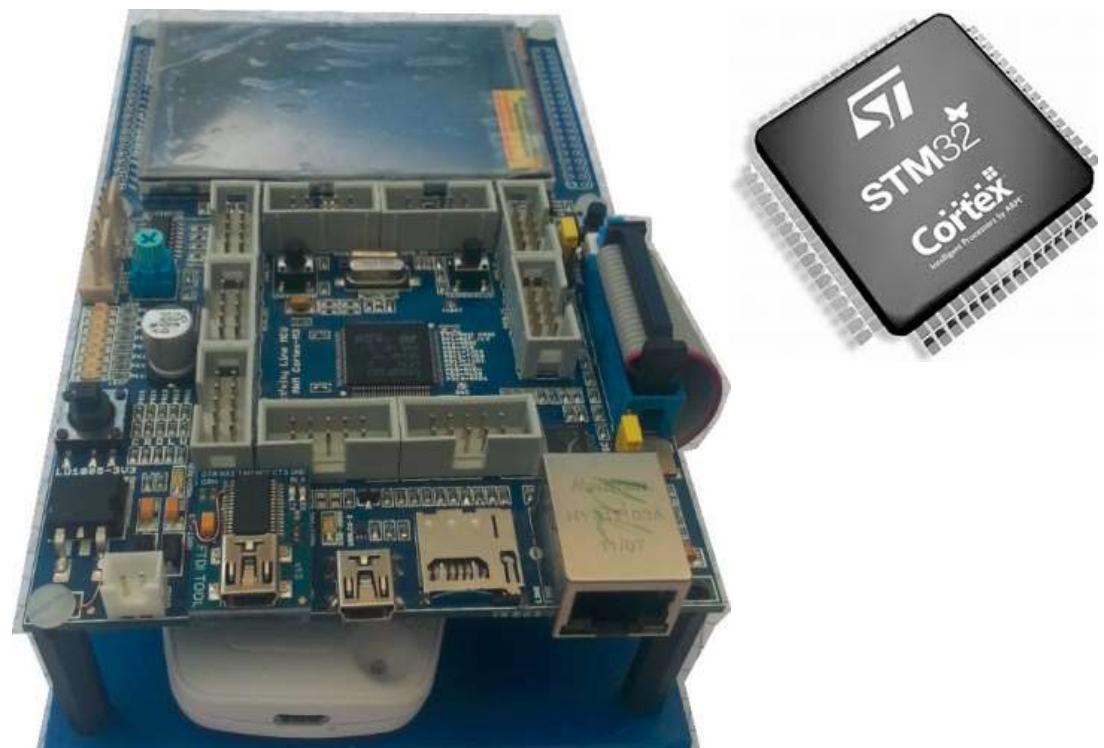


Mikrocontrollerprogrammierung in C

Einführung MCB32



MCB32 - Embedded Programmierung Grundlagen

Version: 2109.01

1 Inhaltsverzeichnis

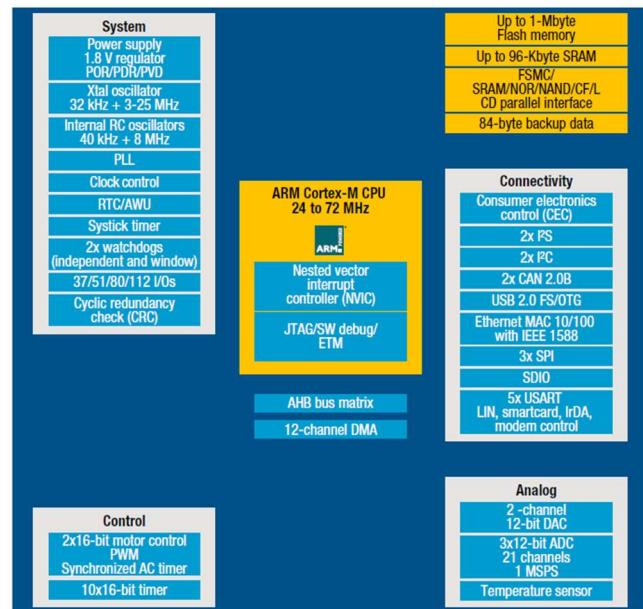
1	Inhaltsverzeichnis	2
2	Die Hardware	4
2.1	ARM Architektur	4
3	Bit - Manipulationen / Bit - Operationen	5
3.1	Zusammenfassung Bit-Operatoren	6
3.1.1	Kombinierte Zuweisungen zur Erinnerung	6
4	Fragen rund um Operatoren	7
5	Basis-E/A	8
5.1	Das erste Programm mit dem MCB32	8
5.2	Aufgaben INOUT	8
5.3	Beispiel zu Bitmanipulation	9
6	Aufgaben Bitman: Eingabe Port P0, Ausgabe Port P1	10
6.1	Bitman1: Wechselblinker High/Low-Nibble	10
6.1.1	Lösung Bitman1	10
6.2	Bitman2: Einzelbit-Blinker	10
6.3	Bitman3: Einzelbit-Blinker mit Funktion Port1	10
6.4	Bitman4: Logikschaltung	10
6.5	Bitman5: Logikschaltung, Lösung mit bit-Zwischenvariablen	10
6.6	Bitman6: 2-Bit-Komparator	11
6.7	Bitman7: D-Flipflop	11
6.8	Bitman8: Lauflicht Links-Rechts	11
6.9	Bitman9: Lauflicht Start-Stop, Links-Rechts, Speed	11
6.10	Datentypen, Operationen in 'C' für Kontroller MCB32	12
6.10.1	Datentypen	12
6.10.2	Operationen und Portzuweisungen	12
7	Verzögerungen und Laufzeiten im µC-Board MCB32	13
8	Einbit- Definitionen, -Variablen und -Operationen	14
9	Programmstrukturen in 'C' für Kontroller	15
9.1	Define Statement und "Header file" für MCB32	16
9.1.1	#define	16
9.1.2	Konfigurationsfile ...stm32f10x_cl.h	16
10	Anhang Entprellen und Flankendetektion in C	17
10.1	Einleitung	17
10.1.1	Entprellen	17
10.1.2	Flankenerkennung	17
11	Anhang Aufbau Mikrocontrollerboards MCB32	18
11.1	Port 1 als Hardware	19
11.1.1	Schema / Beschaltung Port 1	19
11.1.2	Basis Struktur eines IO-Standard Pins	20
11.2	Übersicht GPIO auf 10pol Steckern	24
11.3	Port-Stecker-Pinbelegung Port E	24
11.4	Button 0 und Button1	25
11.5	Einsatz MCB32	25
12	Anhang: Projekt mit IDE von KEIL aufsetzen	26
12.1	Neues Projekt einrichten mit Keil µVision 5	26
12.2	Weitere Projekt- und Prozessor (Target)-Einstellungen	27
13	Anhang: Umstellung von C51-Code auf ARM32-Code	31
13.1	Wichtig für das Funktionieren neuer Projekte	31
14	Anhang Touchscreen Kontrolle am µC-Board MCB32	32
15	Anhang Anschlüsse am µC-Board MCB32	33
16	Anhang Debuggen	34
16.1	Methodik des Debuggens (entlaufen)	34
16.2	Verfolgen des Programmlaufs	35
16.3	Überprüfen der Daten	35
16.4	Programmtest durch Zielsystemdebugging	36

16.5	Anhang: Debuggen mit Jtag Interface ST Link V2	37
16.5.1	DEBUG FLASH DOWNLOAD.....	38
17	Anhang ARM M3	39
17.1	Blockschema	39
18	Anhang Code Beispiele	40
19	Anhang: Referenzen	41
20	Anhang Literaturverzeichnis und Links	41
21	Anhang Wichtige Dokumente	41

2 Die Hardware

Hier eine vereinfachte Übersicht:

- CPU mit ARM 32-bit M3-Cortex
- 72MHz Maximum Freq.
- 256kByte Flash Speicher
- 64KByte SRAM.
- Vielfältiger Timer Block mit 32kHz Oszillator:
- Komplexe Timer Unit.
- 16Bit Motor PWM Timer
- 2 Watchdog Timers
- SysTick Timer: 24Bit Down-Counter.
- LowPower Sleep Modus.
- 2 x 12-bit D/A-Konverter.
- 2 x 12Bit, 1 μ s A/D Konverter (16 Kanäle) mit S/H.
- Temperatur Sensor.
- Bis zu 80 schnelle I/O-Ports. CRC Unit und
- 96-Bit UID.
- 2 * I2C Interface, 3 * SPI und 5 USARTs.
- CAN und Ethernet Interface sowie USB-Controller.



2.1 ARM Architektur

Die ARM-Architektur ist ein ursprünglich 1983 vom britischen Computerunternehmen Acorn entwickeltes 32-Bit-Mikroprozessor-Design, das seit 1990 von der aus Acorn ausgelagerten Firma ARM Limited weiterentwickelt wird. ARM steht für Advanced RISC Machines. Obwohl der Name außerhalb der IT-Fachwelt wenig bekannt ist, gehören Chips dieses Typs weltweit zu den meistverbreiteten Mikroprozessoren. (Wiki)

Das Unternehmen ARM Limited stellt keine eigenen Elektronikchips her, sondern vergibt unterschiedliche Lizenzen an Halbleiterhersteller. Fast alle derzeitigen Smartphones und Tablet-Computer benutzen einen oder mehrere lizenzierte ARM-Prozessoren, darunter das Apple iPhone und die meisten Geräte der Galaxy-Serie von Samsung.

Der beim MCB32 verwendetet Prozessor Cortex-M3 ist ein Modell aus der Architektur-Familie ARMv7. Diese Architektur wurde ab 2004 eingeführt. Das M beim M3 steht für Mikrocontroller-Core.

Herzstück des Cortex-M3-Prozessors ist der M3-Kern mit dreistufiger Pipeline, basierend auf der **Harvard-Architektur**. Das heisst zwei getrennte Bussysteme (und zwei getrennte Speicher) zum Laden von Daten und Befehlen. Der Prozessor kann gleichzeitig sowohl Daten als auch Befehle lesen (bzw. Daten in den Speicher zurückschreiben). Mehr Information siehe auch Anhang.

3 Bit - Manipulationen / Bit – Operationen

Wir benötigen für die Manipulation von Bits Operatoren. Siehe nächste Seite.

Bit setzen: Für jedes zu setzende Bit muss die Maske eine **1** haben!

OR

Bit löschen: Für jedes zu löschen Bit muss die Maske eine haben!

Wert	0 0 0 0	1 1 1 1
Maske	0 0 0 1	0 0 1 0
Wert & Maske =		

Bit invertieren: Für jedes zu invertierende Bit muss die Maske eine **1** haben!

Wert	0 0 0 0	1 1 1 1
Maske	0 0 0 1	0 0 1 0
Wert \wedge Maske =		

Bit testen: Für jedes zu testende Bit muss die Maske eine **1** haben!

Wert	0 0 0 0	1 1 1 1
Maske	0 0 0 0	0 0 1 0
Wert & Maske =		

Beispiele: Blink = Blink ; Lower-Nibble kippen

if ((Schalter 3₍₀₎) ein) ; Wenn Schalter 3₍₀₎ ein

while ((Schalter 6₍₀₎ aus) : Solange Schalter 6₍₀₎ aus

Alarm = Alarm : Alarmbit 7₍₀₎ Ein

Control = Control : Heizungsbit 3₍₀₎ Aus

Wichtig: $3_{(0)}$ die (0) deutet an dass die Zählung der Schalter bei 0 beginnt.

Also ist Schalter 3 der 4te Schalter. Der 3te Schalter belegt das 2^3 Bit eines 8Bit Ports.

3.1 Zusammenfassung Bit-Operatoren

Operator	Bezeichnung	Beispiel	
		unsigned int a = 0xBC; /* 188 = 1011'1100 */ unsigned int b = 0x89; /* 137 = 1000'1001 */ unsigned int c = 0;	
&	AND ; log. UND	c = a & b; /* 88 = 1000'1000 */	
&=	AND ; log. UND	a &= b wird zu a = a & b	
	OR ; log. ODER	c = a b /* 189 = 1011'1101 */	
=	OR ; log. ODER	a = b wird zu a = a b	
^	XOR ; log. Exclusiv-ODER	c = a ^ b; /* 53 = 0011'0101 */	
~	Einerkomplement ¹	c = ~a; /* 43 = 0100'0011 */	

Aufpassen bei Shift Operationen:

left shift (<<) werden 0 nachgeschoben

right shift (>>) werden bei **unsigned** 0 und bei **signed** das Vorzeichen (0 oder 1) nachgeschoben (immer prüfen)

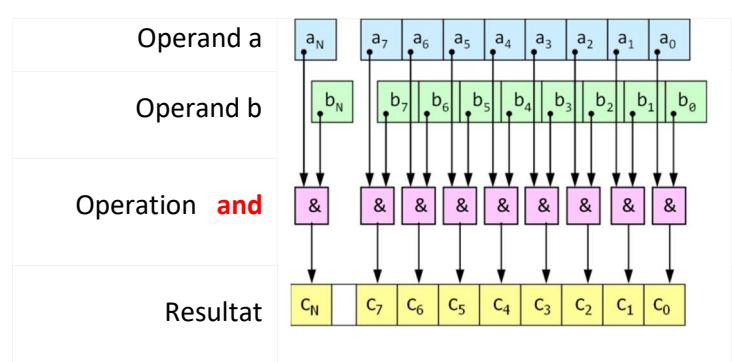
<<	Shift Left ; Linksschieben	c=a << 0x02;; /* 240 = 1111'0000 */
>>	Shift Right ; Rechtsschieben	c=a >> 0x02;; /* 47 = 0010'1111 */
<<=	Shift Left ; Linksschieben	a <<= 0x02;; /* a = 240 = 1111'0000 */
>>=	Shift Right ; Rechtsschieben	a >>= 0x02;; /* a = 47 = 0010'1111 */

Bemerkung:

a << b	Enstpricht a * 2 ^b	Integer-Multiplikation mit 2er Potenz
a >> b	Enstpricht a / 2 ^b	Integer-Division durch 2er Potenz

Folgendes Beispiel zeigt die Operation AND

[1]:



3.1.1 Kombinierte Zuweisungen zur Erinnerung

Kombinierte Zuweisungen setzen sich aus einer Zuweisung (=) und einer anderen Operation zusammen.

Der Operand a += b wird zu a = a + b erweitert.

Es existieren folgende kombinierte Zuweisungen:

+= , -=, *=, /=, %=, &=, |=, ^=, <<=, >>=

¹ Das Einerkomplement, auch (B-1)-Komplement,[1] ist eine arithmetische Operation, die im Dualsystem angewendet wird. Dabei werden alle Ziffern bzw. Bits einer Dualzahl invertiert, das heisst: Aus 0 wird 1 und umgekehrt. Die Operation wird auch als bitweise Negation bezeichnet. [Wiki]

4 Fragen rund um Operatoren

Anaylsiere folgendes Beispiel: **Welche** Bedingung ist OK, welche schlechter Stil und welche fehlerhaft [1]

```
#include <stdio.h>
int main (void)
{
    int i1, i2;                      // zwei Variablen mit irgendwelchen Werten
    i1 = 4;                          // Wert setzen
    i2 = 2;
    //
    if ((i1 != 0) && (i2 != 0)) { printf("Beide sind nicht Null #1\n"); }
    //
    if (i1 && i2) { printf("Beide sind nicht Null #2\n"); }
    //
    if (i1 & i2) { printf("Beide sind nicht Null #3\n"); }
    return 0;
}
```

5 Basis-E/A

5.1 Das erste Programm mit dem MCB32

```
/*
// Titel      : Ein-Ausgabe MCB32
// Datei     : P0P1Touch.c
// Erstellt   : 12.7.14 / rma
// Funktion   : Schalterstellungen am Eingabeport P0 lesen
//               und an Ausgabeport P1 (LED) ausgeben
//-----*/
#include <stm32f10x.h>           // Mikrocontrollertyp
#include "TouchP0P1.h"             // Library mit P0-, P1-Definition

int main(void)                   // Hauptprogramm
{
    InitTouchP0P1("1");          // Touchscreen aktiv (siehe Anhang für Erklärung)
    while(1)                     // Endlosschlaufe
    {
        P1 = P0;                 // Portdurchschaltung. Die Eingänge P0 (Schalter)
        // werde auf die Ausgänge P1 (LED) geschaltet
    }
}
```

Wichtig: Bei der Erstellung eines neuen Projektes im Schulbereich, also Vorbereitung für 8Bit-Programme „Elektroniker“ mit Port P0, P1 und Touchscreen ist folgendes zu beachten.

5.2 Aufgaben INPUT

Kopieren Sie in jedes neue Projektverzeichnis diesen zwei Library-Dateien:

- **TouchP0P1.h**
- **TouchP0P1.lib**

InOut1 Geben Sie das obige Programm ein und testen Sie es.

InOut2 Erweitern Sie das Programm so, dass der eingelesene Wert vor der Ausgabe invertiert wird und wählen Sie dazu eine:

- a) arithmetische Operation
- b) logische Operation

Hinweis: Mit logischen Operationen können im Bereich eines Bytes einzelne Bits gesetzt (1), gelöscht (0), invertiert ($0 \leftrightarrow 1$) und auf ihren Zustand getestet werden.

Die logischen Operationen verknüpfen Bit für Bit mit OR, AND, EXOR.

InOut3 Mithilfe der folgenden Verzögerungsschleife (als Unterprogramm codiert)

```
delay1()
void delay1()
{
    long td;
    for (td =12000; td>0; td--);
```

sind folgende Programme zu realisieren (Ausgabe an P1) und zu testen

- a) Binärzähler 0 .. 255
- b) Lauflicht
- c) Blinker

5.3 Beispiel zu Bitmanipulation

```
-----  
// Titel      : Einbit Ein-Ausgabe und Verarbeitung MCB32  
// Datei      : 0405_bitman.c  
// Erstellt   : xx.xx.20xx /Mal  
// Funktion   : Zeigt das Lesen und Schreiben einzelner  
//               Portbits und die logischen Operationen  
-----  
  
#include <stm32f10x.h>          // Mikrocontrollertyp  
#include "TouchP0P1.h"           // Library mit P0-, P1-Definition  
  
/* definiere IN-Output Bits für Ein und Ausgabe */  
#define E0      P0_0            // Eingabeport P0_x  
#define E1      P0_1            // Eingabeport P0_x  
#define A0      P1_0            // Ausgabeport P1_x  
#define A1      P1_1            //  
#define Alarm   P1_2            //  
char bTemp = 0;                 // Beliebige Bitvariable via Char  
long ltvar = 0;                //  
int main (void)                // Hauptprogramm  
{  
    InitTouchP0P1 ("1");        // Touch aktiv, Horizontal gedreht, LSB rechts  
    while(1)                   // Endlosschleife  
    {  
        A0 = 1;                // Konstante Ausgabe 0/1  
        Alarm = 1;              // Konstante Ausgabe 0/1  
        A1 = E1;                // Bitdurchschaltung  
        A1 = !E1;               // Invertieren  
        A1 = E0 & E1;           // bitweise AND-Verknüpfung  
        A1 = E0 | E1;           // bitweise OR-Verknüpfung  
        A1 = E0 ^ E1;           // bitweise EXOR-Verknüpfung  
        /* Fragen zum beantworten */  
        A0 = (E0==0);           // Z1  
        while (!E1);             // Z2  
        if ((P0 & 8)==0) {A1 = 1;} // Z3  
        P1 = P0 | 128;           // Z4  
        for (ltvar=120000; ltvar>0; ltvar--); // Z5  
    }  
}
```

Beschreiben Sie die Funktionen der Zeilen Z1 . . Z5!

Z1

Z2

Z3

Z4

Z5

6 Aufgaben Bitman: Eingabe Port P0, Ausgabe Port P1

6.1 Bitman1: Wechselblinker High/Low-Nibble

Ein Wechselblinker mit High/Low-Nibble Ansteuerung ist in 5 Varianten zu codieren.

6.1.1 Lösung Bitman1

6.2 Bitman2: Einzelbit-Blinker

Ein Blinklicht an Port1.3 ist zu realisieren ohne dass die übrigen Bit verändert werden. Lösung mit Maskierung.

6.3 Bitman3: Einzelbit-Blinker mit Funktion Port1

Grundfunktion gemäss Bitman2. Lösen Sie die Aufgabe mit einer Funktion `Port1(...)`, die wie folgt aufgerufen werden kann:

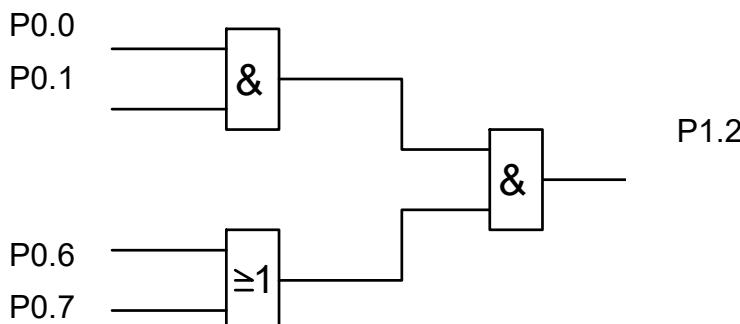
`Port1(3, on);`

```
delay_ms(200);  
Port1(3, off);  
delay_ms(200);
```

*Hinweis: Für `on` und `off` je eine Variable vom Typ **char (bit)** verwenden.*

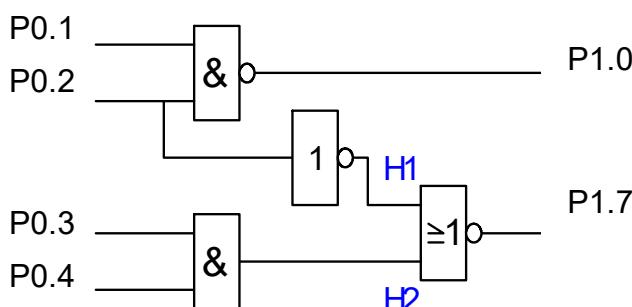
6.4 Bitman4: Logikschaltung

Die folgende logische Verknüpfung ist in einer Programmzeile zu lösen.



6.5 Bitman5: Logikschaltung, Lösung mit bit-Zwischenvariablen

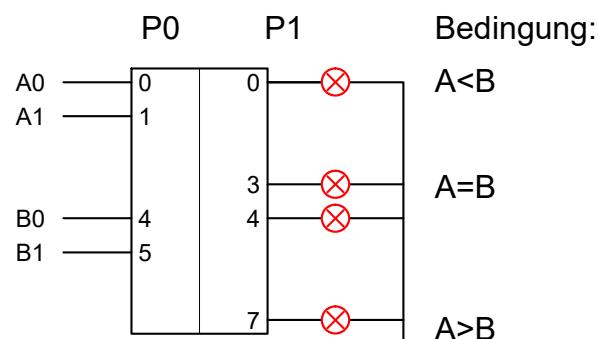
Die folgende logische Verknüpfung ist mit Bit-Zwischenvariablen zu lösen. Schreiben Sie zuerst die WT welche Sie dann zu Testzwecken für die Überprüfung der Gleichungen einsetzen. Zeigen Sie die Hilfsvariablen auf Port 2 und 3 an. (Debugging)



6.6 Bitman6: 2-Bit-Komparator

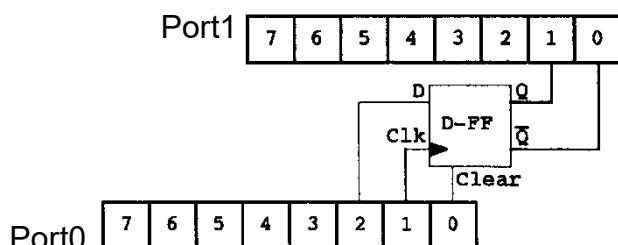
Funktion gemäss Schaltung.

Die übrigen Eingangsbits sind zu ignorieren!



6.7 Bitman7: D-Flipflop

Ein D-FF mit Clear-Eingang ist zu simulieren.



"1"

6.8 Bitman8: Lauflicht Links-Rechts

Funktion

//Bit 0 Links-Rechts

0: Links

//

1: Rechts

"1"

6.9 Bitman9: Lauflicht Start-Stop, Links-Rechts, Speed

Funktion

//Bit 0 Start-Stop

0: Stop

//

1: Start

//Bit 1 Links-Rechts

0: Links

//

1: Rechts

//Bit 2..7 Speed

0000'00 schnell

//

1111'11 langsam

Programmstruktur

UP delay (unsigned int d)

UP Linkslauf ()

UP Rechtslauf ()

main()

Endlos

Start

J

N

delay(..)

Rechts

J

N

Rechtslauf ()

Linkslauf ()

"1"

6.10 Datentypen, Operationen in 'C' für Kontroller MCB32

6.10.1 Datentypen

Die Datentypen beschreiben wieviel Byte eine Zahl zum speichern benötigt und wie gross der Wertebereich ist. Jeder Datentyp kann mit **unsigned** ein nur positiver Werte-Bereich zugeordnet werden.

// Datentypen

```
char      Wahl, c;          // Byte: -128 .. 127
unsigned char Nr;           // Byte: 0 .. 255
int       i, k, m, n;        // 2 Byte: -32768 .. 32767
unsigned int u;              // 2 Byte: 0 .. 65536
long      L;                // 4 Byte: +- 2.14 Mia
long long sehrL;            // 8 Byte: +- 9.223.372.036.854.755.807
unsigned long long positiv; // 4 Byte: 0 .. 4.29 Mia
unsigned long long spositiv; // 4 Byte: 0 .. 18446744073709551615
float    fzahltag;          // 4 Byte: 1.2*10-38 - 3.4*10+38; 6-stellig
double   dsgzahl;           // 8 Byte: 2.3*10-308 - 1.7*10+308; 15-stel.

char      *Text;             // 1..3 Byte: Zeiger;
char      bTemp = 0;          // 'Bit' VariablenTyp char

// Input oder Output Bits als Variablen mit eindeutigem Namen
#define Einschalten P0_0
#define Ausschalten P0_1           // Port0 Bit 1 wird zum Einschalten genutzt

alle pointer *paufwert;     // 4 Byte
```

6.10.2 Operationen und Portzuweisungen

```
void main ()                  // Hauptprogramm
{
    // Portzuweisungen
    P1 = 64;                  // dezimal
    P1 = 0x40;                 // hexadezimal
    P1 = P0;                   // Port 0 --> Port 1

    // Arithmetische Operationen
    i = 3 - (8 + 12);
    f = 3 * (-2) /4;

    // Bitweise Verknüpfung
    // „WERT operator MASKE“
    k = P0 & 0x0F;             // AND
    k = i | 128;                // OR
    k = m ^ 1;                  // EXOR (invertiere einzelne Bits gemäss Maske)
    k = ~ n;                   // NOT
    k = i << 2;                 // 2 Bit links schieben
    k = i >> 4;                 // 4 Bit rechts schieben

    // Logische Verknüpfung
    if ((P0==1) && (m!=0));   // AND
    while ((i<10) || (k>0));  // OR
    if (! (P0 == 4));           // NOT
}
```

7 Verzögerungen und Laufzeiten im µC-Board MCB32

1) InitTouchP0P1 (0) ; ohne Touchscreen

```
int main(void)                                // Hauptprogramm
{
    long t;
    InitTouchP0P1("0");                      // P0P1-TScreen OFF
    while(1)                                  // Endlosschlaufe
    {
        P1_0=1;                               // Pin0: ON
        for(t=120000;t>0;t--);               // Delay ca.10ms
        P1_0=0;                               // Pin0: OFF
        for(t=1200000;t>0;t--);              // Delay ca.100ms
    }
}
```

Laufzeit in der while-Schlaufe:

0 ms	ON
10 ms	OFF
0 ms	-----
100 ms	

Total 110 ms

```
long t;                                         // Immer long und auf 0 prüfend
for ( t =      12; t > 0; t--);                 // 1.0µs
for ( t =     12000; t > 0; t--);                // 1.0ms
for ( t =    120000; t > 0; t--);                // 10.0ms
for ( t =   1200000; t > 0; t--);                // 100ms
for ( t =  12000000; t > 0; t--);                // 1.0s

P1 = 0;                                         // Durchschnittliche Operationszeit:
P1 = 1;                                         // 0.17µs bis 0.5µs
```

2) InitTouchP0P1 (xxxx) ; Touchscreenauffrischung erfordert zusätzliche Laufzeit

```
int main(void)                                // Hauptprogramm
{
    long t;
    InitTouchP0P1("1");                      // P0P1-TScreen ON
    while(1)                                  // Endlosschlaufe
    {
        P1_0=1;                               // Pin0: ON
        for(t=120000;t>0;t--);               // Delay ca.10ms
        P1_0=0;                               // Pin0: OFF
        for(t=1200000;t>0;t--);              // Delay ca.100ms
    }
}
```

Laufzeit in der while-Schlaufe:

0 oder 10 ms	ON
10 ms	OFF
0 oder 10 ms	-----
100 ms	

110 bis 130 ms Total

Umzeichnen einer In-/Out-Fläche	// 10ms pro Fläche
Somit kürzester Impuls an P1	// 0.25µs, evtl. + 10ms
Touchcheck per Interrupt	// alle 25ms + 3µs
	// bei Touch + 10ms (da 1 Fläche)

8 Einbit- Definitionen, -Variablen und –Operationen

Ref [3]

```
*****
* Titel:      Einbit- Ein-/Ausgabe und Verarbeitung
* Datei:      EinBit.c / 14.1.14 / Version 1.0
* Ersteller:  Keil ARM-Compiler / MAL / TBZ / R. Weber / BSU
* Funktion:   Zeigt das Lesen und Schreiben einzelner Portbits
*              und die logischen Operationen.
*****
#include <stm32f10x.h>                      // Mikrocontrollertyp
#include "TouchP0P1.h"                          // P0-, P1-Definition
```

<pre>#define Start P0_0 // Inputbits an #define LichtOn P0_1 // Port0 benennen #define Alarm P1_0 // Outputbits an #define Motor P1_1 // Port1 benennen char bTemp = 0 ; // Beliebige 'Bit'-variable</pre>	<p>Der 32 Bit µC hat kein Bitfeld mehr, der Compiler kennt damit kein sbit und bit!</p>
--	--

<pre>void main(void) // Hauptprogramm { InitTouchP0P1 ("1"); // Touchscreen aktiv while(1) // Endlosschleife { P1_0 = 0; // Konstante Ausgabe 0/1 an vordefinierte Portleitung Alarm = 1; // Konstante Ausgabe 0/1 an umbenannte Portleitung Motor = Start; // Bit- Durchschaltung bTemp = ! LichtOn; // Invertiert in Bitvariable schreiben Alarm = P0_0 & P0_1; // Einbit - AND - Verknüpfung Motor = Start LichtOn; // Einbit - OR - Verknüpfung Alarm = Start ^ LichtOn; // Einbit - EXOR - Verknüpfung // AUFGABEN if (P0_7 ==1) P1_7=0; // 1:a) Welche logische Verknüpfung entsteht hier? else P1_7=1; // 1:b) Wie kann sie einfacher programmiert werden? while (!Start); // 2a) Was für eine Wirkung hat diese Zeile? // 2b) Schreibe die Bedingung !Start ausgeschrieben! if ((P0 & 8)==0) // 3a) Was für eine Wirkung hat diese Zeile? P1 = P1 128; // 3b) Löse sie mit Einzelbits! P1 = P0 & 254; // 4a) Was für eine Wirkung hat diese Zeile? // 4b) Löse sie mit Einzelbits! } }</pre>	<p>Der 32 Bit µC hat kein Bitfeld mehr, der Compiler kennt damit kein sbit und bit!</p>
--	--

9 Programmstrukturen in 'C' für Kontroller

Die bekannten Kontrollstrukturen können auch bei einem C-programm für u-Kontroller (uP, MCU [2]) eingesetzt werden.

```
#include <stm32f10x.h>          // Mikrocontrollertyp, hier ARM STM32
#include "TouchP0P1.h"            // Library mit P0-, P1-Definition. Für MCB32
#define uchar unsigned char       // 0..255

//----- Funktionsdeklarationen (ev. nur Prototypen)
void Ausgabe (uchar w)         // Schreibe hier einen Code
{
}

//----- Hauptprogramm
void main ()
{
    int i;                      // Variablen immer am Anfang
    uchar Wert;                 // der Funktion deklarieren!
    InitTouchP0P1 ("1");        // Touchscreen aktiv
    if (P0 == 0x1)              // Verzweigung einseitig
        P1++;
    else                         // und zweiseitig
        P1--;

    switch (P0)                 // Mehrfachverzweigung. In P0 steht der Wert
    {
        case 1 : P1 = 0x7;       // Wenn P0 = 1: Ausgabe P1 = 0000 0111 (0x07)
        break;                   // und Abbruch
        case 2 : P1 = 0x80;      // Wenn P0 = 2: Ausgabe P1 = 1000 0000 (0x80)
        break;                   // und Abbruch
        case 4 : P1 = 0xFF;
        default : P1 = 0;        // Wenn nichts zutrifft dann P1=0 und fertig
    }

    for (i=0; i<7; i++)         // Zählschleifen
    {
    }

    for (i=20000; i>0; i--);   // ca. 100ms Verzögerung. Relativ präzise

    while (P0)                  // Wiederholung mit Eintrittstest
    { }                         // Wenn Eintrittstest TRUE dann {} sonst weiter

    Do                           // Wiederholung mit mindestens einmal {}
    {
        } while ((P0 & 4) != 0); // mache weiter wenn

        while (1)                // Endlosschleife
            Ausgabe(Wert);       // Funktionsaufruf mit Parameter
    }
}
```

9.1 Define Statement und “Header file” für MCB32

9.1.1 #define

Die Anweisung #define ermöglicht dem Programmierer via den Präprozessor Konstanten und Macros zu definieren.

Beispiel:

```
#define PI      3.14159265      // Pi wird als Konstante definiert (der Wert 3.14... ist eine Konstante)  
#define uchar  unsigned char    // Makro um nicht immer unsigned char zu schreiben  
#define uint   unsigned int     // Makro für unsigned int (nur positive Zahlen)
```

Das folgende Beispiel berechnet die Gewichtskraft einer Mass m. Der Präprozessor merkt dass keine Konstante vorhanden ist und folgert daraus, dass er dafür bei jedem Aufruf die Berechnung ausführen soll. (= Macro).

```
#define GEWICHTSKRAFT(masse) 9.81*masse  
  
main()  
{  
    int masse=3;  
    printf("%d \n", GEWICHTSKRAFT(masse));  
}
```

9.1.2 Konfigurationsfilestm32f10x_cl.h

Bitte beachten Sie, dass dieses File je nach Anwendung und Stand der Software von Keil leicht anders aussehen kann.

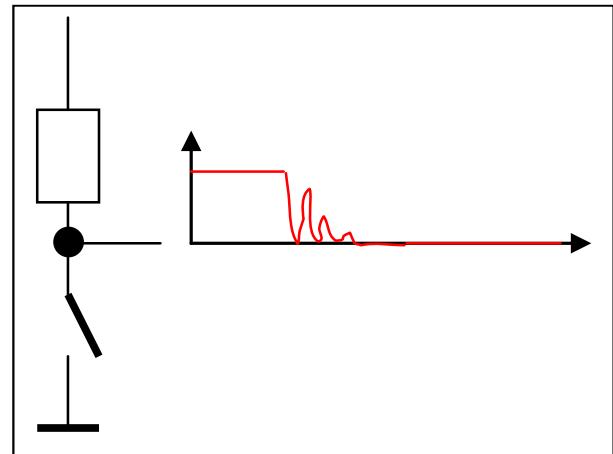
10 Anhang Entprellen und Flankendetektion in C

10.1 Einleitung

Taster können infolge der mechanischen Konstruktion prellen. Das heisst, der Schalter schliesst aus Sicht der Elektronik nicht sofort Bei schneller Verarbeitung der Signale ist dies ein störender Effekt. In der Elektronik stehen uns verschiedene Massnahmen zur Verfügung um das Problem zu entschärfen. In der Software müssen wir dies, sofern die Elektronik das Problem nicht löst, mit der Programmierung lösen.

Grundsätzlich stehen uns 2 Möglichkeiten zur Verfügung:

- Entprellen der Schalter mit Software
- Flankenerkennung



10.1.1 Entprellen

Der Schalter wird nicht nur einmal gelesen sondern nach einer geeigneten Verzögerungszeit noch einmal und dann mit dem letzten Wert vergleichen.

Sofern die Werte gleich sind, hat sich der Schalter nicht verändert oder ist unterdessen stabil. Wenn die Werte nicht gleich sind, wurde geschaltet oder der Schalter ist noch am Prellen.

```
// Muster für mögliche Schalter-Entprellung
while(1){
    schalter = P0_0;      // Lese Schalter an Port 0
    delay_ms(20);        // Warte 20mS
    if(schalter == P0_0){
        // mache etwas, der Wert hat sich nicht geändert.
    }
    else {
        // mache etwas anderes, der WERT HAT SICH GEÄNDERT
    }
}
```

10.1.2 Flankenerkennung

Der Schalter wird mit einem Zustand welcher vorher bestimmt wird verglichen. Wenn er von 0 auf geht wird geprüft ob dieser Vorgang wahr ist, was dann einer Änderung von 0Volt auf z.Bsp 5Volt entspricht.

```
// Muster für mögliche Flankenerkennung
pegel_vorher = 0;          // Signalpegel vor der Betätigung
                           // des Schalters auf 0 (Volt)
while(1){

    if (P0_1 == 1) && (pegel_vorher == 0)
    { // positive Flanke => mache etwas
        pegel_vorher = 1 ; // Setze Pegel auf den
                           // neuen Zustand des Schalters
    }
    if (P0_1 == 0 ) && (pegel_vorher == 1)
    { // negative Flanke =>mache etwas
        pegel_vorher = 0; // Setze Pegel auf den
                           // neuen zustand des Schalters
    }
}
```

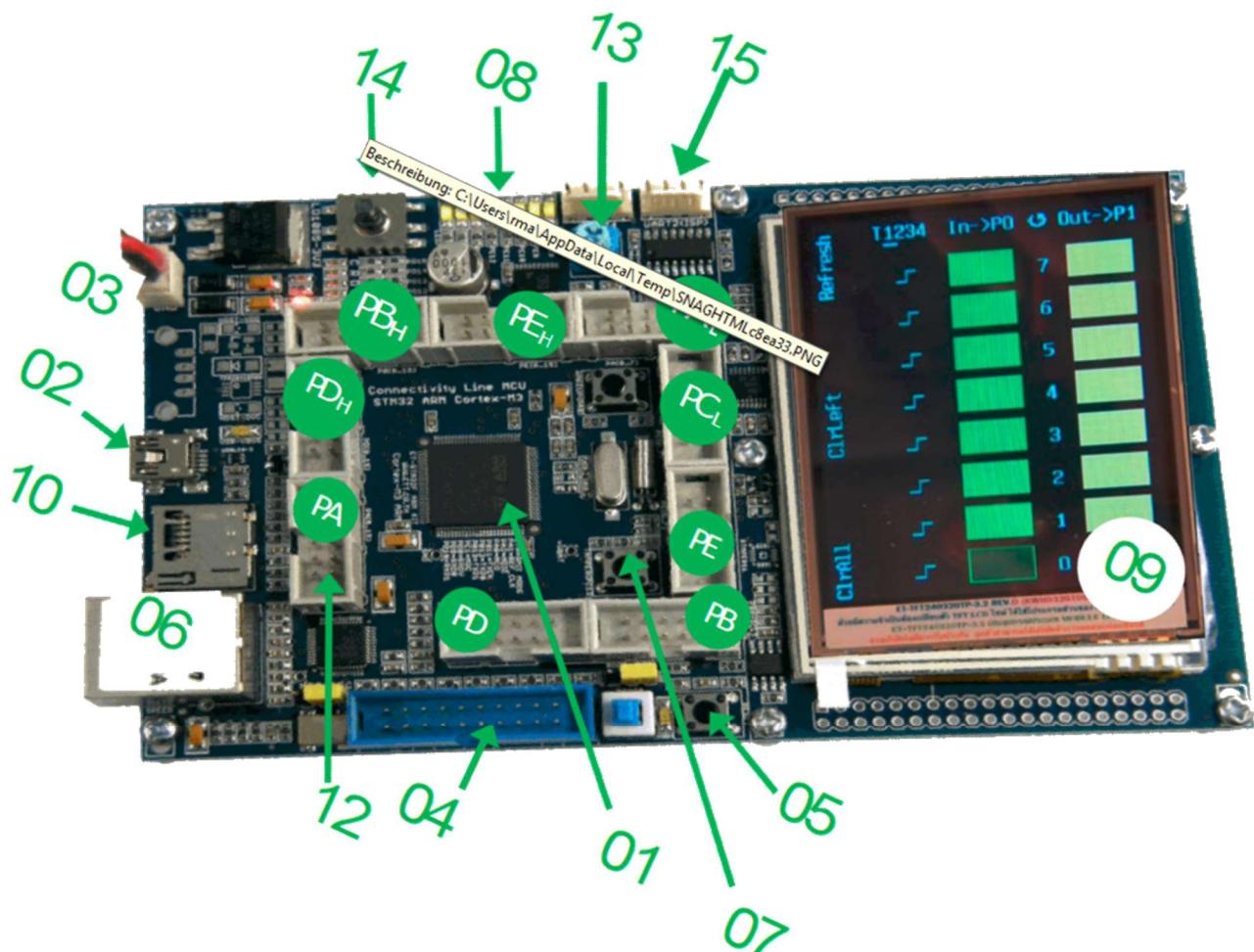
Hier muss die Verarbeitungszeit und die Prellzeit **nicht** aufeinander abgeglichen werden, da der Schalter irgend-einmal sicher auf dem geprüften Wert P0_1==1 landet (beim Beispiel mit positiver Flanke).

Die obigen Programme sind als Muster zu verstehen und müssen ja nach Hardware und Compiler angepasst werden.

11 Anhang Aufbau Mikrocontrollerboards MCB32

Das Mikrocomputerboard MCB32 enthält den Mikrocontroller STM32F107VC von ST aus der Familie der ARM MCUs.

Hardwareübersicht



01	ARM STM32 F107VC von ST.	08	8 LED (Port P1)
02	USB-Schnittstelle: Speisung	09	TFT LCD Color + Touch Screen 240x320 Pixel mit C-Bibliothek
03	Externe Speisung: Anschluss für Batterie oder Netzgerät	10	Mini SD-Card: max. 2G Speicher
04	JTAG-Schnittstelle: Download / Debugging	11	Uhrenquarz 32.768KHz für RTC (mit Batterie)
05	Reset: Für einen sauberen Neustart des Systems	12	72 GPIO Ports A-E (0..15). Auf 10pol Stecker verteilt
06	Ethernet Schnittstelle	13	Potentiometer für AD-Wandler
07	Taster 1: (mehr Taster via PA..PE) Verbunden mit Interrupt fähigen Pins	14	Temperatur- und Feuchtesensor.I2C
		15	UART-Schnittstelle: Kommunikation mit dem PC

Port P1: Port PE_H steuert die LEDs in der Hardware via PE[8..15] an und wird in der aktuellen Library als P1 (Touchscreen-LED) bezeichnet.

Port P0: Port PC_L wird mit der aktuellen Library als Eingabe-Port für Hardwareschalter genutzt wobei die Library den Namen P0 nutzt. (PC_L = PC[0..7])

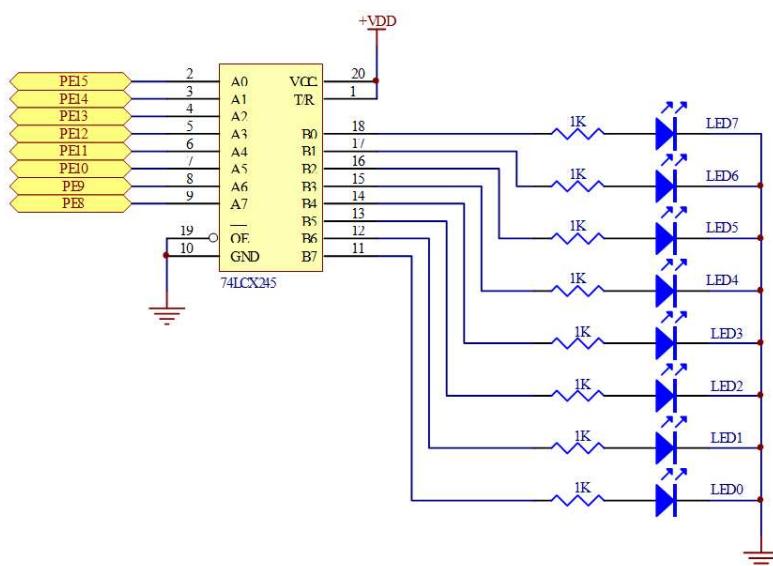
11.1 Port 1 als Hardware

Port 1	Digitale Ein- und Ausgabe. 8 On Board LEDS
Pin 1 ... Pin 8	Input High/Low +- 50µA ; Output High/Low +-1mA

11.1.1 Schema / Beschaltung Port 1

Leds welche via Port P1 resp. aus Sicht des ARM PE [8..15] angesteuert werden.

Ein „Logik 1“-Signal schaltet die LED ein. Eine „0“ schaltet sie ab.



Musterprogramm für Port E, Vorlage STM

Das Programm zeigt exemplarisch die hohe Abstraktion, wenn keine vereinfachenden Bibliotheken wie TouchPOP1.lib vorhanden ist.

Solch ein Code muss, vor allem an Anfang, mit dem Handbuch und den Blockschemas des Prozessors gelesen werden. Einfacher geht es mit der Lib: **TouchPOP1.lib** für MCB32.

```
#include "stm32f10x.h"
int main(void)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    SystemInit();
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOE, ENABLE);
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;

    // GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_x. Pins als GPIO initialisieren
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_8 | GPIO_Pin_9 | GPIO_Pin_10 | GPIO_Pin_11 |
                                GPIO_Pin_12 | GPIO_Pin_13 | GPIO_Pin_14 | GPIO_Pin_15;

    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;           // Speed setzen
    GPIO_Init(GPIOE, &GPIO_InitStructure);                     // Port E initialisieren gem. Vorbereitung

    GPIO_WriteBit(GPIOE, GPIO_Pin_8, Bit_SET); // setze Bit 8 und fertig
}
```

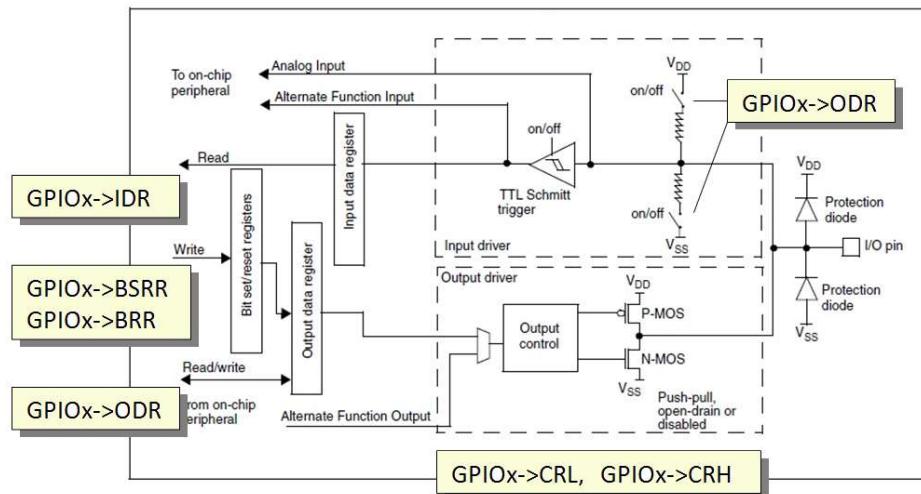
11.1.2 Basis Struktur eines IO-Standard Pins

Der Mikrocontroller STM32F107cl verfügt über 5 IO-Ports à 16 Bit mit den Bezeichnungen: GPIOA ... GPIOE.



Schaltungskonzept eines IO Pins

Die Pins sind auch für 5Volt Anwendungen vorgesehen und haben eine entsprechende Schutzschaltung.



Jeder Pin kann separat über die Portregister verschieden konfiguriert werden:

- Input floating
- Input pull-up
- Input-pull-down
- Analog Input
- Output open-drain
- Output push-pull
- Alternate function push-pull
- Alternate function open-drain

Registersatz für ein 16 Bit-Port; 5x vorhanden für GPIOA ... GPIOE; x = A ... E

Offset	Register	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0x00	GPIOx_CRL	CNF7 [1:0]	MODE7 [1:0]	CNF6 [1:0]	MODE6 [1:0]	CNF5 [1:0]	MODE5 [1:0]	CNF4 [1:0]	MODE4 [1:0]	CNF3 [1:0]	MODE3 [1:0]	CNF2 [1:0]	MODE2 [1:0]	CNF1 [1:0]	MODE1 [1:0]	CNF0 [1:0]	MODE0 [1:0]																
	Reset value	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0			
0x04	GPIOx_CRH	CNF 15 [1:0]	MODE1 5 [1:0]	CNF 14 [1:0]	MODE1 4 [1:0]	CNF 13 [1:0]	MODE1 3 [1:0]	CNF 12 [1:0]	MODE1 2 [1:0]	CNF 11 [1:0]	MODE1 1 [1:0]	CNF 10 [1:0]	MODE1 0 [1:0]	CNF 9 [1:0]	MODE1 9 [1:0]	CNF 8 [1:0]	MODE9 [1:0]	CNF 8 [1:0]	MODE8 [1:0]														
	Reset value	0 1	0 0	0 0	0 1	0 0	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0			
0x08	GPIOx_IDR	Reserved															IDR[15:0]																
0x0C	GPIOx_ODR	Reserved															ODR[15:0]																
0x10	GPIOx_BSRR	BR[15:0]															BSR[15:0]																
0x14	GPIOx_BRR	Reserved															BR[15:0]																
0x18	GPIOx_LCKR	Reserved															LCK[15:0]																
	Reset value	0															0																

GPIO - Register - Auszug

8.2.1 Port configuration register low (GPIOx_CRL) (x=A..G) Reset value: 0x4444 4444

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
CNF7[1:0]	MODE7[1:0]	CNF6[1:0]		MODE6[1:0]		CNF5[1:0]		MODE5[1:0]		CNF4[1:0]		MODE4[1:0]			
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
CNF3[1:0]	MODE3[1:0]	CNF2[1:0]		MODE2[1:0]		CNF1[1:0]		MODE1[1:0]		CNF0[1:0]		MODE0[1:0]			
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

CNFy[1:0]: Port x configuration bits (y= 0 .. 7)

- 00: Analog input mode
- 01: Floating input (reset state)
- 10: Input with pull-up / pull-down
- 11: Reserved

- 00: General purpose output push-pull
- 01: General purpose output Open-drain
- 10: Alternate function output Push-pull
- 11: Alternate function output Open-drain

MODEy[1:0]: Port x mode bits (y= 0 .. 7)

- 00: Input mode (reset state)
ODRx = 0 bewirkt PullDown
ODRx = 1 bewirkt PullUp;

- 01: Output mode, max speed 10 MHz.
10: Output mode, max speed 2 MHz.
11: Output mode, max speed 50 MHz.

8.2.2 Port configuration register high (GPIOx_CRH) (x=A..G) Reset value: 0x4444 4444

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
CNF15[1:0]	MODE15[1:0]	CNF14[1:0]		MODE14[1:0]		CNF13[1:0]		MODE13[1:0]		CNF12[1:0]		MODE12[1:0]			
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
CNF11[1:0]	MODE11[1:0]	CNF10[1:0]		MODE10[1:0]		CNF9[1:0]		MODE9[1:0]		CNF8[1:0]		MODE8[1:0]			
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

CNFy[1:0]: Port x configuration bits (y= 8 .. 15)

MODEy[1:0]: Port x mode bits (y= 8 .. 15)

8.2.3 Port input data register (GPIOx_IDR) (x=A..G) Reset value: 0x0000 XXXX

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
IDR15	IDR14	IDR13	IDR12	IDR11	IDR10	IDR9	IDR8	IDR7	IDR6	IDR5	IDR4	IDR3	IDR2	IDR1	IDR0

Bits 15:0 **IDRy[15:0]:** Port input data (y= 0 .. 15)

They contain the input value of the corresponding I/O port.

8.2.4 Port output data register (GPIOx_ODR) (x=A..G) Reset value: 0x0000 0000

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ODR15	ODR14	ODR13	ODR12	ODR11	ODR10	ODR9	ODR8	ODR7	ODR6	ODR5	ODR4	ODR3	ODR2	ODR1	ODR0

Bits 15:0 **ODRy[15:0]:** Port output data (y= 0 .. 15)

These bits can be read and written

In Input-Mode: ODRx = 0 bewirkt PullDown; ODRx = 1 bewirkt PullUp;

8.2.5 Port bit set/reset register (GPIOx_BSRR) (x=A..G) Reset value: 0x0000 0000

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
BS15	BS14	BS13	BS12	BS11	BS10	BS9	BS8	BS7	BS6	BS5	BS4	BS3	BS2	BS1	BS0

Bits 15:0 **BSy:** Port x Set bit y (y= 0 .. 15)

0: No action on the corresponding ODRx bit

1: Set the corresponding ODRx bit

8.2.6 Port bit reset register (GPIOx_BRR) (x=A..G)

Reset value: 0x0000 0000

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
BR15	BR14	BR13	BR12	BR11	BR10	BR9	BR8	BR7	BR6	BR5	BR4	BR3	BR2	BR1	BR0
w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w

Bits 15:0 **BRy**: Port x Reset bit y (y=0 .. 15)
These bits are write-only

0: No action on the corresponding ODRx bit
1: Reset the corresponding ODRx bit

Port 1	Alternative Funktion
Pin 1	T2: Timer/Counter 2 Ext. Count/Inp.Clock
Pin 2	T2Ex: Timer/Counter 2 Reload/ Capture/Direct.Control
Pin 3	ECL: Ext. Clock for PCA
Pin 4	CEX0: Capture/Compare Ext.I/O for PCA module 0
Pin 5	CEX1: ... PCA module 1
Pin 6	CEX2: ... PCA module 2
Pin 7	CEX3: ... PCA module 3
Pin 8	CEX0: ... PCA module 4

Port 3	Alternative Funktion
Pin 1	RXD: Serial input port
Pin 2	TXD: Serial output port
Pin 3	Int0: External Interrupt 0
Pin 4	Int1: External Interrupt 0
Pin 5	T0: Timer 0 external Input
Pin 6	T1: Timer 1 external Input
Pin 7	WR: Ext memory write strobe
Pin 8	RD: Ext memory read strobe

Mustercode für GPIO ohne Library.

```

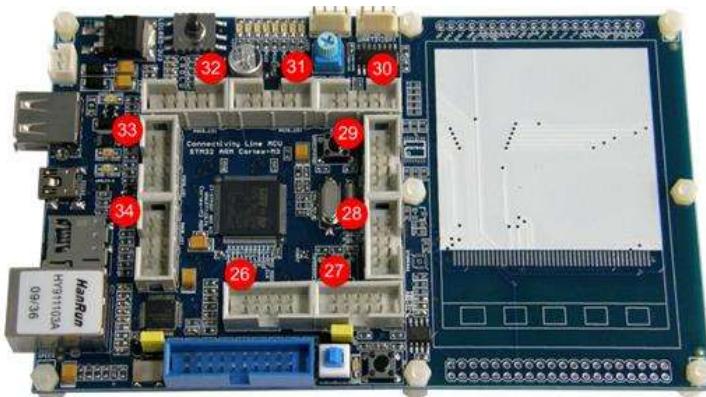
//-----
// PAtoPE.c / 25.01.2015 / rma (Idee RW/BZU)
// Registerprogrammierte GPIO Ein- / Ausgabe
// Ext. Schalter an GPIOA[7..0]. LEDs an GPIOE[15..8]
// Takteinstellung durch Systeminit() im 'startup_stm'
// -----
// ODR :Output Data Register)
// CRL and CRH. CRL register is responsible
// for configuration of pins from 0 to 7
// and CRH register is responsible for
// configuration of pins form 8 to 15.
// RCC :Reset and Clock Control
#include <stm32f10x_cl.h>           // Mikrocontrollertyp

void Systeminit()
{
    RCC-> APB2ENR |= 1<<2 ;          // GPIOA Clock
    RCC-> APB2ENR |= 1<<6 ;          // GPIOE Clock
    GPIOA-> CRL = 0x88888888;        // PA7 .. 0 INPUT
    GPIOA-> ODR = 0x00FF;            // PA7 .. 0 PullUP
    GPIOE-> CRH = 0x11111111;        // PE15 .. 8 Output ,
}                                     // .. PushPull 10MHz
// ----- MAIN Programm
int main (void)
{
    Systeminit();
    while(1)
    {                               // PA LowNibble nach
        GPIOE-> ODR = GPIOA->IDR<<8;// HighNibble fuer
                                         // PE LEDs
    }
}

```


11.2 Übersicht GPIO auf 10pol Steckern

Übersicht über alle Port auf den 10poligen 3M Steckern

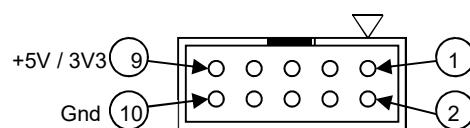
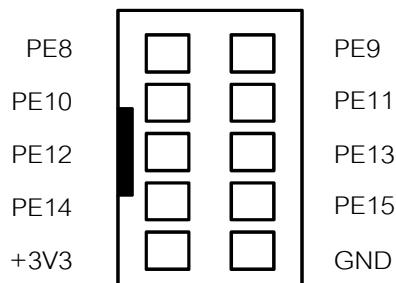


26	Stecker zu: GPIO PD[0..7].
27	Stecker zu: GPIO PB[0..7].
28	Stecker zu: GPIO PE[0..7].
29	Stecker zu: GPIO PC[0..7].
30	Stecker zu: GPIO PA[0..7].
31	Stecker zu: GPIO PE[8..15].
32	Stecker zu: GPIO PB[8..15].
33	Stecker zu: GPIO PD[8..15].
34	Stecker zu: GPIO PA[8..15].

11.3 Port-Stecker-Pinbelegung Port E

PE [8..15]

Auszug aus Blockdiagramm



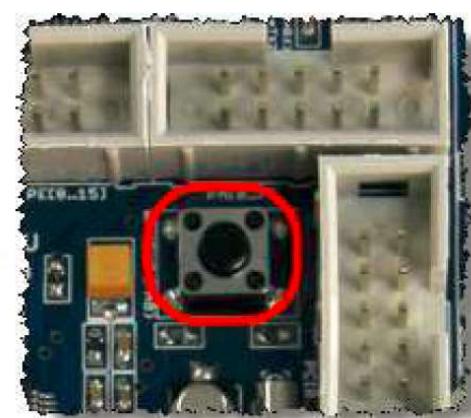
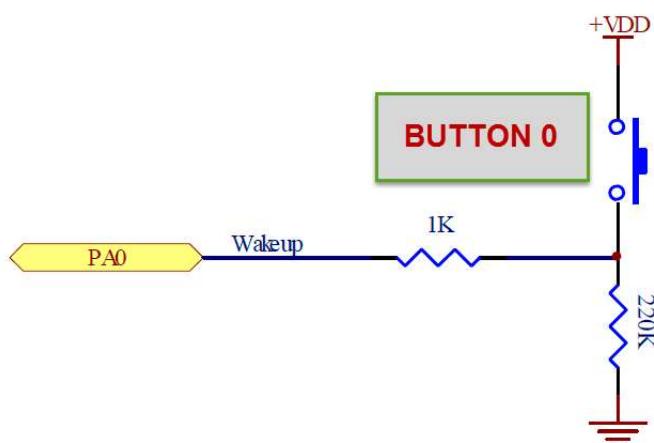
11.4 Button 0 und Button1

Die beiden Schalter heissen im Schema „Switch Wakeup“ und „Switch Tamper“.

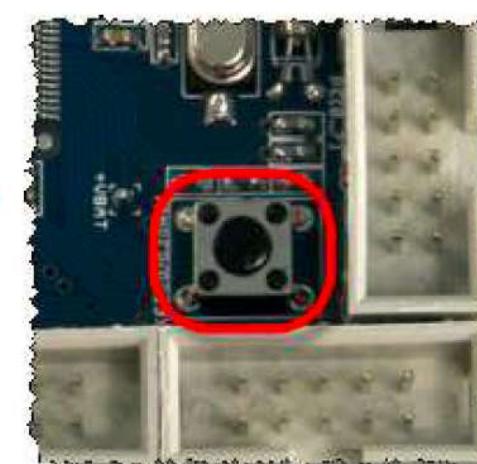
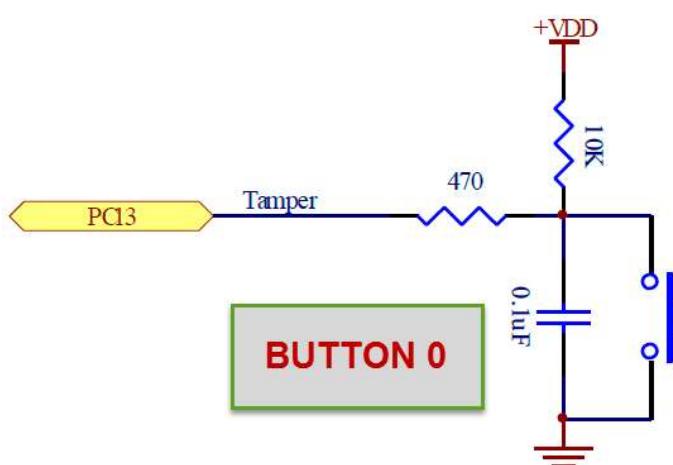
Button 0 ist „Switch Tamper“ und entsprechend Button_1 „Switch Wakeup“. Sofern die Library, welche die Schalter bedient die Polarität nicht dreht hat, weisen die beiden Schalter entgegengesetzte Polarität „opposite Logic“ auf. (ausprobieren)

Wenn Button_1 gedrückt ist wird Pin PA0_High, ansonsten Low. Button_0, also „Switch Tamper“, geht auf PC13. Das heisst wenn Button_0 gedrückt ist wird der Pin -PC13 LOW.

Button 0 (PA_0)



Button 1 (PC_13)

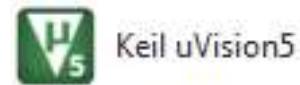


11.5 Einsatz MCB32

- Als Lernkit zum Erlernen der Arbeitsweise von Mikrocontrollern, speziell der ARM Familie.
- Als Evaluationskit zum Test neuer Hardware.
- Als Zielboard im Entwicklungssystem, um uC-Programme zu testen.
- Als autonom einsetzbare Prozesssteuerung in industriellen Anlagen.

12 Anhang: Projekt mit IDE von KEIL aufsetzen

Wir arbeiten mit der IDE der Firma Keil. Damit können wir die Programme bis zu 32kB Programmcode schreiben. Das genügt für die Ausbildung.



IDE: Integrated Development Environment von <http://www2.keil.com/mdk5/install>

ARM: Advanced RISC Machines

12.1 Neues Projekt einrichten mit Keil µVision 5

1. Schritt

µVision 5 starten:

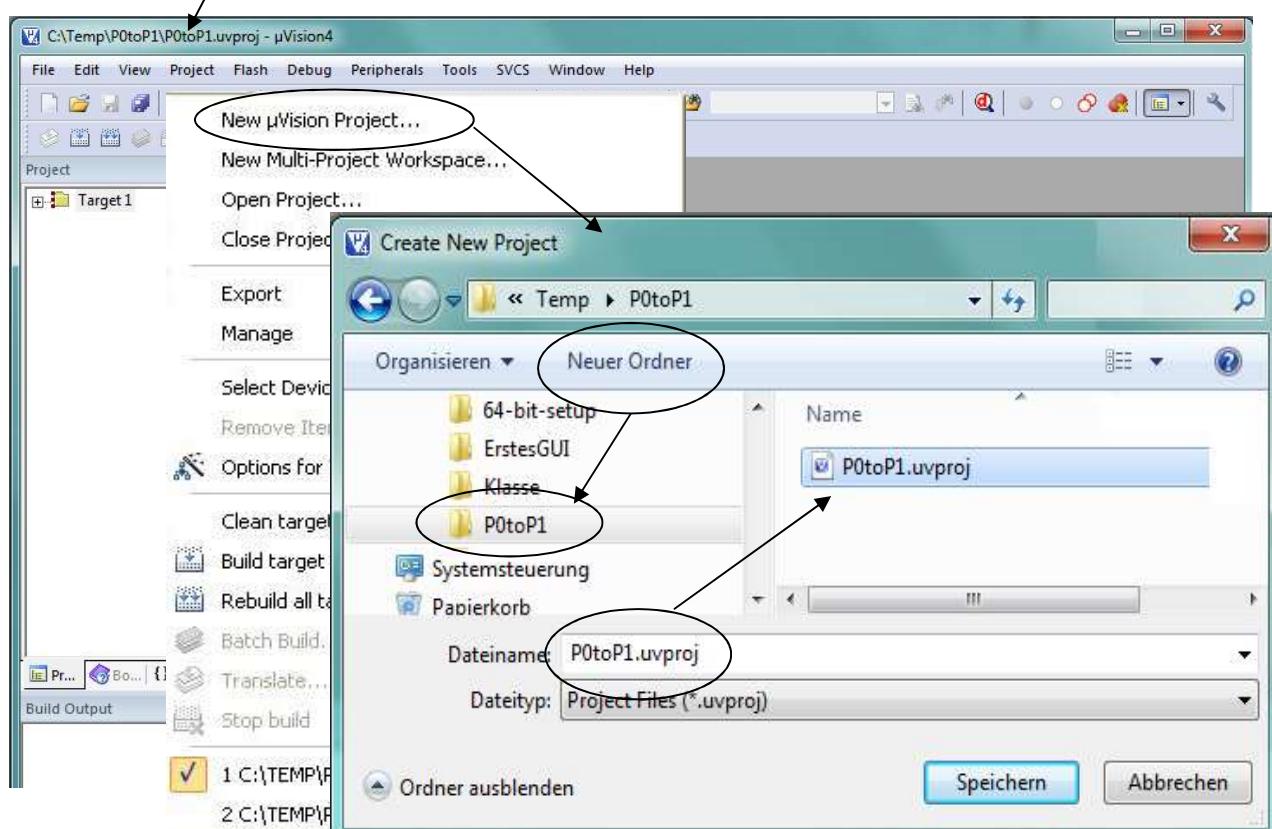
Neues Projekt erstellen:

Start / Programme / Elektronik / KeilArm µVision 5

Project / New Project /

Für jedes Projekt

- einen neuen Ordner zB: P0ToP1
- dann Projektname zB: P0ToP1.uvproj
- Speichern



Weitere Menüpunkte der IDE welche es zu beachten gibt.

Altes Projekt öffnen: [Project / Open Project](#)

Projekt schliessen: [Project / Close Project](#)

µVision 4/5 verlassen: [File / Exit](#)

Wichtig:

In jedem Projekt müssen die beiden Files: **TouchP0P1.lib** und **Touch P0P1.h** vorhanden sein. Kopieren Sie diese vom Server ins Projekt.

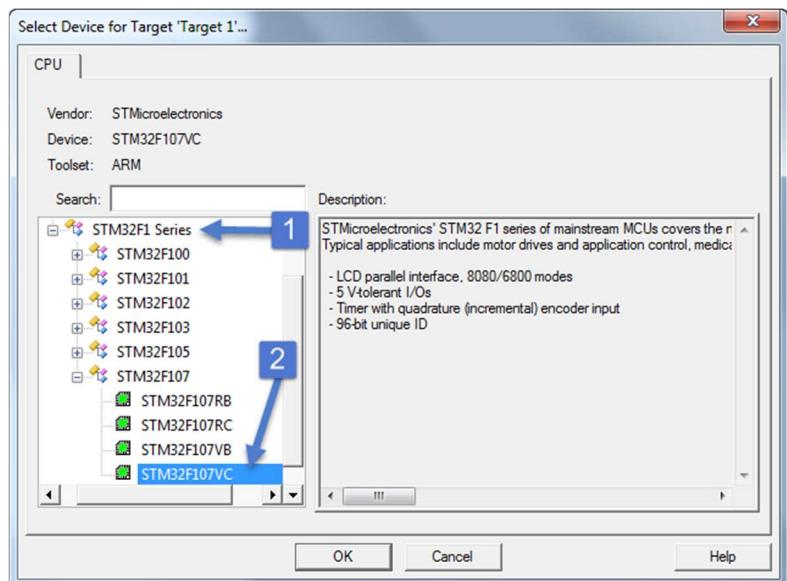
12.2 Weitere Projekt- und Prozessor (Target)-Einstellungen

2. Schritt: Target auswählen

Nun fragt die IDE nach dem Ziel-Controller:

- Ziel-Controller wählen.

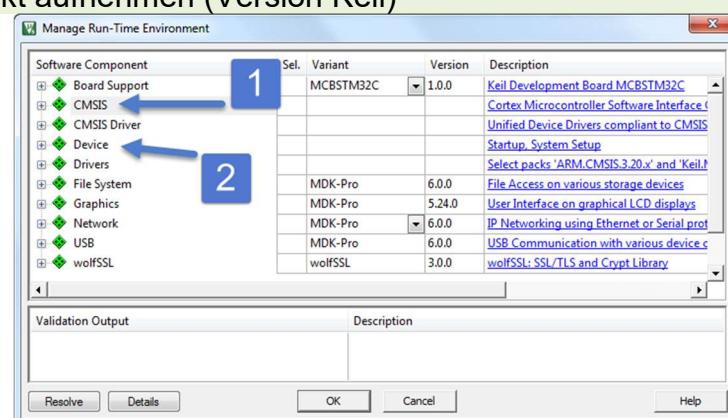
In unserem Fall der
STM32F107VC



3. Schritt: Startup Code ins Projekt aufnehmen (Version Keil)

Nun benötigt die IDE mehr Informationen und auch „Files“ um nachher während der Kompilation alle Verknüpfungen herstellen zu können:

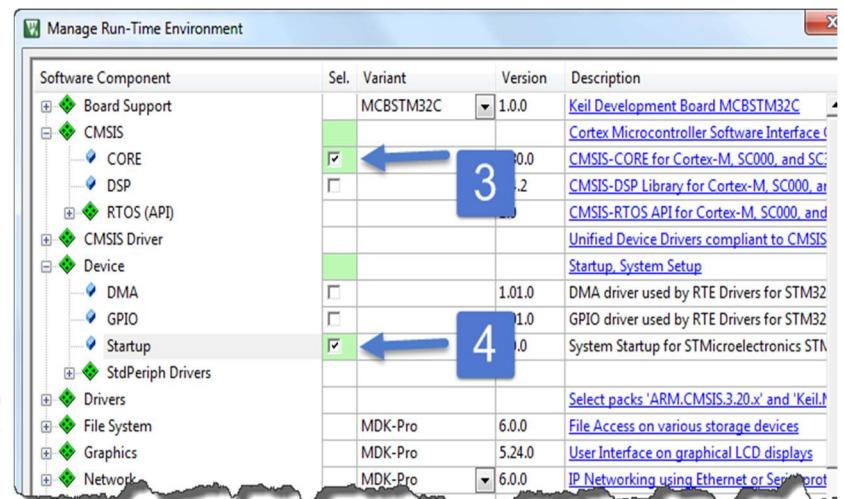
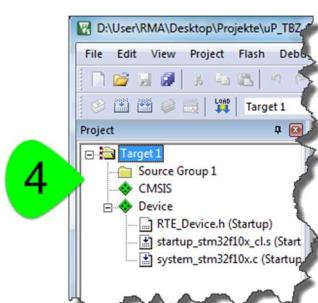
- CMSIS – Basics laden
- Device – Files laden



- CMSIS: Core auswählen
- Device – Startup auswählen

Und **OK** klicken.

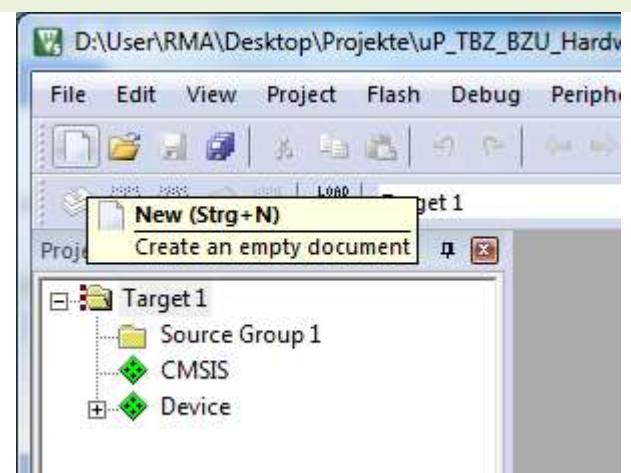
Die Projektumgebung sollte nun so aussehen:



Im Prinzip ist das Projekt bezüglich der grundlegenden Einstellungen bereit. Wir müssen nun die eigentlichen Programmfiles dazufügen.

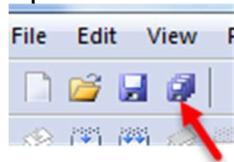
4. Schritt: Programm Files aufnehmen.

- Klicke auf NEW (oder STRG-N) und speichere das File mit dem Namen **P0toP1.c** ab.



5. Schritt: Programm schreiben.

- Schreibe nun folgenden Code.
- Speicher alles ab.



```

1 //-----
2 // MCB32 (BZU / TBZ)
3 // Autor: P0toP1.c / 2.1.14 / rw, mal / BZU,TBZ
4 // Thema: Schaltet am uC-Board MCB32 die Schalter an P0
5 // (GPIO0..7) zu den LEDs an P1 (GPIOE8..15) durch. Mit Touchbedienung
6 //-----
7 #include <stm32f10x.h>           // Mikrocontrollertyp
8 #include "TouchPOP1.h"           // Library mit P0-, P1-Definition und Touch
9
10 int main(void)                  // Hauptprogramm
11 {
12     InitTouchPOP1("1");
13     while(1)
14     {
15         P1 = P0;
16     }
17 }
```

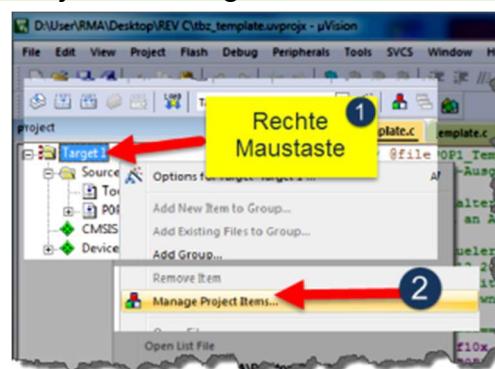
Dieses File können wir mit anderen Files nun noch dem Projekt hinzufügen.

6. Schritt: Alle Programmfiles zum Projekt hinzufügen.

Mit der rechten Maustaste auf „Target1“ klicken und

“Manage Project Items“

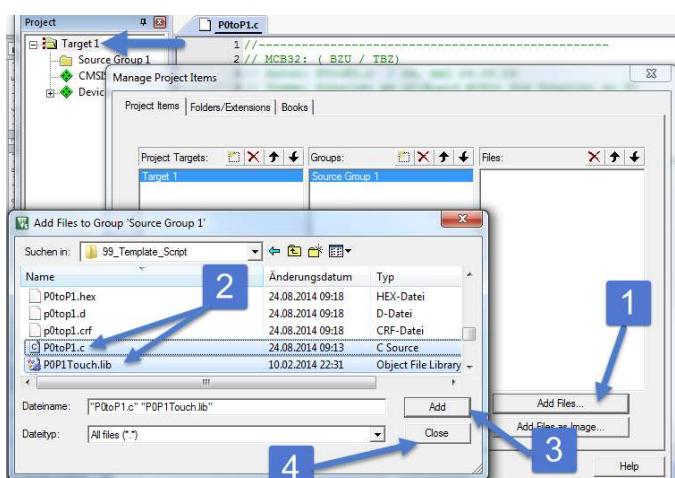
auswählen..



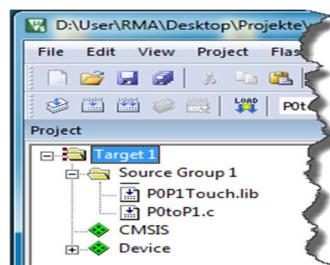
- Nun die Schritte 1-4 abarbeiten:

Das File: **P0toP1.c** und die Library **Touch POP1.lib** werden dem Projekt hinzugefügt.

Wichtig: Die Files können mit CTRL-Click alle zusammen vom Server geladen werden.



So sollte das Projekt nun aussehen:



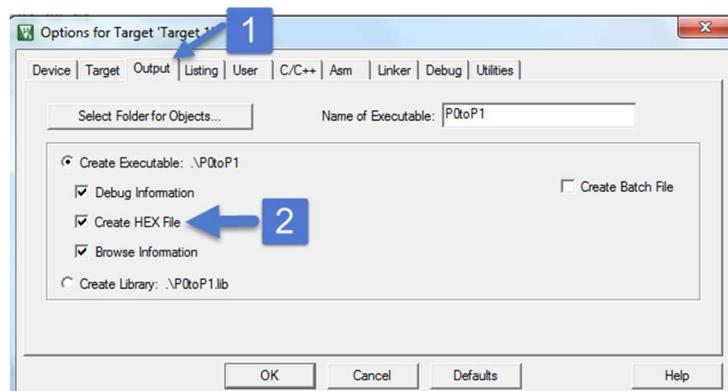
7. Schritt: Setup vervollständigen (Debugger und JTAG)

Damit das Programm nach dem Kompilieren in den ARM geladen werden kann sind weitere Einstellungen nötig.

Klicke auf :



Wähle: „Output“ und selektiere „Create HEX File“.

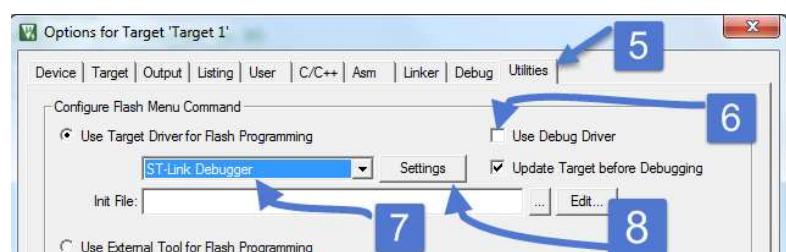


Damit werden die „Options for Target1“ ausgewählt.

Wähle: „Debug“ und selektiere „STLink Debugger“ aus dem Menü aus.



Wähle: „Utilities“, Klicke „Use Debug Driver“ aus und selektiere noch „STLink Debugger“.



Am Schluss [8] die Settings anwählen.

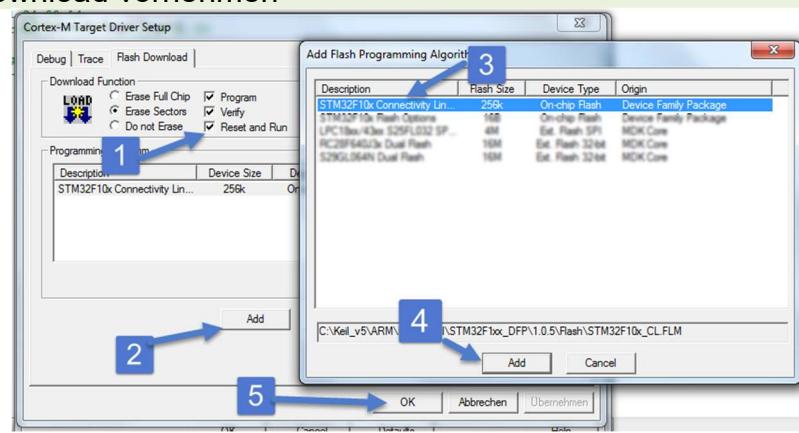
8. Schritt: Settings für ST-Link Download vornehmen

Bei den Settings nun „Reset and Run“ auswählen.

Mit „Add“ [2] sagen wir dem Treiber welchen Programmieralgorithmus gewählt wird. Also den für den STM32F10x [3].

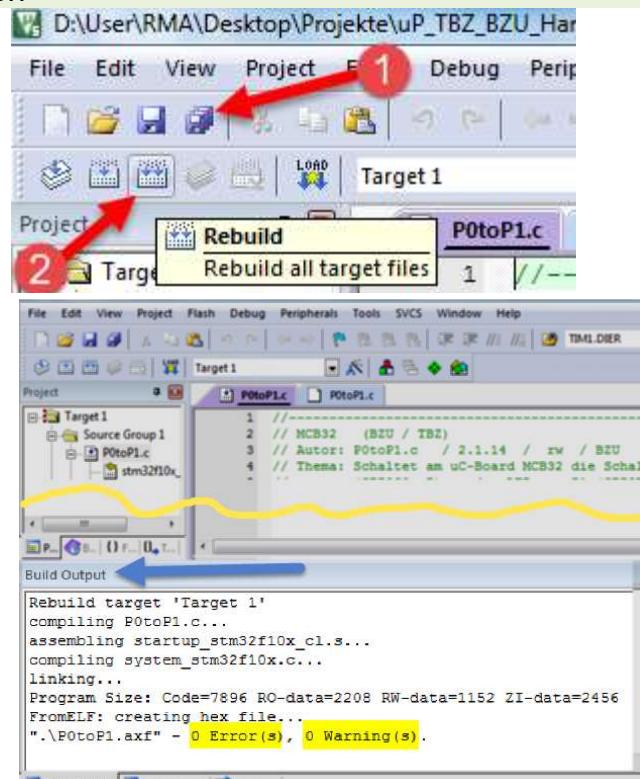
Mit [4] abschliessen und mit OK [5] das Menü „Driver Setup“ schliessen.

Das Fenster schliessen und fertig.



9. Schritt: Programm kompilieren

Sichere das Projekt [1] und kompiliere [2] mit dem Knopf „Rebuild all target files“



Im Fenster „Build Output“ sollte in etwa nebenstehende Meldung erscheinen.

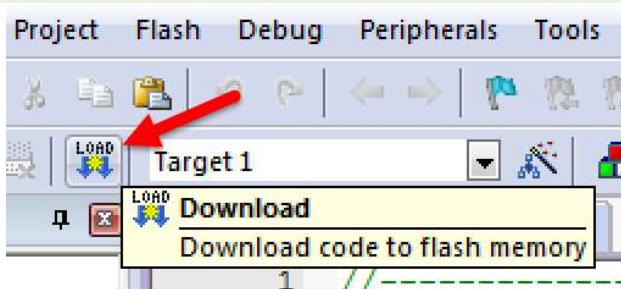
Wenn keine Fehler vorkommen kann das erzeugte HEX-File in den Prozessor geladen werden.

10. Schritt: Programm in den Prozessor laden.

Mit Load wird nun das File in den Kontroller geladen.

Wenn alles funktioniert erscheint ein Balken am unteren Fensterrand.

Dieser zeigt den Download an.



13 Anhang: Umstellung von C51-Code auf ARM32-Code

```
/*
* Titel:      Umstellung von C51-Code auf ARM32-Code
* Datei:     C51toARM32.c / 14.1.14 / Version 1.0
* Ersteller:   R. Weber (BSU); E. Malacarne (TBZ)
* Funktion:    Die wichtigsten Umstellungen sind in den Kommentaren dokumentiert
*/
#include <stm32f10x_.h>           // Mikrocontrollertyp
#include "TouchP0P1.h"             // P0-, P1-Definition

#define Start  P0_0                // Input und Outputbits
#define Alarm  P1_7                // an Ports benennen
char    bTemp = 0 ;               // 'Bit'-VariablenTyp char
long t;                          // Zeitvariable

int main ( void )               // Hauptprog., ohne return bei Keil
{
    InitTouchP0P1 ("1");         // Touchscreen aktiv,
                                // horizontal gedreht
                                // LSB rechts
    while(1)                   // Endlos-schleife
    {
        P1_0      = 0;           // Bitverarbeitung wie bisher
        Alarm     = 1;           // Zuweisung, Invertierung,
        bTemp = ! Start;        // &, &&, |, ||, ^, ! , ==, !=

        while ( P1 < 100 )       // Byteverarbeitung wie bisher
            P1 += 2;             // Kurzformen wie bisher
        P1 = P0 & 0x0F;          // Maskierungen wie bisher

        for(t=120000; t>0; t--); // Verzögerung 10ms
    }
}
```

neue #includes

**Keine sfr und
sbit mehr!**

Main verlangt int

**InitTouchP0P1 ("0"),
wenn nur P0,P1 und
ohne Touchscreen**

Verzögerung
 vom Typ long mit
 Wert 12 / µs

13.1 Wichtig für das Funktionieren neuer Projekte

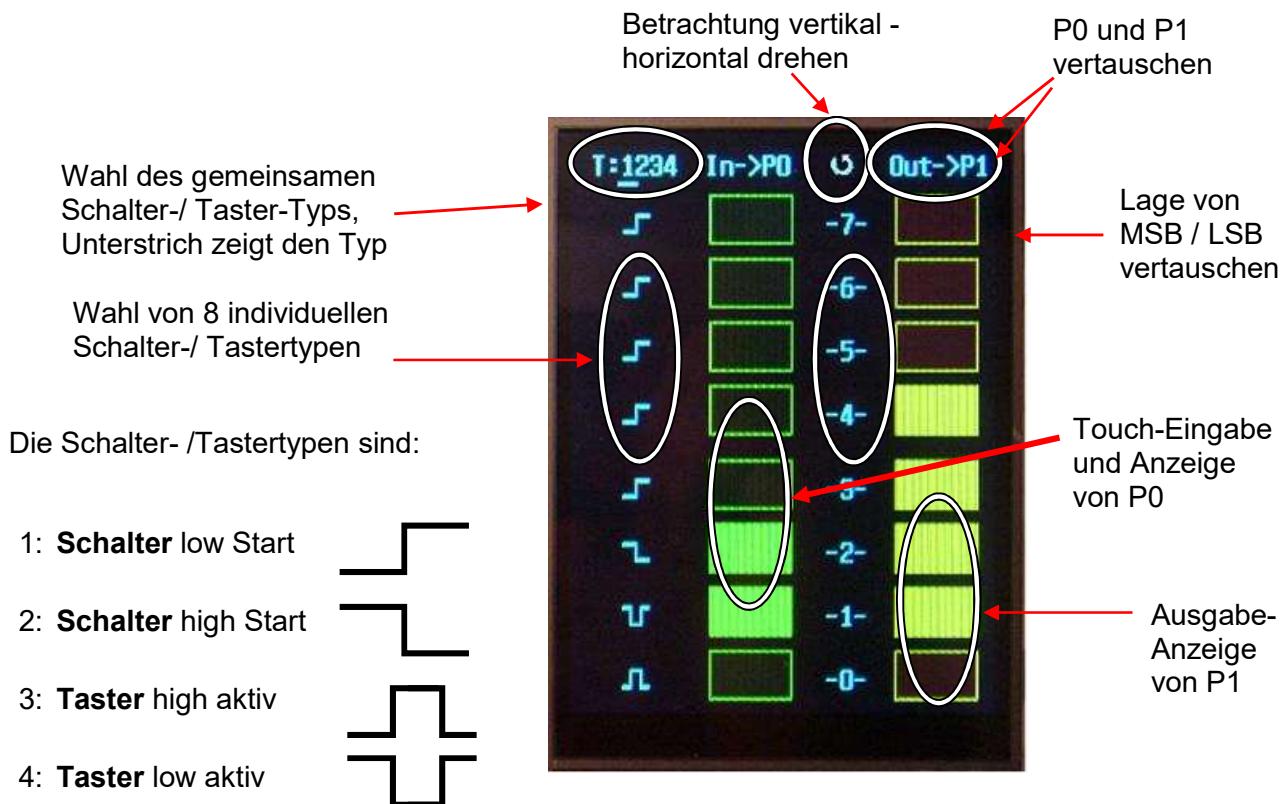
Wichtig: Bei der Erstellung eines neuen Projektes im Schulbereich, also Vorbereitung für 8Bit-Programme „Elektroniker“ mit Port P0, P1 und Touchscreen ist folgendes zu beachten.

Kopieren Sie in jedes neue Projektverzeichnis diesen zwei Library-Dateien:

- TouchP0P1.h (REV C oder REV D)
- TouchP0P1.lib (REV C oder REV D)

14 Anhang Touchscreen Kontrolle am µC-Board MCB32

Beschreibung der Touchscreen Oberfläche



Touchscreen Kontrolle aus dem Quellcode

Der Projekt-Ordner muss TouchP0P1.h und TouchP0P1.lib enthalten:

Im Projekt-Manager sind zum **stm32f10x.h** die Quelldatei.c und TouchP0P1.lib aufzunehmen.

```
/* Beschreibung der 8 Bit P0- und P1-Kontrolle über den Touchscreen des MCB32
*****
#include <stm32f10x.h>          // Mikrocontrollertyp
#include "TouchP0P1.h"           // P0-, P1-Definition

void main(void)                 // Hauptprogramm
{
  InitTouchP0P1 ("1");          // Touchscreen aktivieren
  while(1) { }                  // Benutzerprogramm
}
```

1) **InitTouchP0P1 ("0")**;

Der Touchscreen bleibt ausgeschaltet

P0 ist als Input, P1 als Output konfiguriert

2) **InitTouchP0P1 ("1") .. ("1 r m p")**;

Der Touchscreen wird aktiviert und konfiguriert, einfachste Konfiguration mit InitTouchP0P1 ("1").

1...4: Gemeinsamer Schalter-/ Tastertyp

p: P0 aussen, sonst mittig.

m: MSB oben/rechts, sonst unten/links.

r: Rotiert horizontal, sonst vertikal.

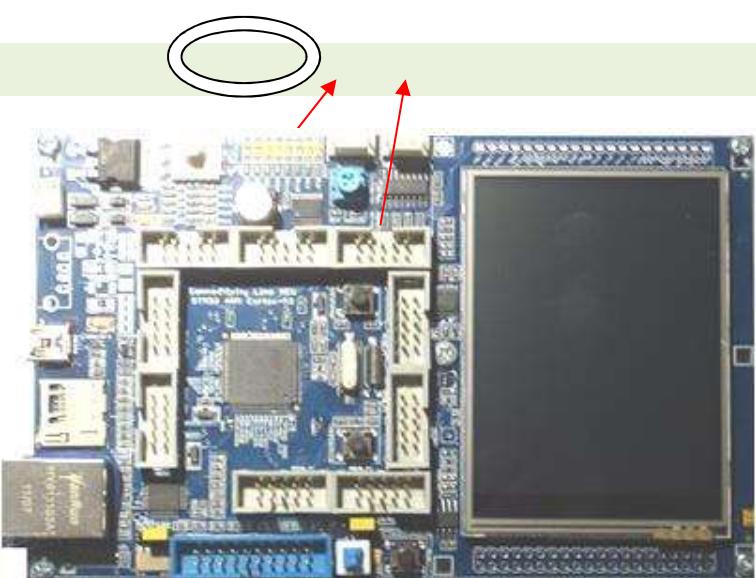
15 Anhang Anschlüsse am µC-Board MCB32

Entwicklungsanschlüsse

Fremdspeisung
genau 5V! oder ...

USB Speisung

USB - ST-Link
Zielsystemdebugging,
Boardspeisung
wie oben



Bootloadschalter:

Ungedrückt lassen **LED OFF**

Reset-Taster:

Programmrestart

Digitale Ein- und Ausgaben am µC-Board MCB32

P1: 8x onboard LEDs
parallel zu 8x extern LEDs

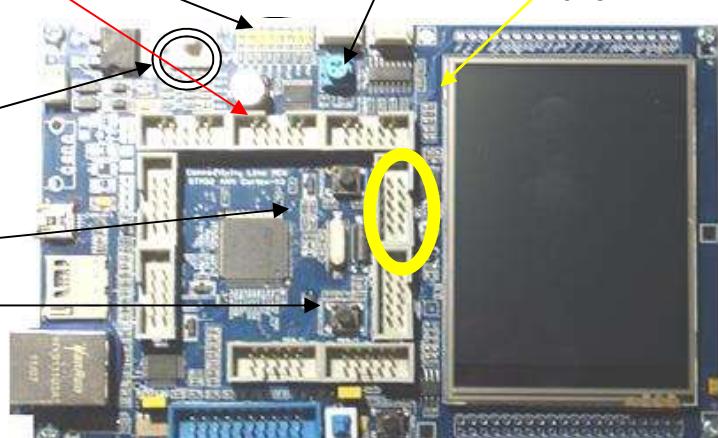
ControlStick

Button 1

Button 0

Pot auf Anschlag Uhrzeigersinn
drehen, da gleichzeitig P0_4

P0: 8 externe Schalter



```
// In Touch P0P1.h definierte Pin-Bezeichnungen PA_0 .. PD_11, ohne Bezeichner wie Button .. !
```

char Button0	= PA_0;	// Bitwert 1/0, aktiv low, prellt wenig
char Button1	= PC_13;	
char Stick	= PD_High;	// als Byte 0xF8 open, aktiv low, alle entprellt
char StickSelect	= PD_15	// Bitwert 1/0; Bytewert 0x80
char StickDown	= PD_14;	// 1/0; 0x40
char StickLeft	= PD_13;	// 1/0; 0x20
char StickUp	= PD_12;	// 1/0; 0x10
char StickRight	= PD_11;	// 1/0; 0x08

16 Anhang Debuggen

16.1 Methodik des Debuggens (entlausen)

Prinzip: Das Debugging bezweckt das Auffinden von logischen Fehlern, die sich erst bei Laufzeit mit falschem Verhalten bemerkbar machen. (Semantik)

Hochsprachendebugging

verfolgt Daten und Programmlauf im Hochsprachensourcecode auf dem PC. Der uController und seine Peripherie werden auf dem PC simuliert.



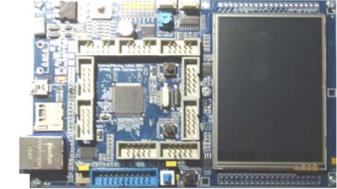
Zielsystemdebugging

lässt jeden Programmschritt im real ange schlossenen Mikrocontroller ausführen. Der PC steuert und zeigt die realen Daten des Controllers und seiner Peripherie.

```

Registers
Register Value
Regs
r0 0x...
r1 0x...
r2 0x...
r3 0x...
r4 0x...
r5 0x...
r6 0x...
r7 0x...
Sys
a 0x...
b 0x...
sp 0x...
sp_max 0x...
PC $ C:...

Dimmen.c
19 {
20     char Stufe = 0;
21     while(1)
22     {
23         if(SwUp && !SwDown)
24             Stufe++;
25         if(!SwUp && !SwDown)
26             Stufe--;
27         PWM200ms(Stufe);
28     }
29 }
30 //-----
31 void PWM200ms(c)
32 {
33     int ONTime[25] = {25,30,35,40,45,50,55,60,65,70,75,80,85,90,95,100,105,110,115,120,125,130,135,140,145,150,155,160};
34     long t;
35 }
```



Periphere Funktionswerte mit Systemviewer

GPIOC->IDR
P0: IDR0..7

GPIOC

Property	Value
CRL	0x00000000
CRH	0x00000000
IDR	0x00000000
IDR0	0x00000000
IDR1	0x00000000
IDR2	0x00000000
IDR3	0x00000000
IDR4	0x00000000
IDR5	0x00000000
IDR6	0x00000000
IDR7	0x00000000
IDR8	0x00000000
IDR9	0x00000000
IDR10	0x00000000
IDR11	0x00000000
IDR12	0x00000000
IDR13	0x00000000
IDR14	0x00000000
IDR15	0x00000000

GPIOE->ODR
P1: ODR8..15

GPIOE

Property	Value
CRL	0x33444444
CRH	0x22222222
IDR	0x00000000
IDR0	0x00000000
IDR1	0x00000000
IDR2	0x00000000
IDR3	0x00000000
IDR4	0x00000000
IDR5	0x00000000
IDR6	0x00000000
IDR7	0x00000000
IDR8	0x00000000
IDR9	0x00000000
IDR10	0x00000000
IDR11	0x00000000
IDR12	0x00000000
IDR13	0x00000000
IDR14	0x00000000
IDR15	0x00000000

ODR

Property	Value
[Bits 31..0] RO (@ 0x400)	0x00000000
data register (GPIOOn_ODR)	
ODR0	0x00000000
ODR1	0x00000000
ODR2	0x00000000
ODR3	0x00000000
ODR4	0x00000000
ODR5	0x00000000
ODR6	0x00000000
ODR7	0x00000000
ODR8	0x00000000
ODR9	0x00000000
ODR10	0x00000000
ODR11	0x00000000
ODR12	0x00000000
ODR13	0x00000000
ODR14	0x00000000
ODR15	0x00000000

16.2 Verfolgen des Programmlaufs

Werden die **Programmschritte** in richtiger Reihenfolge erreicht und ausgeführt, **Verzweigungen** ausgeführt, **Schleifen** wiederholt und **Unterprogramme** erreicht und ausgeführt?

RESET STOP Step over Run to cursorline



RUN Step into Step out Show next statement

16.3 Überprüfen der Daten

Im Stepbetrieb am Cursor und im Watchfenster beobachten:

- Variablenwerte: Rechenresultat, Bereichsüberschreitung,
- Überlauf, erreichbare Bereichsgrenzen
- Logische Entscheidung True/False,
- logische Bitverknüpfungswerte 00...FF
- Übergabe- und Rückgabewerte von Unterprogrammen
- Ein-/Ausgabewerte am richtigen Ort mit richtigem Wert.

Stufe = 0x33
|
Stufe++;

Menu/Debug/Add ... to Watch1

Watch 1	
Name	Value
`Stufe	0x00
`Stufe	0x00
<double-click or F2 to a...	

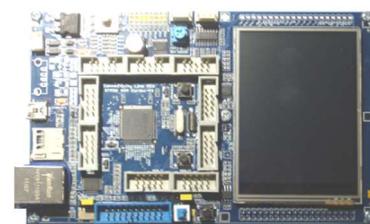
Im Runbetrieb mit Breakpoints auf den Problemzeilen

- Korrekte Verzweigung,
- Anzahl Wiederholungen,
- Unterprogrammeinsprung

16.4 Programmtest durch Zielsystemdebugging

Prinzip: Das Programm wird unter Kontrolle des PC's auf dem Zielsystem ausgeführt mit SingleStep, FunctionStep, Run, Variablenbetrachtung

- Beachte:**
- 1) Das Programm läuft bis. 1000x langsamer als in Echtzeit, also ewige Warteschlaufen!
 - 2) Während RUN werden keine Bildschirminfos aufgefrischt, zu grosse Datenmenge!

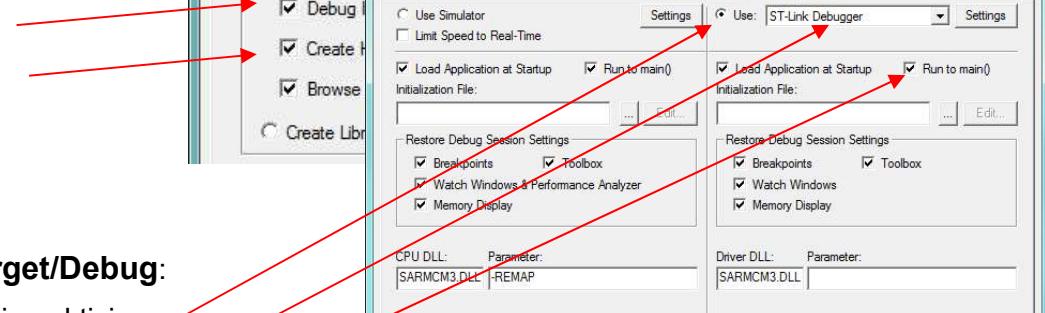


Projekt-Einstellungen für Zielsystemdebugging:



Project/Options for **Target/Output**:

- Debug Information
- Create HEX-File



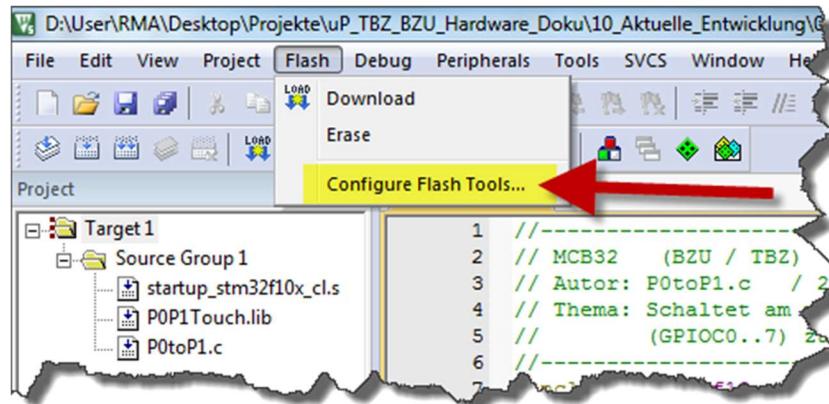
Project/Options for **Target/Debug**:

- Debugging aktivieren
- ST-Link Debugger auswählen
 - Run to main()

16.5 Anhang: Debuggen mit Jtag Interface ST Link V2

Nachfolgend sind die nötigen Schritte für die Bereitstellung des ST-Link-V2 gezeigt.

1. Programm laden und ohne Fehler kompilieren. Dann die Flash tools auswählen.

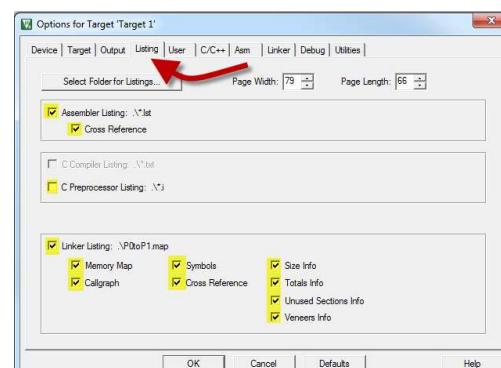
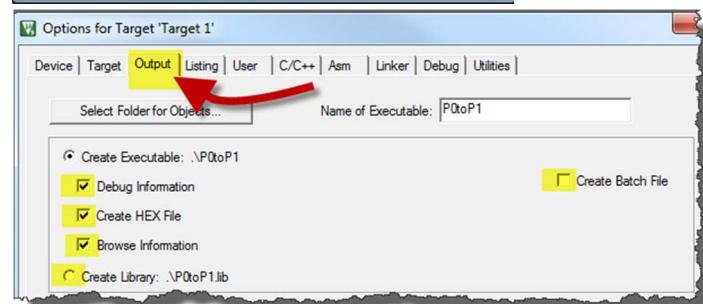


2. Device auswählen und prüfen ob der Chip ausgewählt

STM32F107VC

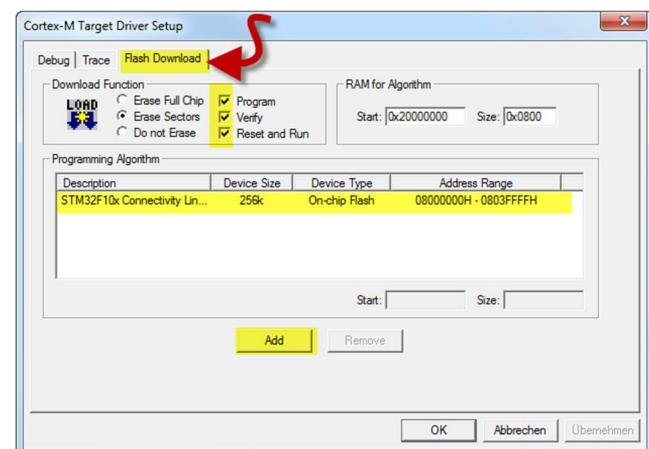
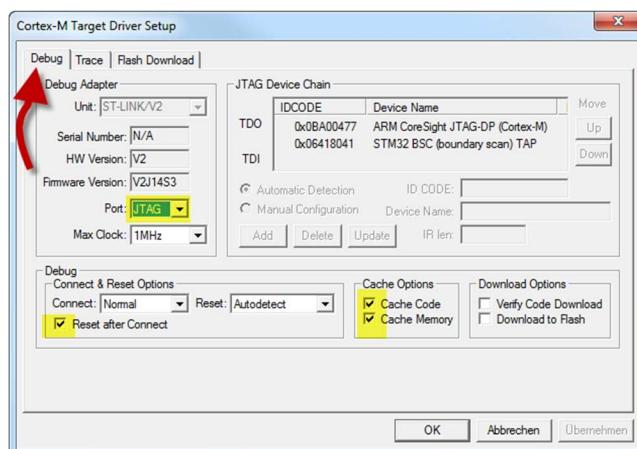
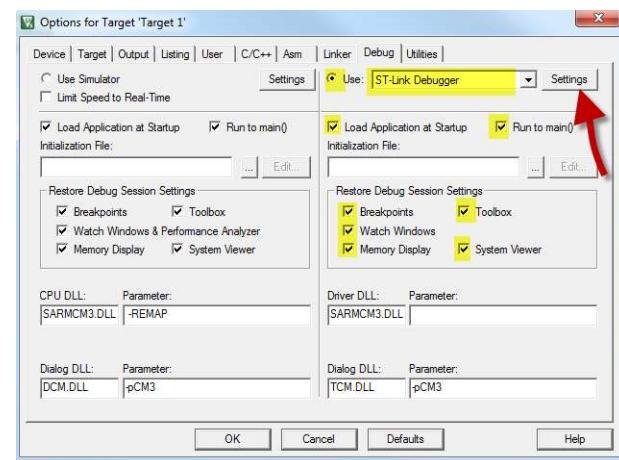


3. Danach die Output- und Listing- Einstellungen kontrollieren.



4. Debugger Einstellungen kontrollieren. Dazu gehören auch die Settings beim Debugger.

Siehe dazu die beiden Bilder unten für DEBUG und Flash-Download.

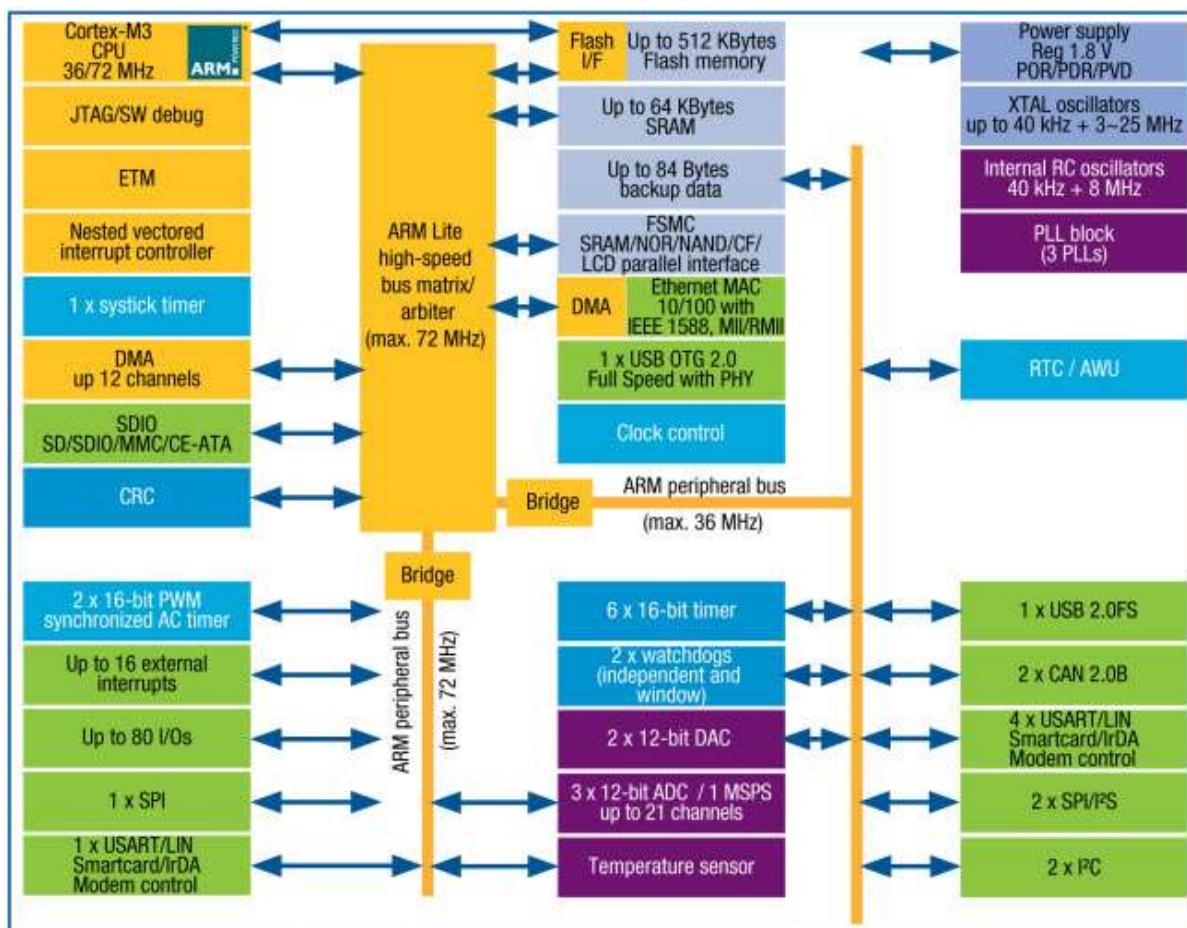


16.5.1 DEBUG FLASH DOWNLOAD

5. Wenn bei den FLASH-Download Einstellungen kein Chip erscheint mit dem ADD Button den richtigen Chip auswählen.
6. Wenn alle Einstellungen nun stimmen kann der HEX Code via JTAG LINK auf den Prozessor geladen werden.

17 Anhang ARM M3

17.1 Blockschema



AWU: Auto wake-up capability with RTC alarm

CAN: Controller area network

CF: CompactFlash

CRC: Cyclic redundancy check

DMA: Direct memory access

ETM: Embedded Trace Macrocell

IrDA: Infrared Data Association

I^SS: Inter-IC sound

LIN: Local interconnect network

MII: Media independent interface

MMC: MultiMediaCard

PDR: Power-down reset

POR: Power-on reset

PVD: Programmable voltage detector

RMII: Reduced media independent interface

RTC: Real-time clock

SDIO: Secure digital input output

SD: Secure digital

USART: Universal sync/async receiver transmitter

18 Anhang Code Beispiele

19 Anhang: Referenzen

- [1] E. Schellenberg, E. Frei / TBZ. Vorlage Script für diese Formatausgabe
- [2] Unterlagen MCB32 / Cityline / E. Malacarne
- [3] Robert Webewr / Berufschulzentrum Uster / Projektvorlagen (div)
Danke Robi für die tollen Vorlagen.
- [4] Link zu Wikipedia. http://de.wikipedia.org/wiki/ARM_Cortex-M3 (1.9.14)
- [5] D. Schoch ; TBZ ; « C-Grundlagen.doc 29.5.2001 » ; Neu erstellt
- [6] E. Frei ; TBZ ; Erweiterungeen in [1] « C-Grundlagen.doc 29.5.2001 «
- [7] Dirk Louis ; C++ « Programmieren mit Beispielen », MT-Verlag
- [8] Link zu Wikipedia: <http://de.wikipedia.org/wiki/Einerkomplement>

20 Anhang Literaturverzeichnis und Links

- [1] R. Jesse, Arm Cortex M3 Mikrocontroller. Einstieg und Praxis, 1 Hrsg., www.mitp.de, Hrsg., Heidelberg: Hüthig Jehle Rehm GmbH, 2014.
- [2] J. Yiu, The definitive Guide to ARM Cortex-M3 and M4 Processors, 3 Hrsg., Bd. 1, Elsevier, Hrsg., Oxford: Elsevier, 2014.

Weblinks <http://www.mikrocontroller.net/topic/158108> // für fehlendes volatile statement

21 Anhang Wichtige Dokumente

Die folgende Liste zeigt auf die wichtigsten Dokumente welche im WEB zu finden sind. Beim Suchen lassen sich noch viele nützliche Links finden.

- Datenblatt ([STM32F107VC](#)) Beschreibung des konkreten Chips für Pinbelegung etc.
- Reference Manual ([STM32F107VC](#)) (>1000Seiten in Englisch)
Ausführliche Beschreibung der Module einer Familie. Unter Umständen sind nicht alle Module im eingesetzten Chip vorhanden – siehe Datenblatt.
- Programming Manual ([Cortex-M3](#))
Enthält beispielsweise Informationen zum Interrupt Controller (NVIC).
- Standard Peripheral Library ([STM32F10x](#))
Im Gegensatz zu anderen MCUs sollen die Register der STM32 nicht direkt angesprochen werden. Dafür dienen die Funktionen der Standard Peripheral Library.
Sie ist auf <http://www.st.com/> zusammen mit einer Dokumentation (Datei: stm32f10x_stdperiph_lib_um.chm) herunterladbar.