



**h\_da**

HOCHSCHULE DARMSTADT  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**fbi**  
FACHBEREICH INFORMATIK

MIKROPROZESSORPRAKTIKUM

WS2019

**Termin 5**

Programmierung für eingebettete Systeme: Pointer, Peripherie, USART,  
SWI

Name, Vorname	Matrikelnummer	Anmerkungen
Datum	Raster (z.B. Mi3x)	Testat/Datum

Legende: V:Vorbereitung, D: Durchführung, P: Protokoll/Dokumentation, T: Testat

## Arbeitsverzeichnis:

Kopieren Sie sich aus dem Ordner /mnt/Originale das Verzeichnis mpsWS2019. Dort finden Sie zu jedem Termin vorgegebene Dateien.

## Lernziele:

Die Programmierung von Funktionen die wiederum andere Funktionen aufrufen. Die Kenntnis der Basistechnologie zur Implementierung einer Schnittstelle zwischen Anwendungsprogrammen und Betriebssystemen. Die Bedeutung und Anwendung von Supervisor- und User-Mode.

## Aufgabenstellung:

Der SWI Befehl führt zu einer Ausnahmebehandlung im Prozessor die mit einem Wechsel in den Supervisor Mode verbunden ist. Dem SWI Befehl kann beim Aufruf eine bis zu 24 Bit große Zahl übergeben werden, die der SWI Handler dazu benutzen kann die gewünschte Funktion auszuwählen.

In der Aufgabe soll ein SWI-Handler genutzt werden, um eine Trennung des Low Level IOs vom Anwendungsprogramm zu erreichen. Dazu sind die Funktionen/Unterprogramme die in den Supervisor-Mode umschalten in Assembler zu implementieren und mit dem Debugger ist die Funktionsweise des Interrupthandlers zu untersuchen.

## Aufgabe 1:

Nehmen Sie die zur Verfügung gestellten Dateien in ein neues Projekt auf, testen und dokumentieren Sie dieses.

Die erzeugten Ausgaben von CR und LF sollten auf einem Terminal an der seriellen Schnittstelle zu sehen sein. Verwenden Sie in einer separaten Shell das Programm „*minicom*“ als Terminalersatz.

Beschreiben Sie den Unterschied der Unterprogramme/Prozeduren `init_ser()` und `swi_init_ser()`.

---

Was passiert, wenn Sie nach CR und LF noch weitere Zeichen (in Echtzeit) auf die gegebene Weise ausgeben?

---

## Aufgabe 2:

Erklären Sie den Code des SWI-Handlers (siehe `swi.c/swi.S`). Debuggen Sie Ihr Programm und lokalisieren Sie die Umschaltung vom User Mode in den Supervisor Mode und zurück.

Woran erkennen Sie, in welchem Mode sich der Prozessor befindet?

---

An welcher Stelle wird der Supervisor Mode verlassen?

---

## Aufgabe 3:

Sie sollen die Funktion `swi_putstring` (siehe `swi_ser_io.S`) in Assembler so ergänzen, dass auch ein String im Superuser Mode auf die serielle Schnittstelle ausgegeben wird. Die Initialisierungs-Funktion `init_ser` und die IO-Funktionen `putch` und `getch` (siehe `seriell.h`) werden dabei über einen SWI (siehe `swi.c`) aufgerufen.

**`void swi_putstring(char *)`** Ausgabe eines nullterminierten Strings und Ersetzung von Newline (`\n`) durch Carriage Return (`0x0D`) und Linefeed (`0x0A`).

## Aufgabe 4:

Entwickeln und **testen** Sie eine Routine, mit der Sie eine vorzeichenbehaftete Integerzahl in einen String wandeln, um diesen dann mit der zuvor entwickelten Routine **`void swi_putstring(char *)`** oder `void_putstring(char *)` auf ein Terminal ausgeben lassen zu können.

Wie wird die größte darstellbare negative Zahl 0x80000000 ausgegeben?

---

### **Aufgabe 5:**

Erstellen Sie zu diesem Termin ein Protokoll mit den Lösungen zu den Aufgaben und Ihren Erkenntnissen. Das Protokoll sollen Sie zu den nächsten Terminen vorlegen können. Denken Sie daran, dass zum letzten (sechsten Termin) eine Dokumentation (Funktions- und Programmbeschreibungen, Installationsanleitung, Inbetriebnahme, Benutzerhandbuch) erstellt werden muss.

```
// FileName: Termin5Aufgabe1.c
// Programmrahmen zur Aufgabe Termin5
// Aufgabe 1
//*****
//
// von:
// vom:
// letzte
// von:

int main(void)
{
    char i;
    // Serielle initialisieren
    inits();
    init_ser();
    // CR und LF auf das Terminal ausgeben
    putc (0xd);
    putc (0xa);
    // ein Zeichen von der seriellen abholen
    i=getc();
    while(!(!putc(i)));
    // String ausgeben
    puts("Hallo! \n");

    return 0;
}
```

```
/*-----  
@ File Name:      seriell.c  
@ Object: Grundfunktionen der seriellen Schnittstelle  
@               int init_ser(); char putch(char); char getch();  
@  
@ Autor:         M.Pester  
@ Datum: 04.12.2007  
@-----*/  
#include "../h/pmc.h"  
#include "../h/pio.h"  
#include "../h/usart.h"  
  
int init_ser(void);  
char putch(char);  
char getch(void);  
  
#define  DEFAULT_BAUD 38400  
#define  CLOCK_SPEED 25000000  
//US_BAUD (CLOCK_SPEED / (16*(DEFAULT_BAUD)))    // 25MHz / ( 16 * 38400) = 40.69 -> 41 -> 0x29  
#define  US_BAUD 0x29  
  
// Initialisiert die serielle Schnittstelle USART0  
int init_ser()  
{  
    StructPIO* piobaseA = PIOA_BASE;  
    StructPMC* pmcbase = PMC_BASE;  
    StructUSART* usartbase0 = USART0;  
  
    pmcbase->PMC_PCER = 0x4; // Clock für US0 einschalten  
    piobaseA->PIO_PDR = 0x18000; // US0 TxD und RxD  
    usartbase0->US_CR = 0xa0; // TxD und RxD disable  
    usartbase0->US_BRGR = US_BAUD; // Baud Rate Generator Register  
    usartbase0->US_MR = 0x8c0; // Keine Parität, 8 Bit, MCKI  
    usartbase0->US_CR = 0x50; // TxD und RxD enable  
  
    return 0;  
}  
  
// Gibt wenn möglich ein Zeichen auf die serielle Schnittstelle aus  
// und liefert das Zeichen wieder zurück  
// wenn eine Ausgabe nicht möglich war wird eine 0 zurück geliefert  
char putch(char Zeichen)  
{  
    StructUSART* usartbase0 = USART0;  
  
    if( usartbase0->US_CSR & US_TXRDY )  
    {  
        usartbase0->US_THR = Zeichen;  
        return Zeichen;  
    }  
    else  
    {  
        return 0;  
    }  
}  
  
// Gibt entweder ein empfangenes Zeichen oder eine 0 zurück  
char getch(void)  
{  
    StructUSART* usartbase0 = USART0;  
    char Zeichen;  
  
    if( usartbase0->US_CSR & US_RXRDY )  
        return usartbase0->US_RHR;  
    else  
        return 0;  
}  
}
```

```

@-----
@ File Name:      ser_io.S
@ Object:        Ein- Ausgabe-Funktionen der seriellen Schnittstelle
@               welche ueber den Supervisor-Mode gehen
@
@ Namen :        Matr.-Nr.:
@-----
@ Debuginformationen
.file "ser_io.S"
@ Funktion
.text
.align 2
.global inits
.type inits,function
inits:
    swi    0x100    @ Rücksprung
    bx     lr
@ Funktion
.text
.align 2
.global putc
.type putc,function
putc:
    mov    r1, r0    @ Zeichen nach r1
    ldr    r0, =Zeichen @ Adresse der globalen Variablen holen
    str    r1, [r0] @ Zeichen in globale Variable
    swi    0x200    @
    ldr    r1, =Zeichen @ Adresse der globalen Variablen holen
    ldr    r0, [r1] @ Zeichen aus globalen Variable
    bx     lr
@ Funktion
.text
.align 2
.global getc
.type getc,function
getc:
    ldr    r0, =Zeichen @ Adresse der globalen Variablen holen
    swi    0x300
    ldr    r0, =Zeichen @ Adresse der globalen Variablen holen
    ldr    r0, [r0] @ empfangenes Zeichen zurueck geben
    bx     lr
@ Funktion
.text
.align 2
.global puts
.type puts,function
puts:
    stmfd sp!,{lr}    @ Retten der Register

// Hier muß Ihr Code eingefügt werden.
    ldmfd sp!,{pc}    @ Rücksprung
@ Funktion
.text
.align 2
.global gets
.type gets,function
gets:
    stmfd sp!,{lr}    @ Retten der Register

// Hier könnte Ihr Code eingefügt werden!
    ldmfd sp!,{pc}    @ Rücksprung

.data
Zeichen: .word 0
.end
    
```

```
/*-----  
@ File Name:      swi.c  
@ Object:         SoftwareInterruptHandler  
@  
@ Autor:         Horsch/Pester  
@ Datum:         3.12.2007/Januar2011  
@-----*/  
void SWIHandler () __attribute__ ((interrupt ("SWI")));  
  
void SWIHandler()  
{  
    register int reg_r0 asm ("r0");  
    register int *reg_14 asm ("r14");  
  
    switch( *(reg_14 - 1) & 0x00FFFFFF)    // Maskieren der unteren 24 Bits  
  
        // und Verzweigen in Abh. der SWI Nummer  
    {  
        case 0x100:  
            init_ser();  
            break;  
        case 0x200:  
            *((char *)reg_r0) = putchar(*((char *)reg_r0));  
            break;  
        case 0x300:  
            *((char *)reg_r0) = (unsigned int) getch();  
            break;  
    }  
}  
  
# Vorschlag eines Makefile zu Termin5 SS2011  
  
FILE = Termin5Aufgabe1  
Opti = 1  
  
all:  
  
# uebersetzen der Quelldatei  
    arm-elf-gcc -c -g -O$(Opti) $(FILE).c -I ../h  
  
# Erzeugen einer Assemblerdatei aus der Quelldatei  
    arm-elf-gcc -S -O$(Opti) $(FILE).c -I ../h  
    arm-elf-gcc -S -O$(Opti) seriell.c -I ../h  
    arm-elf-gcc -S -O$(Opti) swi.c -I ../h  
  
# Erzeugen der benoetigten Objektdateien  
# eigener SoftWareInterrupt-Handler  
    arm-elf-gcc -c -g -O$(Opti) swi.c -o swi.o -I ../h  
    arm-elf-gcc -c -g -O$(Opti) seriell.c -o seriell.o -I ../h  
    arm-elf-gcc -c -g -O$(Opti) ser_io.S -o ser_io.o -I ../h  
    arm-elf-gcc -c -g -O$(Opti) ../boot/boot_ice.S -o boot_ice.o -I ../h  
  
# Binden fuer die RAM-Version  
#    arm-elf-ld -Ttext 0x02000000 -O$(Opti) boot_ice.o swi.o seriell.o ser_io.o $(FILE).o -o $(FILE).elf  
/usr/local/arm-elf/lib/gcc/arm-elf/4.3.1/libgcc.a  
    arm-elf-ld -Ttext 0x02000000 -O$(Opti) boot_ice.o swi.o seriell.o ser_io.o $(FILE).o -o $(FILE).elf  
/usr/local/arm-elf/lib/gcc/arm-elf/4.3.1/libgcc.a  
  
clean:  
    rm *.o  
    rm *.s  
    rm *.elf  
    rm *.rom
```