

# MIKROKONTROLLER & I<sup>2</sup>C BUS



by AS

[www.boxtec.ch](http://www.boxtec.ch)

[playground.boxtec.ch/doku.php/tutorial](http://playground.boxtec.ch/doku.php/tutorial)

SPI mit dem Attiny 841  
Teil 2 - MCP23S17

SPI und der  
Attiny 841



## Copyright

Sofern nicht anders angegeben, stehen die Inhalte dieser Dokumentation unter einer „Creative Commons - Namensnennung-NichtKommerziell-Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 DE Lizenz“



## Sicherheitshinweise

Lesen Sie diese *Gebrauchsanleitung*, bevor Sie diesen Bausatz in Betrieb nehmen und bewahren Sie diese an einem für alle Benutzer jederzeit zugänglichen Platz auf. Bei Schäden, die durch Nichtbeachtung dieser Bedienungsanleitung verursacht werden, erlischt die *Gewährleistung / Garantie*. Für Folgeschäden übernehmen wir keine Haftung! Bei allen Geräten, die zu ihrem Betrieb eine elektrische Spannung benötigen, müssen die gültigen VDE-Vorschriften beachtet werden. Besonders relevant sind für diesen Bausatz die VDE-Richtlinien VDE 0100, VDE 0550/0551, VDE 0700, VDE 0711 und VDE 0860. Bitte beachten Sie auch nachfolgende Sicherheitshinweise:

- Nehmen Sie diesen Bausatz nur dann in Betrieb, wenn er zuvor berührungssicher in ein Gehäuse eingebaut wurde. Erst danach darf dieser an eine Spannungsversorgung angeschlossen werden.
- Lassen Sie Geräte, die mit einer Versorgungsspannung größer als 24 V- betrieben werden, nur durch eine fachkundige Person anschließen.
- In Schulen, Ausbildungseinrichtungen, Hobby- und Selbsthilfwerkstätten ist das Betreiben dieser Baugruppe durch geschultes Personal verantwortlich zu überwachen.
- In einer Umgebung in der brennbare Gase, Dämpfe oder Stäube vorhanden sind oder vorhanden sein können, darf diese Baugruppe nicht betrieben werden.
- Im Falle einer Reparatur dieser Baugruppe, dürfen nur Original-Ersatzteile verwendet werden! Die Verwendung abweichender Ersatzteile kann zu ernsthaften Sach- und Personenschäden führen. Eine Reparatur des Gerätes darf nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden.
- Spannungsführende Teile an dieser Baugruppe dürfen nur dann berührt werden (gilt auch für Werkzeuge, Messinstrumente o.ä.), wenn sichergestellt ist, dass die Baugruppe von der Versorgungsspannung getrennt wurde und elektrische Ladungen, die in den in der Baugruppe befindlichen Bauteilen gespeichert sind, vorher entladen wurden.
- Sind Messungen bei geöffnetem Gehäuse unumgänglich, muss ein Trenntrafo zur Spannungsversorgung verwendet werden
- Spannungsführende Kabel oder Leitungen, mit denen die Baugruppe verbunden ist, müssen immer auf Isolationsfehler oder Bruchstellen kontrolliert werden. Bei einem Fehler muss das Gerät unverzüglich ausser Betrieb genommen werden, bis die defekte Leitung ausgewechselt worden ist.
- Es ist auf die genaue Einhaltung der genannten Kenndaten der Baugruppe und der in der Baugruppe verwendeten Bauteile zu achten. Gehen diese aus der beiliegenden Beschreibung nicht hervor, so ist eine fachkundige Person hinzuzuziehen

## Bestimmungsgemäße Verwendung

- Auf keinen Fall darf 230 V~ Netzspannung angeschlossen werden. Es besteht dann Lebensgefahr!
- Dieser Bausatz ist nur zum Einsatz unter Lern- und Laborbedingungen konzipiert worden. Er ist nicht geeignet, reale Steuerungsaufgaben jeglicher Art zu übernehmen. Ein anderer Einsatz als angegeben ist nicht zulässig!
- Der Bausatz ist nur für den Gebrauch in trockenen und sauberen Räumen bestimmt.
- Wird dieser Bausatz nicht bestimmungsgemäß eingesetzt kann er beschädigt werden, was mit Gefahren, wie z.B. Kurzschluss, Brand, elektrischer Schlag etc. verbunden ist. Der Bausatz darf nicht geändert bzw. umgebaut werden!
- Für alle Personen- und Sachschäden, die aus nicht bestimmungsgemäßer Verwendung entstehen, ist nicht der Hersteller, sondern der Betreiber verantwortlich. Bitte beachten Sie, dass Bedien- und /oder Anschlussfehler außerhalb unseres Einflussbereiches liegen. Verständlicherweise können wir für Schäden, die daraus entstehen, keinerlei Haftung übernehmen.
- Der Autor dieses Tutorials übernimmt keine Haftung für Schäden. Die Nutzung der Hard- und Software erfolgt auf eigenes Risiko.

## Attiny 841 und SPI Teil 2 - MCP 23S17

In diesem Tut möchte ich euch die Portexpander aus der Familie MCP23xxx vorstellen.

### Was ist der MCP23S17?

Der MCP23S17 ist ein I/O Expander, der sich über die SPI-Schnittstelle ansteuern lässt. Er verfügt über insgesamt 16 I/O Ports, die sich frei programmieren lassen. Dabei werden jeweils 8 Ports über ein 8-Bit-Register konfiguriert bzw. angesteuert.

Der MCP23S17 ist die SPI-Variante des MCP23017, der über den I<sup>2</sup>C-Bus angesteuert wird.

### Welche Typen gehören zu dieser Familie?

- MCP 23 0 08 ( 8 Bit I<sup>2</sup>C Bus )
- MCP 23 0 09 ( 8 Bit I<sup>2</sup>C Bus )
- MCP 23 0 16 ( 16 Bit I<sup>2</sup>C Bus )
- MCP 23 0 17 ( 16 Bit I<sup>2</sup>C Bus )
- MCP 23 0 18 ( 16 Bit, I<sup>2</sup>C Bus )
- MCP 23 S 08 ( 8 Bit, SPI )
- MCP 23 S 09 ( 8 Bit, SPI )
- MCP 23 S 17 ( 16 Bit, SPI )
- MCP 23 S 18 ( 16 Bit, SPI )

Es kann noch andere Typen geben. Auf den Seiten der Händler im Internet habe ich diese Typen gefunden. Auf die Funktion anderer MCP 230xx werde ich in diesem Tut nicht eingehen.

### Welche Bauformen gibt es?

Bei den einzelnen Typen werden verschiedene Bauformen angegeben:

- SO 28
- SOIC 28
- SO 18
- DIP 28
- DIP 18
- QFN

### Welche Übertragungs Protokolle sind möglich?

- I<sup>2</sup>C Bus
- SPI

In diesem Tut werde ich mich vorrangig mit dem **MCP 23 S 17** (SPI) beschäftigen. In einem anderem Tut habe ich bereits die **MCP 23 008** (I<sup>2</sup>C) und **MCP 23 017** (I<sup>2</sup>C) vorgestellt.

### Absolute Maximalwerte (Nach Angabe im Datenblatt des Herstellers)

Umgebungstemperatur .....	-40°C bis +125°C
Lagertemperatur .....	-65°C bis +150°C
Spannung an V <sub>DD</sub> im Verhältnis zu V <sub>SS</sub> .....	-0,3V bis +5,5V
Gesamtverlustleistung (Hinweis) .....	700 mW
Maximaler Strom aus dem V <sub>SS</sub> -Pin .....	150 mA
Maximaler Strom in den V <sub>DD</sub> -Pin .....	125 mA
Maximaler Ausgangsstrom .....	25 mA

## Versorgungsspannung an $V_{DD}$

Spannung an  $V_{DD}$  im Verhältnis zu  $V_{SS}$

1,8V bis 5,0V

## Maximaler Strom durch den IC

Maximaler Strom

125 mA

## Maximaler Strom am GPIO

Maximaler Strom am GPIO (Maximaler Strom durch den IC beachten)

25 mA

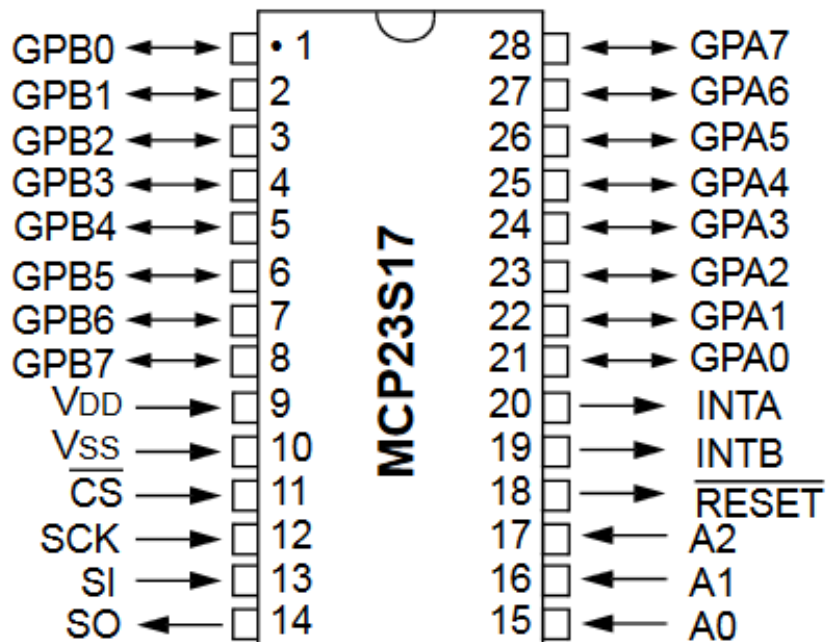
## Bauform und Belegung

### Port A

GPA 0 - Pin 21  
 GPA 1 - Pin 22  
 GPA 2 - Pin 23  
 GPA 3 - Pin 24  
 GPA 4 - Pin 25  
 GPA 5 - Pin 26  
 GPA 6 - Pin 27  
 GPA 7 - Pin 28

### Port B

GPB 0 - Pin 1  
 GPB 1 - Pin 2  
 GPB 2 - Pin 3  
 GPB 3 - Pin 4  
 GPB 4 - Pin 5  
 GPB 5 - Pin 6  
 GPB 6 - Pin 7  
 GPB 7 - Pin 8



(Auszug aus dem Datenblatt des Herstellers)

### Versorgungsspannung

$V_{DD}$  (+5V) - Pin 9  
 $V_{SS}$  (GND) - Pin 10

### Interrupt A / B

Int A - Pin 20  
 Int B - Pin 19

### Adressen

A0 - Pin 15  
 A1 - Pin 16  
 A2 - Pin 17

### SPI

CS - Pin 11 (SS)  
 SCK - Pin 12 (SCK)  
 SI - Pin 13 (MOSI)  
 SO - Pin 14 (MISO)

Reset - Pin 18

Je nach Hersteller oder Typ können die Bezeichnungen SS, SCK, MOSI und MISO auch anders bezeichnet werden.

## Belastung der GPIO

Nach Angabe im Datenblatt kann an jedem GPIO (Ausgangspin) ein maximaler Strom von 25 mA entnommen/geschaltet werden. Wenn alle 16 Ausgänge mit 20 mA LEDs beschaltet werden ergibt das einen Gesamtstrom von 320 mA. Damit wird der max. zulässige Gesamtstrom des IC von 125 (150) mA deutlich überschritten. Das kann zu einer Zerstörung des ICs führen. Wenn alle 16 GPIO mit LEDs beschaltet werden sollen ergibt sich die folgende Rechnung:

$$I_{LED} = 125 \text{ mA} \div 16 = (\text{max}) 7,8 \text{ mA}$$

Damit können die 20 mA LEDs nicht verwendet werden oder es müssen die Vorwiderstände entsprechend angepasst werden. Besser geeignet sind 2 mA LEDs.

Damit ergibt sich bei 16 LEDs ein Gesamtstrom von:

$$I_{\text{Ges}} = 2 \text{ mA} \times 16 = 32 \text{ mA}$$

Einen Strom von 32 mA verträgt der IC ohne Probleme.

### Welche Vorwiderstände müssen dabei verwendet werden?

Bei einer Spannung von +5V und LEDs mit ca. 2V ergibt sich folgende Rechnung:

$$R_{\text{vor}} = \frac{5V - 2V}{2 \text{ mA}} = \frac{3V}{0,002A} = 1500 \text{ Ohm}$$

Der Vorwiderstand je LED sollte einen Wert von mindestens 1,5 KOhm haben (oder grösser).

### Adressierung

Der MCP23S17 ist ein Slave-SPI-Gerät. Die Slave Adresse enthält vier feste Bits und drei benutzerdefinierte Hardware-Adressbits (falls über IOCON.HAEN aktiviert) (Pins A2, A1 und A0), wobei das Lese-/Schreibbit das das Steuerbyte. Abbildung 1-3 zeigt das Steuerbyte Format. Die Adresspins sollten extern vorgespannt werden auch wenn sie deaktiviert sind (IOCON.HAEN = 0).

### Adressierung beim MCP23S17

Im Datenblatt des Herstellers werden in dieser Tabelle die Adressen für den Bus angegeben

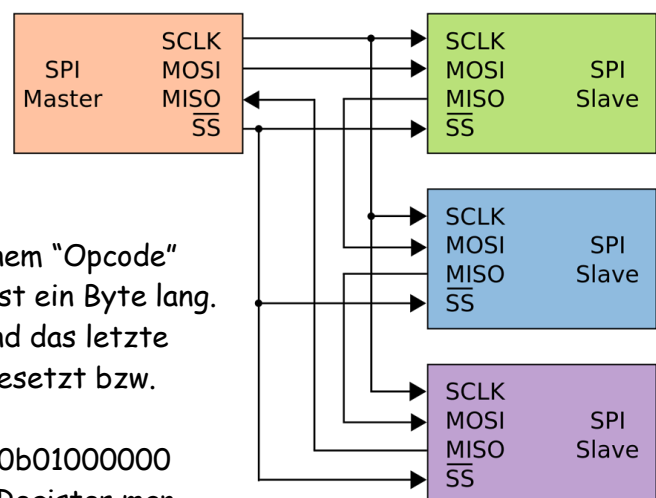
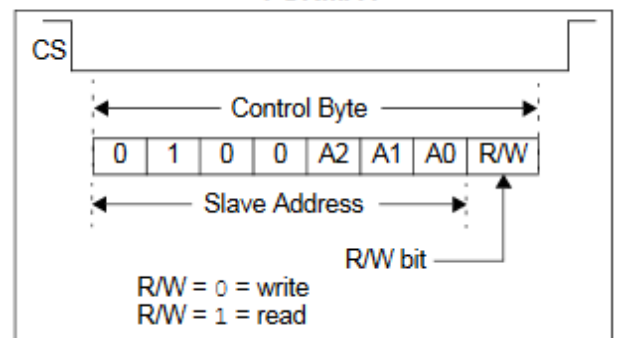
Die ersten 4 Bit der Adresse sind beim MCP23S17 unveränderbar (0b0100). Über die Pins A0, A1 und A3 können die letzten (niederwertigen) 3 Bit eingestellt werden.

Mit der Betriebsspannung (+5V) an einem Pin wird eine 1 an der entsprechenden Stelle gesetzt. Um eine 0 zu setzen, wird der entsprechende Pin auf Masse (GND) gelegt.

Normalerweise gibt es beim SPI-Bus keine Slaveadressen, wie beim I<sup>2</sup>C-Bus. Die Busteilnehmer (Slaves) werden jeweils über eine "chip select"-Leitung (SS) vom Master "angesprochen". Um beim MCP23S17 die Register zu beschreiben bzw. auszulesen, wird die Adresse allerdings in einem "Opcode" (operation code) verwendet. Dieser Opcode ist ein Byte lang. Die ersten 7 Bit entsprechen der Adresse und das letzte (niederwertigste) Bit wird zum Lesen auf 1 gesetzt bzw. zum Schreiben auf 0 gesetzt. Im Beispiel wird zum Schreiben der Opcode 0b01000000 verwendet. Lesen kann man den Inhalt eines Register man mit dem Opcode 0b01000001.

Durch die Auswahl der Adressen mit A0, A1 und A2 können beim MCP23S17 bis zu 8 ICs an einer SS Leitung betrieben werden.

FIGURE 1-3: SPI CONTROL BYTE FORMAT



## Wie erfolgt die Umschaltung der Adressen?

Um die Adressen nutzen zu können, muss erst im **IOCON** Register **HAEN** aktiviert werden. ( **Bit HAEN** ). Bis dahin sind die 3 Pins egal.

**REGISTER 1-6: IOCON – I/O EXPANDER CONFIGURATION REGISTER (ADDR 0x05)**

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0
BANK	MIRROR	SEQOP	DISSLW	HAEN	ODR	INTPOL	—
bit 7							bit 0

Wenn man nur einen **MCP23S17** verwendet, muss **IOCON.HAEN** nicht verändert werden. Werden mehrere **MCP23S17** im System verwendet und **IOCON.HAEN** ist nicht gesetzt, sprichst du immer alle Bausteine gleichzeitig an. Das ist sicherlich nicht das, was du dir im Endeffekt wünschst, z.B. einzelne Pins anzusprechen.

Außer du setzt beim **ERSTEN ZUGRIFF IOCON.HAEN** auf **1**. Dann kannst du **ab** dem Zeitpunkt alle MCP23S17 einzeln über ihre Adresse ansprechen.

Es sind die folgenden Adressen möglich: **000-0x40**, **001-0x42**, **010-0x44**, **011-0x46**, **100-0x48**, **101-0x4A**, **110-0x4C** und **111-0x4E** (beim lesen).

## Register

Der **MCP23S17** verfügt über **21** Register, wie in Tabelle 1-5 und Tabelle 1-6 dargestellt. Die beiden Tabellen zeigen die Registerzuordnung mit den beiden **BANK**-Bit Werten. Zehn Register sind mit **Port A** und zehn sind mit **Port B** verknüpft. Ein Register (**IOCON**) wird von den beiden Ports gemeinsam genutzt. Die **Port A**-Register sind identisch mit den Registern von **Port B**, daher werden sie ohne Unterscheidung zwischen den Portbezeichnungen Bezeichnung (d.h. sie werden nicht mit "A" oder "B" gekennzeichnet) zugewiesen) in den Registertabellen.

**TABLE 1-5: CONTROL REGISTER SUMMARY (IOCON.BANK = 1)**

Register Name	Address (hex)	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	POR/RST value
IODIRA	00	IO7	IO6	IO5	IO4	IO3	IO2	IO1	IO0	1111 1111
IPOLA	01	IP7	IP6	IP5	IP4	IP3	IP2	IP1	IP0	0000 0000
GPINTENA	02	GPINT7	GPINT6	GPINT5	GPINT4	GPINT3	GPINT2	GPINT1	GPINT0	0000 0000
DEFVALA	03	DEF7	DEF6	DEF5	DEF4	DEF3	DEF2	DEF1	DEF0	0000 0000
INTCONA	04	IOC7	IOC6	IOC5	IOC4	IOC3	IOC2	IOC1	IOC0	0000 0000
IOCON	05	BANK	MIRROR	SEQOP	DISSLW	HAEN	ODR	INTPOL	—	0000 0000
GPPUA	06	PU7	PU6	PU5	PU4	PU3	PU2	PU1	PU0	0000 0000
INTFA	07	INT7	INT6	INT5	INT4	INT3	INT2	INT1	INT0	0000 0000
INTCAPA	08	ICP7	ICP6	ICP5	ICP4	ICP3	ICP2	ICP1	ICP0	0000 0000
GPIOA	09	GP7	GP6	GP5	GP4	GP3	GP2	GP1	GP0	0000 0000
OLATA	0A	OL7	OL6	OL5	OL4	OL3	OL2	OL1	OL0	0000 0000
IODIRB	10	IO7	IO6	IO5	IO4	IO3	IO2	IO1	IO0	1111 1111
IPOLB	11	IP7	IP6	IP5	IP4	IP3	IP2	IP1	IP0	0000 0000
GPINTENB	12	GPINT7	GPINT6	GPINT5	GPINT4	GPINT3	GPINT2	GPINT1	GPINT0	0000 0000
DEFVALB	13	DEF7	DEF6	DEF5	DEF4	DEF3	DEF2	DEF1	DEF0	0000 0000
INTCONB	14	IOC7	IOC6	IOC5	IOC4	IOC3	IOC2	IOC1	IOC0	0000 0000
IOCON	15	BANK	MIRROR	SEQOP	DISSLW	HAEN	ODR	INTPOL	—	0000 0000
GPPUB	16	PU7	PU6	PU5	PU4	PU3	PU2	PU1	PU0	0000 0000
INTFB	17	INT7	INT6	INT5	INT4	INT3	INT2	INT1	INT0	0000 0000
INTCAPB	18	ICP7	ICP6	ICP5	ICP4	ICP3	ICP2	ICP1	ICP0	0000 0000
GPIOB	19	GP7	GP6	GP5	GP4	GP3	GP2	GP1	GP0	0000 0000
OLATB	1A	OL7	OL6	OL5	OL4	OL3	OL2	OL1	OL0	0000 0000

**TABLE 1-6: CONTROL REGISTER SUMMARY (IOCON.BANK = 0)**

Register Name	Address (hex)	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	POR/RST value
IODIRA	00	IO7	IO6	IO5	IO4	IO3	IO2	IO1	IO0	1111 1111
IODIRB	01	IO7	IO6	IO5	IO4	IO3	IO2	IO1	IO0	1111 1111
IPOLA	02	IP7	IP6	IP5	IP4	IP3	IP2	IP1	IP0	0000 0000
IPOLB	03	IP7	IP6	IP5	IP4	IP3	IP2	IP1	IP0	0000 0000
GPINTENA	04	GPINT7	GPINT6	GPINT5	GPINT4	GPINT3	GPINT2	GPINT1	GPINT0	0000 0000
GPINTENB	05	GPINT7	GPINT6	GPINT5	GPINT4	GPINT3	GPINT2	GPINT1	GPINT0	0000 0000
DEFVALA	06	DEF7	DEF6	DEF5	DEF4	DEF3	DEF2	DEF1	DEF0	0000 0000
DEFVALB	07	DEF7	DEF6	DEF5	DEF4	DEF3	DEF2	DEF1	DEF0	0000 0000
INTCONA	08	IOC7	IOC6	IOC5	IOC4	IOC3	IOC2	IOC1	IOC0	0000 0000
INTCONB	09	IOC7	IOC6	IOC5	IOC4	IOC3	IOC2	IOC1	IOC0	0000 0000
IOCON	0A	BANK	MIRROR	SEQOP	DISSLW	HAEN	ODR	INTPOL	—	0000 0000
IOCON	0B	BANK	MIRROR	SEQOP	DISSLW	HAEN	ODR	INTPOL	—	0000 0000
GPPUA	0C	PU7	PU6	PU5	PU4	PU3	PU2	PU1	PU0	0000 0000
GPPUB	0D	PU7	PU6	PU5	PU4	PU3	PU2	PU1	PU0	0000 0000
INTFA	0E	INT7	INT6	INT5	INT4	INT3	INT2	INT1	INT0	0000 0000
INTFB	0F	INT7	INT6	INT5	INT4	INT3	INT2	INT1	INT0	0000 0000
INTCAPA	10	ICP7	ICP6	ICP5	ICP4	ICP3	ICP2	ICP1	ICP0	0000 0000
INTCAPB	11	ICP7	ICP6	ICP5	ICP4	ICP3	ICP2	ICP1	ICP0	0000 0000
GPIOA	12	GP7	GP6	GP5	GP4	GP3	GP2	GP1	GP0	0000 0000
GPIOB	13	GP7	GP6	GP5	GP4	GP3	GP2	GP1	GP0	0000 0000
OLATA	14	OL7	OL6	OL5	OL4	OL3	OL2	OL1	OL0	0000 0000
OLATB	15	OL7	OL6	OL5	OL4	OL3	OL2	OL1	OL0	0000 0000

**IODIRA (IODIRB) - I/O direction register Port A (Port B) - 0x00 (0x01)**

**IODIRA (IODIRB) - E/A-Richtungsregister Anschluss A (Port B) - 0x00 (0x01)**

- 1: Konfiguration des Pins als input (default)
- 0: Konfiguration des Pins als output

**REGISTER 1-1: IODIR – I/O DIRECTION REGISTER (ADDR 0x00)**

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
IO7	IO6	IO5	IO4	IO3	IO2	IO1	IO0
bit 7							bit 0

Wenn ein Bit (1) gesetzt ist, wird der entsprechende Pin zu einem Eingang. Wenn ein Bit (0) gelöscht wird, wird der entsprechende Pin zu einem Ausgang.

**IPOLA (IPOLB) - Input polarity port register Port A (Port B) - 0x02 (0x03)**

**IPOLA (IPOLB) - Register der Eingangspolarität Port A (Port B) - 0x02 (0x03)**

- 1: invertiert die Eingangssignale
- 0: keine Invertierung (default)

**REGISTER 1-2: IPOL – INPUT POLARITY PORT REGISTER (ADDR 0x01)**

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
IP7	IP6	IP5	IP4	IP3	IP2	IP1	IP0
bit 7							bit 0

Mit diesem Register kann die Polarität der entsprechenden GPIO-Port-Bits zu konfigurieren werden. Wenn ein Bit gesetzt ist, wird das entsprechende GPIO-Registerbit den invertierten Wert des Pins wider.

1 = GPIO-Registerbit spiegelt den entgegengesetzten Zustand des Eingangsstifts wider.

0 = GPIO-Register-Bit spiegelt den gleichen logischen Zustand des Eingangsstifts wider.

**GPIOA (GPIOB) - General purpose I/O port register Port A (Port B) - 0x12 (0x13)**

**GPIOA (GPIOB) - Allgemeines E/A-Anschlussregister Anschluss A (Port B) - 0x12 (0x13)**

- 1: High-Signal am Pin
- 0: Low-Signal am Pin (default)

**REGISTER 1-10: GPIO – GENERAL PURPOSE I/O PORT REGISTER (ADDR 0x09)**

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
GP7	GP6	GP5	GP4	GP3	GP2	GP1	GP0
bit 7							bit 0

Das GPIO-Register spiegelt den Wert des Ports wider. Das Lesen aus diesem Register liest den Port. Das Schreiben in dieses Register modifiziert das Output Latch (OLAT) Register.

**OLATA (OLATB) - Output latch register Port A (Port B) - 0x14 (0x15)**

**OLATA (OLATB) - Ausgangs-Latch-Register Port A (Port B) - 0x14 (0x15)**

- 1: High-Signal
- 0: Low-Signal (default)

**REGISTER 1-11: OLAT – OUTPUT LATCH REGISTER 0 (ADDR 0x0A)**

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
OL7	OL6	OL5	OL4	OL3	OL2	OL1	OL0
bit 7							bit 0

Das OLAT-Register ermöglicht den Zugriff auf die Ausgangs Zwischenspeicher. Ein Lesevorgang aus diesem Register führt zu einem Lesevorgang des OLAT und nicht des Ports selbst. Ein Schreibzugriff auf dieses Register modifiziert die Ausgangslatches, die die als Ausgänge konfiguriert sind.

**GPINTEN A/B - Interrupt-on-change Pins (0x04/0x05)**

**GPINTEN A/B - Unterbrechung-bei-Änderung-Pins (0x04/0x05)**

- 1 = GPIO-Eingangspin für Interrupt-on-Change-Ereignis aktivieren.
- 0 = GPIO-Eingangspin für Interrupt-on-Change-Ereignis deaktivieren.

**REGISTER 1-3: GPINTEN – INTERRUPT-ON-CHANGE PINS (ADDR 0x02)**

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
GPINT7	GPINT6	GPINT5	GPINT4	GPINT3	GPINT2	GPINT1	GPINT0
bit 7							bit 0

Das GPINTEN-Register steuert die Interrupt-on-Change-Funktion für jeden Pin. Wenn ein Bit gesetzt ist, ist der entsprechende Pin für die Unterbrechung-bei-Änderung freigegeben. Die Register DEFVAL und INTCON Register müssen ebenfalls konfiguriert werden, wenn irgendwelche Pins für Interrupt-on-Change freigegeben sind.

**DEFVAL A/B - Default value register (0x06/0x07)**

**DEFVAL A/B - Vorgabewertregister (0x06/0x07)**

**REGISTER 1-4: DEFVAL – DEFAULT VALUE REGISTER (ADDR 0x03)**

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
DEF7	DEF6	DEF5	DEF4	DEF3	DEF2	DEF1	DEF0
bit 7							bit 0



Der Standard-Vergleichswert wird in dem Register DEFVAL-Register konfiguriert. Wenn (über GPINTEN und INTCON) zum Vergleich mit dem DEFVAL-Register aktiviert wird, führt ein ein entgegengesetzter Wert an dem zugehörigen Pin einen Interrupt ausgelöst.

## INTCON A/B - Interrupt-on-change control register (0x08/0x09)

### INTCON A/B - Steuerregister für Unterbrechung bei Änderung (0x08/0x09)

- 1 = Steuert, wie der Wert des zugehörigen Pins bei Interrupt-on-Change verglichen wird
- 0 = Pinwert wird mit dem vorherigen Pinwert verglichen.

#### REGISTER 1-5: INTCON – INTERRUPT-ON-CHANGE CONTROL REGISTER (ADDR 0x04)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
IOC7	IOC6	IOC5	IOC4	IOC3	IOC2	IOC1	IOC0
bit 7							bit 0

Das INTCON-Register steuert, wie der zugehörige Pin Wert für die Interrupt-on-change-Funktion verglichen wird. Wenn ein Bit gesetzt ist, wird der entsprechende I/O-Pin mit dem zugehörigen Bit im DEFVAL-Register verglichen. Wenn ein Bitwert gelöscht, wird der entsprechende E/A-Pin mit dem mit dem vorherigen Wert verglichen.

## GPPU A/B - GPIO Pull-up resistor register (0x0C/0x0D)

### GPPU A/B - GPIO-Pull-up-Widerstandsregister (0x0C/0x0D)

- 1 = Pull-up aktiviert
- 0 = Pull-up deaktiviert

#### REGISTER 1-7: GPPU – GPIO PULL-UP RESISTOR REGISTER (ADDR 0x06)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PU7	PU6	PU5	PU4	PU3	PU2	PU1	PU0
bit 7							bit 0

Das GPPU-Register steuert die Pull-up-Widerstände für die Port-Pins. Wenn ein Bit gesetzt ist und der entsprechende Pin als als Eingang konfiguriert ist, wird der entsprechende Port-Pin intern mit einem 100 kΩ-Widerstand hochgezogen.

## INTF A/B - Interrupt flag register (0x0E/0x0F)

### INTF A/B - Unterbrechungs-Flag-Register (0x0E/0x0F)

- 1 = Pin hat Interrupt ausgelöst
- 0 = Interrupt steht nicht an

#### REGISTER 1-8: INTF – INTERRUPT FLAG REGISTER (ADDR 0x07)

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
INT7	INT6	INT5	INT4	INT3	INT2	INT1	INT0
bit 7							bit 0

Das INTF-Register spiegelt den Interrupt-Zustand an den Portpins eines jeden Pins, der über das GPINTEN-Register für Interrupts GPINTEN-Register. Ein 'gesetztes' Bit zeigt an, dass der zugehörige Pin den Interrupt verursacht hat.

Dieses Register ist 'nur lesbar'. Schreibvorgänge in diesem Register werden ignoriert.

## INTCAP A/B - Interrupt captured value for port register (0x10/0x11)

### INTCAP A/B - Erfasster Interrupt-Wert für Port-Register (0x10/0x11)

- 1 = Logisch-hoch
- 0 = Logisch-niedrig

## REGISTER 1-9: INTCAP – INTERRUPT CAPTURED VALUE FOR PORT REGISTER (ADDR 0x08)

R-x	R-x	R-x	R-x	R-x	R-x	R-x	R-x
ICP7	ICP6	ICP5	ICP4	ICP3	ICP2	ICP1	ICP0
bit 7							bit 0

Das INTCAP-Register speichert den Wert des GPIO-Ports zum Zeitpunkt des Auftretens des Interrupts. Das Register ist 'read nur' und wird nur aktualisiert, wenn ein Interrupt auftritt. Das Register bleibt unverändert, bis die Unterbrechung durch ein Lesen von INTCAP oder GPIO gelöscht wird.

### IOCON - Configuration register (0x0A/0x0B)

### IOCON - Konfigurationsregister (0x0A/0x0B)

## REGISTER 1-6: IOCON – I/O EXPANDER CONFIGURATION REGISTER (ADDR 0x05)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0
BANK	MIRROR	SEQOP	DISSLW	HAEN	ODR	INTPOL	—
bit 7							bit 0

Das IOCON-Register enthält mehrere Bits zur Konfiguration des Geräts:

Das **BANK-Bit** ändert, wie die Register abgebildet werden (siehe Tabelle 1-5 und Tabelle 1-6 für weitere Details).

- Wenn BANK = 1 ist, werden die Register, die mit jedem Port zugeordneten Register getrennt. Register, die mit PORTA zugeordnet sind, werden von Adresse 00h - 0Ah abgebildet und Register, die mit PORTB verbunden sind, werden abgebildet von 10h - 1Ah.

- Ist BANK = 0, sind die A/B-Register gepaart.

Für Beispiel: IODIRA wird auf Adresse 00h abgebildet und IODIRB wird auf die nächste Adresse abgebildet (Adresse 01h). Die Zuordnung für alle Register ist von 00h - 15h.

Es ist wichtig, beim Ändern des BANK-Bits vorsichtig zu sein da sich die Adresszuordnung ändert, nachdem das Byte in das Gerät getaktet wird. Der Adresszeiger kann auf eine ungültige Stelle zeigen, nachdem das Bit geändert wurde.

Wenn das Gerät zum Beispiel so konfiguriert ist, dass es automatisch seinen internen Adresszeiger zu erhöhen, würde das folgende Szenario eintreten:

- BANK = 0

- Schreiben Sie 80h an Adresse 0Ah (IOCON), um das BANK-Bit

- Sobald der Schreibvorgang abgeschlossen ist, zeigt die interne Adresse nun auf 0Bh, was eine ungültige Adresse ist wenn das BANK-Bit gesetzt ist.

Aus diesem Grund ist es ratsam, nur Byte-Schreibvorgänge in dieses Register durchzuführen, wenn das BANK-Bit geändert wird.

Das **MIRROR-Bit** steuert, wie die Pins INTA und INTB im Verhältnis zueinander funktionieren.

- Wenn MIRROR = 1 ist, werden die INTn-Pins funktionell OR'ed, so dass ein Interrupt an einem der beiden Ports beide Pins aktiviert werden.

- Wenn MIRROR = 0 ist, sind die INT-Stifte getrennt.

Unterbrechungsbedingungen an einem Anschluss führen zur Aktivierung des jeweiligen INT-Pin aktiviert.

Die Sequentielle Operation (**SEQOP**) steuert die Inkrementierungsfunktion des Adresszeigers. Wenn der Adresszeiger deaktiviert ist, wird der Adresszeiger nicht automatisch nach jedem getakteten Byte während einer seriellen Übertragung. Diese Funktion ist

nützlich, wenn es gewünscht wird ein Register kontinuierlich abfragen (lesen) oder zu ändern (schreiben).

Das Slew Rate (**DISSLW**) Bit steuert die Slew Rate Funktion am SDA-Pin. Wenn es aktiviert ist, wird die SDA-Anstiegsrate kontrolliert, wenn sie von High auf Low wechselt.

Das Hardware Address Enable (**HAEN**) Bit aktiviert/ deaktiviert die Hardware-Adressierung nur beim MCP23S17. Die Adreßpins (A2, A1 und A0) müssen extern vorgespannt sein, unabhängig vom Wert des HAEN-Bits.

Wenn es aktiviert ist (**HAEN = 1**), entspricht die Hardware-Adresse des Geräts mit den Adressstiften überein.

Wenn sie deaktiviert ist (**HAEN = 0**), ist die Hardware-Adresse des Geräts  $A2 = A1 = A0 = 0$ .

Das Open-Drain (**ODR**) Steuerbit aktiviert/deaktiviert den INT-Pin für die Open-Drain-Konfiguration. Das Löschen dieses Bits setzt das **INTPOL**-Bit außer Kraft.

Die Unterbrechungspolarität (**INTPOL**) legt die Polarität des INT-Pins. Dieses Bit ist nur funktionsfähig, wenn das **ODR-Bit** gelöscht ist, wodurch der INT-Pin als aktiver Gegentakt konfiguriert wird.

**Bit 7 BANK: Steuert, wie die Register adressiert werden**

1 = Die zu jedem Anschluss gehörenden Register sind in verschiedene Bänke aufgeteilt

0 = Die Register befinden sich in der gleichen Bank (Adressen sind sequentiell)

**Bit 6 MIRROR: INT-Pins-Spiegelungsbit**

1 = Die INT-Pins sind intern verbunden

0 = Die INT-Pins sind nicht verbunden. INTA ist mit PortA und INTB ist mit PortB verbunden

**Bit 5 SEQOP: Sequentieller Betriebsmodus-Bit**

1 = Sequentieller Betrieb deaktiviert, der Adresszeiger wird nicht inkrementiert.

0 = Sequentieller Betrieb aktiviert, Adresszeiger erhöht sich.

**Bit 4 DISSLW: Slew Rate-Steuerbit für den SDA-Ausgang**

1 = Anstiegsrate deaktiviert.

0 = Anstiegsrate aktiviert.

**Bit 3 HAEN: Hardware-Adressfreigabe-Bit (nur MCP23S17)**

1 = Aktiviert die MCP23S17-Adresspins.

0 = Deaktiviert die MCP23S17-Adresspins.

**Bit 2 ODR: Dieses Bit konfiguriert den INT-Pin als Open-Drain-Ausgang**

1 = Open-Drain-Ausgang (übersteuert das INTPOL-Bit).

0 = Aktiver Treiberausgang (das INTPOL-Bit legt die Polarität fest).

**Bit 1 INTPOL: Dieses Bit legt die Polarität des INT-Ausgangsstifts fest**

1 = Aktiv-hoch.

0 = Aktiv-unten.

**Bit 0 Nicht implementiert: Wird als '0' gelesen.**

### Einschalt-Reset (POR)

Der On-Chip-POR-Schaltkreis hält das Gerät im Reset, bis  $V_{DD}$  eine ausreichend hohe Spannung erreicht hat, um die POR-Schaltung zu deaktivieren (d.h. das Gerät aus dem Reset zu entlassen). Bei jedem Startvorgang wird ein Reset ausgeführt.

Alle Daten und Einstellungen wurden dem Datenblatt des Herstellers entnommen. Dabei wurden nicht alle Einstellungen genannt. Für eine genaue Übersicht bitte das Datenblatt zum MCP23S17 verwenden.

Einige Teile des Textes wurden zur besseren Übersicht farblich gestaltet.

Die Nutzung erfolgt auf eigenes Risiko.

Ich wünsche viel Spaß beim Bauen und programmieren

Achim

[myroboter@web.de](mailto:myroboter@web.de)

<https://hw101.tbs1.de/mcp23s17/>

<https://forum-raspberrypi.de/attachment/13575-pimeup-mcp23s17-pdf/>

<https://forum-raspberrypi.de/attachment/13576-pimeup-mcp23s17-teil-2-pdf/>

<https://wolles-elektronikkiste.de/mcp23x1y-portexpander>

<https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/20001952c.pdf>

Mein besonderer Dank gilt Herrn Erik Bartmann für die Erlaubnis, dass ich seine Beispiele benutzen darf.