8-bit-Mikrocontroller**  
**Gruppe 100 - Technologie der AVR-8-bit-Mikrocontroller**  
**Teil 109 - SPI**



### **Teil 101 - AVR-Architektur**

- 1 Die Architektur der AVR-Mikrocontroller - der CPU-Kern
  - 1.1 Einleitung und Geschichtliches
  - 1.2 Die Architektur: RISC contra CISC
  - 1.3 ALU - Arithmetic Logic Unit
  - 1.4 Das Status Register
  - 1.5 Die Arbeits-Register
  - 1.6 Der Stack Pointer
  - 1.7 Zeitliche Steuerung der Verarbeitung
  - 1.8 RESET- und Interrupt-Verwendung

### **Teil 102 - Harvard-Architektur**

- 2 Die Harvard-Architektur - eine Speicher-Philosophie
  - 2.1 Flash-Programm-Speicher
  - 2.2 SRAM-Daten-Speicher
  - 2.3 EEPROM-Daten-Speicher
  - 2.4 Ein-/Ausgabe-Speicher
  - 2.5 Beschreibung der Register
    - 2.5.1 **EEARH** und **EEARL** - **EEPROM Address Register (Low/High)**
    - 2.5.2 **EEDR** - **EEPROM Daten Register**
    - 2.5.3 **EECR** - **EEPROM Control Register**
    - 2.5.4 **GPIOR2** - **General Purpose I/O Register 2**
    - 2.5.5 **GPIOR1** - **General Purpose I/O Register 1**
    - 2.5.6 **GPIOR0** - **General Purpose I/O Register 0**

### **Teil 103 - Clock**

- 3 Der Systemtakt und seine Optionen
  - 3.1 Gliederung der Takt-Systeme (Clock Systems)
  - 3.2 Möglichkeiten der Takt-Erzeugung (Clock Sources)
    - 3.2.1 Quarz-Oszillator mit verminderter und voller Amplitude
    - 3.2.2 Quarz-Oszillator mit niedriger Frequenz
    - 3.2.3 Kalibrierter interner RC-Oszillator
    - 3.2.4 Interner Oszillator mit 128 kHz
  - 3.3 Externe Takt-Erzeugung
  - 3.4 Timer/Counter Oscillator
  - 3.5 Systemtakt-Teiler (Prescaler)
  - 3.6 Register für die Einstellung/Teilung des Systemtaktes
    - 3.6.1 **OSCCAL** - **OSCillator CALibration Register**
    - 3.6.2 **CLKPR** - Register für die Teilung des Systemtaktes (**CLock PR**escaler)

### **Teil 104 - Sleep Modes**

- 4 Das Power-Management - Leistungsreduzierung (Sleep Modes)
  - 4.1 Leerlauf-Modus (Idle Mode)
  - 4.2 ADC-Rausch-Reduzierung (ADC Noise Reduction Mode)
  - 4.3 Power Down Mode
  - 4.4 Power Save Mode
  - 4.5 Standby Mode
  - 4.6 Minimierung der Leistung
  - 4.7 Register für die Einstellung des Power-Managements
    - 4.7.1 **SMCR** - **Sleep Mode Control Register**
    - 4.7.2 **PRR** - **Power Reduction Register**

# AVR-8-bit-Mikrocontroller

## Gruppe 100 - Technologie der AVR-8-bit-Mikrocontroller

### Teil 109 - SPI

#### Teil 105 - Systemsteuerung und RESET

##### 5 Systemsteuerung und RESET

- 5.1 Rücksetzen des AVR
- 5.2 Die verschiedenen RESETS
  - 5.2.1 Power ON Reset
  - 5.2.2 Externer Reset
  - 5.2.3 Brown Out Erkennung - Internal Voltage Reference
  - 5.2.4 Watchdog System Reset - Watchdog Timer
- 5.3 Register für die Einstellung des Power-Managements
  - 5.3.1 **MCUSR** - **M**icro **C**ontroller **U**nit **S**tatus **R**egister
  - 5.3.2 **WDTCR** - **W**atchdog **T**imer **C**ontrol **R**egister

#### Teil 106 - Interrupt-Vektoren

##### 6 Die Interrupt-Vektoren

- 6.1 Das Konzept
- 6.2 Die Interrupt-Vektoren des **ATmega88**
- 6.3 Externe Interrupts
- 6.4 Register für die Steuerung der Interrupts
  - 6.4.1 **MCUCR** - **M**CU **C**ontrol **R**egister
  - 6.4.2 **EICRA** - **E**xternal **I**nterrupt **C**ontrol **R**egister **A**
  - 6.4.3 **EIMSK** - **E**xternal **I**nterrupt **M**aSK **R**egister
  - 6.4.4 **EIFR** - **E**xternal **I**nterrupt **F**lag **R**egister
  - 6.4.5 **PCICR** - **P**in **C**hange **I**nterrupt **C**ontrol **R**egister
  - 6.4.6 **PCIFR** - **P**in **C**hange **I**nterrupt **F**lag **R**egister
  - 6.4.7 **PCMSK2** - **P**in **C**hange **M**aSK **R**egister **2**
  - 6.4.8 **PCMSK1** - **P**in **C**hange **M**aSK **R**egister **1**
  - 6.4.9 **PCMSK0** - **P**in **C**hange **M**aSK **R**egister **0**

#### Teil 107 - I/O Ports

##### 7 Die Ein-/Ausgabeports (I/O-Ports)

- 7.1 Überblick
- 7.2 Ports zur allgemeinen Ein- und Ausgabe
- 7.3 Alternative Funktionen der Port-Pins
  - 7.3.1 Alternative Funktionen von Port B
  - 7.3.2 Alternative Funktionen von Port C
  - 7.3.3 Alternative Funktionen von Port D
- 7.4 Register für die Steuerung der Interrupts
  - 7.4.1 **MCUCR** - **M**CU **C**ontrol **R**egister
  - 7.4.2 **PORTB** - **P**ORT **B** **D**ata **R**egister
  - 7.4.3 **DDRB** - **P**ort **B** **D**ata **D**irection **R**egister
  - 7.4.4 **PINB** - **P**ort **B** **I**nput **P**INs **A**ddress
  - 7.4.5 **PORTC** - **P**ORT **C** **D**ata **R**egister
  - 7.4.6 **DDRC** - **P**ort **C** **D**ata **D**irection **R**egister
  - 7.4.7 **PINC** - **P**ort **C** **I**nput **P**INs **A**ddress **ss**
  - 7.4.8 **PORTD** - **P**ORT **D** **D**ata **R**egister
  - 7.4.9 **DDRD** - **P**ort **D** **D**ata **D**irection **R**egister
  - 7.4.10 **PIND** - **P**ort **D** **I**nput **P**INs **A**ddress

#### Teil 108 - PWM

##### 8 Timer/Counter, Prescaler und Pulsweiten-Modulation (PWM)

- 8.1 Einleitung
- 8.2 **8-bit** Timer/Counter**0** mit PWM
  - 8.2.1 Überblick
  - 8.2.2 Counter Unit
  - 8.2.3 Output Compare Unit
  - 8.2.4 Compare Match Output Unit
  - 8.2.5 Operations-Modi
  - 8.2.6 Zeit-Diagramme
  - 8.2.7 Register für die Steuerung der Timer/Counter**0**
    - 8.2.7.1 **TCCR0A** - **T**imer/**C**ounter**0** **C**ontrol **R**egister **A**
    - 8.2.7.2 **TCCR0B** - **T**imer/**C**ounter**0** **C**ontrol **R**egister **B**

# AVR-8-bit-Mikrocontroller

## Gruppe 100 - Technologie der AVR-8-bit-Mikrocontroller

### Teil 109 - SPI

- 8.2.7.3 **TCNT0** - Timer/CouNTER0 Register
- 8.2.7.4 **OCR0A** - Output Compare Register A vom Timer/Counter0
- 8.2.7.5 **OCR0B** - Output Compare Register B vom Timer/Counter0
- 8.2.7.6 **TIMSK0** - Timer/Counter0 Interrupt MaSK Register
- 8.2.7.7 **TIFR0** - Timer/Counter0 Interrupt Flag Register
- 8.3 **16-bit** Timer/Counter1 mit PWM
  - 8.3.1 Überblick
  - 8.3.2 Zugriff auf **16-bit** Register
  - 8.3.3 Counter Unit
  - 8.3.4 Input Capture Unit
  - 8.3.5 Output Compare Units
  - 8.3.6 Compare Match Output Unit
  - 8.3.7 Operations-Modi
  - 8.3.8 Zeit-Diagramme
  - 8.3.9 Register für die Steuerung der Timer/Counter1
    - 8.3.9.1 **TCCR1A** - Timer/Counter1 Control Register A
    - 8.3.9.2 **TCCR1B** - Timer/Counter1 Control Register B
    - 8.3.9.3 **TCCR1C** - Timer/Counter1 Control Register C
    - 8.3.9.4 **TCNT1H** und **TCNT1L** - Timer/CouNTER1
    - 8.3.9.5 **OCR1AH** und **OCR1AL** - Output Compare Register 1 A (Low/High)
    - 8.3.9.6 **OCR1BH** und **OCR1BL** - Output Compare Register 1 B (Low/High)
    - 8.3.9.7 **ICR1H** und **ICR1L** - Input Capture Register 1 (Low/High)
    - 8.3.9.8 **TIMSK1** - Timer/Counter1 Interrupt Mask Register
    - 8.3.9.9 **TIFR1** - Timer/Counter1 Interrupt Flag Register
- 8.4 Prescaler für Timer/Counter0 und Timer/Counter1
  - 8.4.1 **GTCCR** - General Timer/Counter Control Register
- 8.5 **8-bit** Timer/Counter2 mit PWM und asynchronen Operationen
  - 8.5.1 Überblick
  - 8.5.2 Counter Unit
  - 8.5.3 Output Compare Unit
  - 8.5.4 Compare Match Output Unit
  - 8.5.5 Operations-Modi
  - 8.5.6 Zeit-Diagramme
  - 8.5.7 Asynchrone Operation von Timer/Counter2
  - 8.5.8 Timer/Counter Prescaler
  - 8.5.9 Register für die Steuerung der Timer/Counter2
    - 8.5.9.1 **TCCR2A** - Timer/Counter2 Control Register 2 A
    - 8.5.9.2 **TCCR2B** - Timer/Counter2 Control Register 2 B
    - 8.5.9.3 **TCNT2** - Timer/CouNTER2 Register
    - 8.5.9.4 **OCR2A** - Output Compare Register A vom Timer/Counter2
    - 8.5.9.5 **OCR2B** - Output Compare Register B vom Timer/Counter2
    - 8.5.9.6 **TIMSK2** - Timer/Counter2 Interrupt MaSK Register
    - 8.5.9.7 **TIFR2** - Timer/Counter2 Interrupt Flag Register
    - 8.5.9.8 **ASSR** - ASynchronous Status Register
    - 8.5.9.9 **GTCCR** - General Timer/Counter Control Register

### Teil 109 - SPI

- 9 Das Serial Peripheral Interface (SPI)
  - 9.1 Überblick
  - 9.2 Funktionalität des Slave Select Pins
  - 9.3 Daten-Modi
  - 9.4 Register für die Steuerung des SPI
    - 9.4.1 **SPCR** - SPI Control Register
    - 9.4.2 **SPSR** - SPI Status Register
    - 9.4.3 **SPDR** - SPI Daten Register

### Teil 110 - USART

- 10 Der universelle synchrone/asynchrone serielle Receiver und Transmitter (USART)
  - 10.1 **USART0**
    - 10.1.1 Überblick
    - 10.1.2 Erzeugung des Taktes

# AVR-8-bit-Mikrocontroller

## Gruppe 100 - Technologie der AVR-8-bit-Mikrocontroller

### Teil 109 - SPI

- 10.1.3 Formate der Signale
- 10.1.4 Initialisierung des USART
- 10.1.5 Daten senden - USART Transmitter
- 10.1.6 Daten empfangen - USART Receiver
- 10.1.7 Asynchrone Datenübertragung
- 10.1.8 Kommunikations-Modus im Multi-Processing
- 10.1.9 Register für die Steuerung des USART
  - 10.1.9.1 **UDRn** - USART I/O Daten Register n
  - 10.1.9.2 **UCSRnA** - USART Control und Status Register n A
  - 10.1.9.3 **UCSRnB** - USART Control und Status Register n B
  - 10.1.9.4 **UCSRnC** - USART Control und Status Register n C
  - 10.1.9.5 **UBRRnL** und **UBRRnH** - USART Baud Rate Register n (Low/High)
- 10.2 USART im SPI-Modus
  - 10.2.1 Überblick
  - 10.2.2 Erzeugung des Taktes
  - 10.2.3 SPI-Daten-Modi und Zeitsteuerung
  - 10.2.4 Formate der Signale
  - 10.2.5 Datenübertragung
  - 10.2.6 AVR USART **MSPIM** (Master SPI Mode) im Vergleich mit AVR SPI
  - 10.2.7 Register für die Steuerung des USART im SPI-Modus
    - 10.1.7.1 **UDRn** - USART MSPIM I/O Daten Register n
    - 10.1.7.2 **UCSRnA** - USART MSPIM Control und Status Register n A
    - 10.1.7.3 **UCSRnB** - USART MSPIM Control und Status Register n B
    - 10.1.7.4 **UCSRnC** - USART MSPIM Control und Status Register n C
    - 10.1.7.5 **UBRRnL** und **UBRRnH** - USART Baud Rate Register n (Low/High)

### Teil 111 - TWI

- 11 Das Serielle Interface für die 2-Draht-Übertragung (TWI)
  - 11.1 TWI-Bus-Definition
  - 11.2 Datentransfer und Formate der Signale
  - 11.3 Multi-Master - Bus-Systeme, Vermittlung und Synchronisation
  - 11.4 Überblick über die TWI-Module
  - 11.5 Gebrauch des TWI
  - 11.6 Datenübertragung
  - 11.7 Multi-Master-System
  - 11.8 Register für die Steuerung des TWI
    - 11.8.1 **TWBR** - TWI Bit Rate Register
    - 11.8.2 **TWCR** - TWI Control Register
    - 11.8.3 **TWSR** - TWI Status Register
    - 11.8.4 **TWDR** - TWI Daten Register
    - 11.8.5 **TWAR** - TWI (Slave) Address Register
    - 11.8.6 **TWAMR** - TWI (Slave) Address Mask Register

### Teil 112 - Analog-Komparator

- 12 Der Analog-Komparator
  - 12.1 Überblick
  - 12.2 Multiplexed Input
  - 12.3 Register für die Steuerung des AC
    - 12.3.1 **ADCSRB** - ADC Control und Status Register B
    - 12.3.2 **ACSR** - Analog Comparator Control und Status Register
    - 12.3.3 **DIDR1** - Digital Input Disable Register 1

### Teil 113 - ADC

- 13 Der Analog-Digital-Umsetzer (ADC)
  - 13.1 Überblick
  - 13.2 Start einer Umsetzung
  - 13.3 Takt-Steuerung (Prescaling und Conversion)
  - 13.4 Auswahl des Kanals und der Referenz-Spannung
  - 13.5 ADC-Rausch-Unterdrückung
  - 13.6 ADC-Ergebnis
  - 13.7 Register für die Steuerung des ADC

**AVR-8-bit-Mikrocontroller**  
**Gruppe 100 - Technologie der AVR-8-bit-Mikrocontroller**  
**Teil 109 - SPI**

- 13.7.1 **ADMUX** - **ADC MUltipleXer Selection Register**
- 13.7.2 **ADCSRA** - **ADC Control und Status Register A**
- 13.7.3 **ADCL** und **ADCH** - **ADC Data Register (Low/High)**
- 13.7.4 **ADCSRB** - **ADC Control und Status Register B**
- 13.7.5 **DIDR0** - **Digital Input Disable Register 0**

### **Teil 114 - Bootloader**

#### 14 Bootloader-Unterstützung

- 14.1 Überblick
- 14.2 Applikationsbereich und Bootloader-Flash-Bereich
- 14.3 **RWW** - **Read While Write** und **No Read While Write**
- 14.4 Bootloader Lock-Bits
- 14.5 Laden des Bootloader-Programms
- 14.6 Flash-Adressierung während des Self Programming Mode
- 14.7 Self Programming des Flash-Speichers
- 14.8 Register für die Steuerung des Bootloaders
  - 14.8.1 **SPMCSR** - **Store Program Memory Control und Status Register**

### **Teil 115 - Speicher-Programmierung**

#### 15 Speicher-Programmierung

- 15.1 Lock Bits im Lock Bit Byte (Lock Bit Protection Modes)
- 15.2 Fuse Bits
  - 15.2.1 Extended Fuse Byte
  - 15.2.2 Fuse High Byte
  - 15.2.3 Fuse Low Byte
- 15.3 Signature Bytes
- 15.4 Calibration Byte
- 15.5 Parallel (High Voltage) Programming
- 15.6 Serial Programming

**AVR-8-bit-Mikrocontroller**  
**Gruppe 100 - Technologie der AVR-8-bit-Mikrocontroller**  
**Teil 109 - SPI**

**IN BEARBEITUNG**

9 Das Serial Peripheral Interface (SPI)

9.1 Überblick

9.2 Funktionalität des Slave Select Pins

9.3 Daten-Modi

9.4 Register für die Steuerung des SPI

9.4.1 **SPCR** - **SPI Control Register**

9.4.2 **SPSR** - **SPI Status Register**

9.4.3 **SPDR** - **SPI Daten Register**