

Microcontroller Teil 2 Programmieren der Pins

DI (FH) Andreas Pötscher

HTL Litec

Special-Function-Register (SFRs) sind im Microcontroller das Bindeglied zwischen CPU und Peripherie. Mit ihnen lassen sich nicht nur GPIO-Pins programmieren, sondern auch z.B: der Analog-Digitalwandler des ATmega2560, die seriellen Schnittstellen, usw. Damit SFRs im C-Programm verwendet werden können, muss folgender Header inkludiert werden:

```
#include <avr/io.h>
```

Für jeden GPIO-Port existieren drei Special-Function-Register. Für Port L beispielsweise heißen diese drei Register.

DDRL

PORTL

PINL

Special-Function-Register für GPIO-Pins

- ▶ Jedes dieser Register beinhaltet acht voneinander unabhängige Bits.

Special-Function-Register für GPIO-Pins

- ▶ Jedes dieser Register beinhaltet acht voneinander unabhängige Bits.
- ▶ Jedes Bit ist für einen Pin dieses Ports zuständig.

Special-Function-Register für GPIO-Pins

- ▶ Jedes dieser Register beinhaltet acht voneinander unabhängige Bits.
- ▶ Jedes Bit ist für einen Pin dieses Ports zuständig.
- ▶ Das dritte Bit von DDRL ist also für die Einstellung von PL3 zuständig.

- ▶ Jedes dieser Register beinhaltet acht voneinander unabhängige Bits.
- ▶ Jedes Bit ist für einen Pin dieses Ports zuständig.
- ▶ Das dritte Bit von DDRL ist also für die Einstellung von PL3 zuständig.
- ▶ Im weiteren Verlauf werden die Register DDRn, PORTn und PINn bezeichnet.
Wobei n für den Port steht.

Hexadezimal System

- ▶ Zu programmieren der SFRs wird meist eine Hexadezimalzahl verwendet.

Hexadezimal System

- ▶ Zu programmieren der SFRs wird meist eine Hexadezimalzahl verwendet.
- ▶ Diese haben die Basis 16. Also einen Zahlenraum von 0 bis F(15).

Hexadezimal System

- ▶ Zu programmieren der SFRs wird meist eine Hexadezimalzahl verwendet.
- ▶ Diese haben die Basis 16. Also einen Zahlenraum von 0 bis F(15).
- ▶ Das hat den Vorteil, dass mit einer Stelle genau 4 Bit beschrieben werden können.

Hexadezimal System

- ▶ Zu programmieren der SFRs wird meist eine Hexadezimalzahl verwendet.
- ▶ Diese haben die Basis 16. Also einen Zahlenraum von 0 bis F(15).
- ▶ Das hat den Vorteil, dass mit einer Stelle genau 4 Bit beschrieben werden können.
- ▶ Ein 8Bit Register kann also mit einer zweistelligen hex Zahl beschrieben werden.

Hexadezimal System

- ▶ Zu programmieren der SFRs wird meist eine Hexadezimalzahl verwendet.
- ▶ Diese haben die Basis 16. Also einen Zahlenraum von 0 bis F(15).
- ▶ Das hat den Vorteil, dass mit einer Stelle genau 4 Bit beschrieben werden können.
- ▶ Ein 8Bit Register kann also mit einer zweistelligen hex Zahl beschrieben werden.
- ▶ Wobei die erste Stelle die höherwertigen 4 Bits darstellt und die zweite Stelle die 4 niederwertigsten Bits.

Hexadezimal System

- ▶ Zu programmieren der SFRs wird meist eine Hexadezimalzahl verwendet.
- ▶ Diese haben die Basis 16. Also einen Zahlenraum von 0 bis F(15).
- ▶ Das hat den Vorteil, dass mit einer Stelle genau 4 Bit beschrieben werden können.
- ▶ Ein 8Bit Register kann also mit einer zweistelligen hex Zahl beschrieben werden.
- ▶ Wobei die erste Stelle die höherwertigen 4 Bits darstellt und die zweite Stelle die 4 niederwertigsten Bits.
- ▶ Im Code wird um Hexadezimal Zahlen darzustellen die Vorsilbe 0x verwendet.

Hexadezimal System (Beispiel)

Es sollen die Bits 0, 3 und 5 (auf den Wert 1) gesetzt werden.

► //Stelle 7654 3210

Hexadezimal System (Beispiel)

Es sollen die Bits 0, 3 und 5 (auf den Wert 1) gesetzt werden.

- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ //Binär 0010 1001

Hexadezimal System (Beispiel)

Es sollen die Bits 0, 3 und 5 (auf den Wert 1) gesetzt werden.

- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ //Binär 0010 1001
- ▶ //Wertigkeit 8421 8421

Hexadezimal System (Beispiel)

Es sollen die Bits 0, 3 und 5 (auf den Wert 1) gesetzt werden.

- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ //Binär 0010 1001
- ▶ //Wertigkeit 8421 8421
- ▶ //Dezimal 2 9

Hexadezimal System (Beispiel)

Es sollen die Bits 0, 3 und 5 (auf den Wert 1) gesetzt werden.

- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ //Binär 0010 1001
- ▶ //Wertigkeit 8421 8421
- ▶ //Dezimal 2 9
- ▶ //Hex 0x2 9

Hexadezimal System (Beispiel)

Es sollen die Bits 0, 3 und 5 (auf den Wert 1) gesetzt werden.

- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ //Binär 0010 1001
- ▶ //Wertigkeit 8421 8421
- ▶ //Dezimal 2 9
- ▶ //Hex 0x2 9
- ▶ DDRA = 0x29;

Hexadezimal System (Beispiel 2)

Es sollen die Bits 0, 2, 3, 5 und 7 (auf den Wert 1) gesetzt werden.

► //Stelle 7654 3210

Hexadezimal System (Beispiel 2)

Es sollen die Bits 0, 2, 3, 5 und 7 (auf den Wert 1) gesetzt werden.

- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ //Binär 1010 1101

Hexadezimal System (Beispiel 2)

Es sollen die Bits 0, 2, 3, 5 und 7 (auf den Wert 1) gesetzt werden.

- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ //Binär 1010 1101
- ▶ //Wertigkeit 8421 8421

Hexadezimal System (Beispiel 2)

Es sollen die Bits 0, 2, 3, 5 und 7 (auf den Wert 1) gesetzt werden.

- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ //Binär 1010 1101
- ▶ //Wertigkeit 8421 8421
- ▶ //Dezimal 10 13

Hexadezimal System (Beispiel 2)

Es sollen die Bits 0, 2, 3, 5 und 7 (auf den Wert 1) gesetzt werden.

- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ //Binär 1010 1101
- ▶ //Wertigkeit 8421 8421
- ▶ //Dezimal 10 13
- ▶ //Hex 0xA D

Hexadezimal System (Beispiel 2)

Es sollen die Bits 0, 2, 3, 5 und 7 (auf den Wert 1) gesetzt werden.

- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ //Binär 1010 1101
- ▶ //Wertigkeit 8421 8421
- ▶ //Dezimal 10 13
- ▶ //Hex 0xA D
- ▶ DDRA = 0xAD;

- ▶ Die acht Bits des DDRn-Registers bestimmen, ob die 8 GPIO-Pins des Ports „n“ Ein- oder Ausgänge sind.

- ▶ Die acht Bits des DDRn-Registers bestimmen, ob die 8 GPIO-Pins des Ports „n“ Ein- oder Ausgänge sind.
- ▶ Ist ein Bit auf 1, so ist der zugehörige GPIO-Pin ein Ausgang.

Das DDRn Register

- ▶ Die acht Bits des DDRn-Registers bestimmen, ob die 8 GPIO-Pins des Ports „n“ Ein- oder Ausgänge sind.
- ▶ Ist ein Bit auf 1, so ist der zugehörige GPIO-Pin ein Ausgang.
- ▶ Ist ein Bit auf 0, so ist der zugehörige GPIO-Pin ein Eingang.

Das DDRn Register

- ▶ Die acht Bits des DDRn-Registers bestimmen, ob die 8 GPIO-Pins des Ports „n“ Ein- oder Ausgänge sind.
- ▶ Ist ein Bit auf 1, so ist der zugehörige GPIO-Pin ein Ausgang.
- ▶ Ist ein Bit auf 0, so ist der zugehörige GPIO-Pin ein Eingang.
- ▶ Das DDRn Register hat den Initialwert 0x00. Es sind also alle GPIOs Eingänge.

Welche GPIO-Pins von Port B sind nach folgendem Befehl Eingänge, und welche Ausgänge?

- ▶ DDRB = 0xA3;

Welche GPIO-Pins von Port B sind nach folgendem Befehl Eingänge, und welche Ausgänge?

- ▶ DDRB = 0xA3;
- ▶ //Stelle 7654 3210

Welche GPIO-Pins von Port B sind nach folgendem Befehl Eingänge, und welche Ausgänge?

- ▶ DDRB = 0xA3;
- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ //Wertigkeit 8421 8421

Welche GPIO-Pins von Port B sind nach folgendem Befehl Eingänge, und welche Ausgänge?

- ▶ DDRB = 0xA3;
- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ //Wertigkeit 8421 8421
- ▶ //Hex 0xA 3

Welche GPIO-Pins von Port B sind nach folgendem Befehl Eingänge, und welche Ausgänge?

- ▶ DDRB = 0xA3;
- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ //Wertigkeit 8421 8421
- ▶ //Hex 0xA 3
- ▶ //Dezimal 10 3

DDRn Register (Beispiel)

Welche GPIO-Pins von Port B sind nach folgendem Befehl Eingänge, und welche Ausgänge?

- ▶ DDRB = 0xA3;
- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ //Wertigkeit 8421 8421
- ▶ //Hex 0xA 3
- ▶ //Dezimal 10 3
- ▶ //Binär 1010 0011

DDRn Register (Beispiel)

Welche GPIO-Pins von Port B sind nach folgendem Befehl Eingänge, und welche Ausgänge?

- ▶ DDRB = 0xA3;
- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ //Wertigkeit 8421 8421
- ▶ //Hex 0xA 3
- ▶ //Dezimal 10 3
- ▶ //Binär 1010 0011
- ▶ Da die Bits Nr. 7, 5, 1 und 0 im DDRB-Register auf eins gesetzt wurden, sind die GPIO-Pins PB7, PB5, PB1 und PB0 Ausgänge.

Das PORTn-Register

- ▶ Auch bei diesem Register ist jedes Bit für den korrespondierenden GPIO-Pin „zuständig“.

Das PORTn-Register

- ▶ Auch bei diesem Register ist jedes Bit für den korrespondierenden GPIO-Pin „zuständig“.
- ▶ Allerdings haben die Bits in einem PORTn-Register eine Doppelfunktion, je nachdem, ob die zugehörigen GPIO-Pins Ein- oder Ausgänge sind

Das PORTn-Register

- ▶ Auch bei diesem Register ist jedes Bit für den korrespondierenden GPIO-Pin „zuständig“.
- ▶ Allerdings haben die Bits in einem PORTn-Register eine Doppelfunktion, je nachdem, ob die zugehörigen GPIO-Pins Ein- oder Ausgänge sind
- ▶ Ist ein GPIO-Pin ein Ausgang, so gibt eine 0 im zugehörigen Bit des PORTn-Registers einen Low-Pegel (0 Volt) an diesem Ausgangspin aus. Ein 1-Bit im PORTn-Register gibt einen High-Spannungspiegel (5 Volt) am Ausgangspin aus.

Das PORTn-Register

- ▶ Auch bei diesem Register ist jedes Bit für den korrespondierenden GPIO-Pin „zuständig“.
- ▶ Allerdings haben die Bits in einem PORTn-Register eine Doppelfunktion, je nachdem, ob die zugehörigen GPIO-Pins Ein- oder Ausgänge sind
- ▶ Ist ein GPIO-Pin ein Ausgang, so gibt eine 0 im zugehörigen Bit des PORTn-Registers einen Low-Pegel (0 Volt) an diesem Ausgangspin aus. Ein 1-Bit im PORTn-Register gibt einen High-Spannungspiegel (5 Volt) am Ausgangspin aus.
- ▶ Wenn ein GPIO-Pin ein Eingang ist, so aktiviert bzw. deaktiviert das zugehörige Bit im PORTn-Register den internen pullup-Widerstand des Eingangspins. Mit einem auf 1 gesetzten Bit im PORTn-Register wird der zugehörige interne pullup-Widerstand aktiviert, mit einem auf 0 gesetzten Bit hingegen deaktiviert.

PORTn-Register (Beispiel)

Was bewirken die beiden folgenden Befehle?

- ▶ `DDRD = 0xF0;`

PORTn-Register (Beispiel)

Was bewirken die beiden folgenden Befehle?

- ▶ DDRD = 0xF0;
- ▶ PORTD = 0xCC;

PORTn-Register (Beispiel)

Was bewirken die beiden folgenden Befehle?

- ▶ DDRD = 0xF0;
- ▶ PORTD = 0xCC;
- ▶ //Stelle 7654 3210

PORTn-Register (Beispiel)

Was bewirken die beiden folgenden Befehle?

- ▶ DDRD = 0xF0;
- ▶ PORTD = 0xCC;
- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ DDRD = 0xF0; //1111 0000

PORTn-Register (Beispiel)

Was bewirken die beiden folgenden Befehle?

- ▶ DDRD = 0xF0;
- ▶ PORTD = 0xCC;
- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ DDRD = 0xF0; //1111 0000
- ▶ PORTD = 0xCC; //1100 1100

PORTn-Register (Beispiel)

Was bewirken die beiden folgenden Befehle?

- ▶ DDRD = 0xF0;
- ▶ PORTD = 0xCC;
- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ DDRD = 0xF0; //1111 0000
- ▶ PORTD = 0xCC; //1100 1100
- ▶ PD7 und PD6 -> Ausgänge mit High Pegel (5V)

PORTn-Register (Beispiel)

Was bewirken die beiden folgenden Befehle?

- ▶ DDRD = 0xF0;
- ▶ PORTD = 0xCC;
- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ DDRD = 0xF0; //1111 0000
- ▶ PORTD = 0xCC; //1100 1100
- ▶ PD7 und PD6 -> Ausgänge mit High Pegel (5V)
- ▶ PD5 und PD4 -> Ausgänge mit Low Pegel (0V)

PORTn-Register (Beispiel)

Was bewirken die beiden folgenden Befehle?

- ▶ DDRD = 0xF0;
- ▶ PORTD = 0xCC;
- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ DDRD = 0xF0; //1111 0000
- ▶ PORTD = 0xCC; //1100 1100
- ▶ PD7 und PD6 -> Ausgänge mit High Pegel (5V)
- ▶ PD5 und PD4 -> Ausgänge mit Low Pegel (0V)
- ▶ PD3 und PD2 -> Eingänge mit internem Pull-Up

PORTn-Register (Beispiel)

Was bewirken die beiden folgenden Befehle?

- ▶ DDRD = 0xF0;
- ▶ PORTD = 0xCC;
- ▶ //Stelle 7654 3210
- ▶ DDRD = 0xF0; //1111 0000
- ▶ PORTD = 0xCC; //1100 1100
- ▶ PD7 und PD6 -> Ausgänge mit High Pegel (5V)
- ▶ PD5 und PD4 -> Ausgänge mit Low Pegel (0V)
- ▶ PD3 und PD2 -> Eingänge mit internem Pull-Up
- ▶ PD1 und PD0 -> Eingänge ohne internem Pull-Up

PORTn-Register (Praktisches Beispiel)

Beispiel Bringen Sie die 3 LEDs zum leuchten.

- ▶ Bits dieser Register werden von der GPIO-Peripherie auf null oder eins gesetzt, und der Wert dieser Register wird im C-Programm eingelesen.

Das PINn-Register

- ▶ Bits dieser Register werden von der GPIO-Peripherie auf null oder eins gesetzt, und der Wert dieser Register wird im C-Programm eingelesen.
- ▶ Die Peripherie liest den Spannungspegel am Eingang ein und schreibt dementsprechend eine 0 oder 1 in das dementsprechende Bit im PINn Register.

Das PINn-Register

- ▶ Bits dieser Register werden von der GPIO-Peripherie auf null oder eins gesetzt, und der Wert dieser Register wird im C-Programm eingelesen.
- ▶ Die Peripherie liest den Spannungspegel am Eingang ein und schreibt dementsprechend eine 0 oder 1 in das dementsprechende Bit im PINn Register.
- ▶ Damit können z.B. Taster eingelesen werden.

Das PINn-Register (Beispiel)

Der Pin PC6 wird mit einem Taster und einem externen pullup-Widerstand beschaltet. Im Programm soll der Anweisungsblock einer if-Verzweigung nur dann ausgeführt werden, wenn der Taster gedrückt ist. Wie lautet der entsprechende if-Befehl?

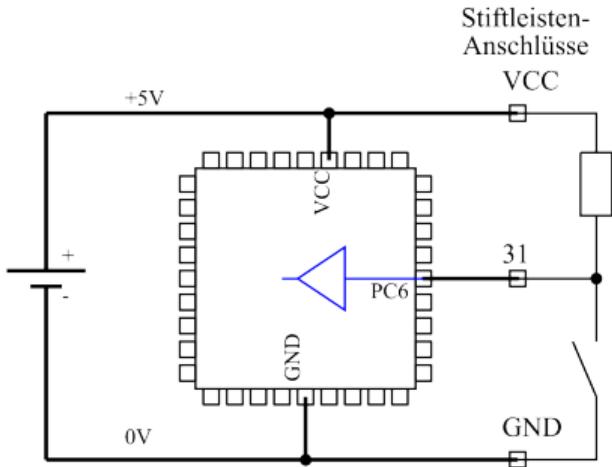


Figure 1: Taster an AVR Mikrocontroller mit pull-up Widerstand

Das PINn-Register (Beispiel)

Als erstes werden alle Bits des PINC-Registers ausmaskiert, mit Ausnahme des Bits Nr. 6. Dieses Ausmaskieren erfolgt mit einer bitweisen UND-Verknüpfung mit dem Bitmuster 0x40. Dieses Bitmuster enthält lauter Nullen, nur in Bit Nr. 6 ist eine Eins.

- ▶ Falls der Taster nicht gedrückt ist, ist Bit Nr. 6 im PINC-Register eins:

Das PINn-Register (Beispiel)

Als erstes werden alle Bits des PINC-Registers ausmaskiert, mit Ausnahme des Bits Nr. 6. Dieses Ausmaskieren erfolgt mit einer bitweisen UND-Verknüpfung mit dem Bitmuster 0x40. Dieses Bitmuster enthält lauter Nullen, nur in Bit Nr. 6 ist eine Eins.

- ▶ Falls der Taster nicht gedrückt ist, ist Bit Nr. 6 im PINC-Register eins:
- ▶ PINC ?1?? ????

Das PINn-Register (Beispiel)

Als erstes werden alle Bits des PINC-Registers ausmaskiert, mit Ausnahme des Bits Nr. 6. Dieses Ausmaskieren erfolgt mit einer bitweisen UND-Verknüpfung mit dem Bitmuster 0x40. Dieses Bitmuster enthält lauter Nullen, nur in Bit Nr. 6 ist eine Eins.

- ▶ Falls der Taster nicht gedrückt ist, ist Bit Nr. 6 im PINC-Register eins:
- ▶ PINC ?1?? ????
▶ 0x40 0100 0000

Das PINn-Register (Beispiel)

Als erstes werden alle Bits des PINC-Registers ausmaskiert, mit Ausnahme des Bits Nr. 6. Dieses Ausmaskieren erfolgt mit einer bitweisen UND-Verknüpfung mit dem Bitmuster 0x40. Dieses Bitmuster enthält lauter Nullen, nur in Bit Nr. 6 ist eine Eins.

- ▶ Falls der Taster nicht gedrückt ist, ist Bit Nr. 6 im PINC-Register eins:
- ▶ PINC ?1?? ????
 0100 0000
- ▶ 0x40 0100 0000
- ▶ PINC & 0x40 0100 0000

Das PINn-Register (Beispiel)

Als erstes werden alle Bits des PINC-Registers ausmaskiert, mit Ausnahme des Bits Nr. 6. Dieses Ausmaskieren erfolgt mit einer bitweisen UND-Verknüpfung mit dem Bitmuster 0x40. Dieses Bitmuster enthält lauter Nullen, nur in Bit Nr. 6 ist eine Eins.

- ▶ Falls der Taster nicht gedrückt ist, ist Bit Nr. 6 im PINC-Register eins:
 - ▶ PINC ?1?? ????
0x40 0100 0000
 - ▶ PINC & 0x40 0100 0000
- ▶ Falls der Taster gedrückt ist, ist Bit Nr. 6 im PINC-Register null:

Das PINn-Register (Beispiel)

Als erstes werden alle Bits des PINC-Registers ausmaskiert, mit Ausnahme des Bits Nr. 6. Dieses Ausmaskieren erfolgt mit einer bitweisen UND-Verknüpfung mit dem Bitmuster 0x40. Dieses Bitmuster enthält lauter Nullen, nur in Bit Nr. 6 ist eine Eins.

- ▶ Falls der Taster nicht gedrückt ist, ist Bit Nr. 6 im PINC-Register eins:
 - ▶ PINC ?1?? ????
0x40 0100 0000
 - ▶ PINC & 0x40 0100 0000
- ▶ Falls der Taster gedrückt ist, ist Bit Nr. 6 im PINC-Register null:
 - ▶ PINC ?0?? ????
0x40 0000 0000

Das PINn-Register (Beispiel)

Als erstes werden alle Bits des PINC-Registers ausmaskiert, mit Ausnahme des Bits Nr. 6. Dieses Ausmaskieren erfolgt mit einer bitweisen UND-Verknüpfung mit dem Bitmuster 0x40. Dieses Bitmuster enthält lauter Nullen, nur in Bit Nr. 6 ist eine Eins.

- ▶ Falls der Taster nicht gedrückt ist, ist Bit Nr. 6 im PINC-Register eins:
 - ▶ PINC ?1?? ????
▶ 0x40 0100 0000
▶ PINC & 0x40 0100 0000
 - ▶ Falls der Taster gedrückt ist, ist Bit Nr. 6 im PINC-Register null:
 - ▶ PINC ?0?? ????
▶ 0x40 0100 0000

Das PINn-Register (Beispiel)

Als erstes werden alle Bits des PINC-Registers ausmaskiert, mit Ausnahme des Bits Nr. 6. Dieses Ausmaskieren erfolgt mit einer bitweisen UND-Verknüpfung mit dem Bitmuster 0x40. Dieses Bitmuster enthält lauter Nullen, nur in Bit Nr. 6 ist eine Eins.

- ▶ Falls der Taster nicht gedrückt ist, ist Bit Nr. 6 im PINC-Register eins:
 - ▶ PINC ?1?? ????
 - ▶ 0x40 0100 0000
 - ▶ PINC & 0x40 0100 0000
- ▶ Falls der Taster gedrückt ist, ist Bit Nr. 6 im PINC-Register null:
 - ▶ PINC ?0?? ????
 - ▶ 0x40 0100 0000
 - ▶ PINC & 0x40 0000 0000

Zusammengefasst: Bei gedrücktem Taster liefert PINC & 0x40 als Ergebnis 0x00, bei nicht gedrücktem Taster ist das Ergebnis hingegen 0x40. Der Anweisungsblock der folgenden if-Verzweigung wird also nur bei gedrücktem Taster ausgeführt:

```
if((PINC & 0x40) == 0x00)
{
    //Button pressed ...
}
else
{
    //Button not pressed ...
}
```

Beispiel

- ▶ Wenn der Button gedrückt ist soll die gelbe LED leuchten.
- ▶ Wenn der Button nicht gedrückt ist die grüne LED.