



MIKROPROZESSORPRAKTIKUM

SS2023

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 „sftp://stxxxxxx@userv-shell.fbi.h-da.de/share/LabDisk/MI/“ den Ordner mpsSS2023. Dort finden Sie zu jedem Termin vorgegebene Dateien.

Lernziele:

Die Kenntnis der Basistechnologie zur Implementierung einer Schnittstelle zwischen Anwendungsprogrammen und Betriebssystemen. Die Bedeutung und Anwendung Supervisor- und User-Mode. Möglichkeiten der Ein- und Ausgabe von Zeichen über eine serielle Schnittstelle. Vorbereiten von Test-szenarien bei Zugriff auf ein Zielsystem im Labor.

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 ein bis zu 24 Bit großer Wert übergeben werden, der in einem SWI Handler dazu benutzt werden kann eine gewünschte Funktion/Aktion auszuwählen.

In der Aufgabe soll ein SWI-Handler gezeigt/genutzt werden, um eine Trennung des Low Level I/Os vom Anwendungsprogramm zu erreichen. Dazu sind die Funktionen/Unterprogramme die im Supervisor-Mode ausgeführt werden in Assembler implementiert/zu implementieren. Mit dem Debugger ist die Funktionsweise des SWI-Handlers zu untersuchen.

Aufgabe 1:

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

Ermitteln Sie welche Parameter in der Terminalemulation (z.B. minicom) einzustellen sind, damit eine Kommunikation über die serielle Schnittstelle funktionieren wird.

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

Was passiert oder könnte passieren, wenn Sie direkt nach den Ausgaben von LF und CR durch `putch(0xa)` und `putcswi(0xd)` noch weitere Zeichen mit `putch('a')` und/oder `putcswi('b')` (in Echtzeit) auf die gegebene Weise ausgeben und warum?

Die erzeugten Ausgaben von CR (Wagenrücklauf) und LF (Zeilenvorschub) sollten auf einem Terminal an der seriellen Schnittstelle zu sehen sein. Verwenden Sie in einer separaten Shell das Programm „*minicom*“ als Terminalersatz. Hinweis: „*minicom*“ muss auf dem zum Entwicklungssystem zugehörigen PC gestartet werden.

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:

Die Initialisierungs-Routine `void initsswi(void)` und die IO-Funktionen `char putcswi(char)` und `char getcswi()` ermöglichen es, die vorhandenen in C geschriebenen Programme `int init_ser(void)`, `char putch(char)` und `char getch(void)` im Supervisor Modus auszuführen. Die benötigten Rückgabewerte der in C-geschriebenen Funktionen werden entsprechend durch gereicht. Also auch wenn die serielle Schnittstelle nicht bereit wäre, liegt die Entscheidung beim Nutzer, ob auf die gerade nicht sende- oder empfangsbereite Schnittstelle gewartet werden soll.

Wie könnten/müssten die Aufrufe der Funktionen `char putcswi(char)`, `char getcswi(void)`, `char putch(char)` und `char getch(void)` verpackt werden, damit gewartet wird, bis ein Zeichen gesendet bzw. empfangen wurde. Testen Sie Ihre Lösung und weisen Sie die Funktionalität nach.

Aufgabe 4:

Können Sie den fehlenden in Assembler zu implementierenden Programmteil für `int putsswi(char *)` (siehe *ser_io.S*) so ergänzen, dass auch ein String im Supervisor Mode auf die serielle Schnittstelle ausgegeben wird?

`int putsswi(char *)` Ausgabe eines nullterminierten Strings und Rückgabe der Anzahl der ausgegebenen Zeichen.

Sie können auch die in C geschriebene Routine `int puts(char *)` zur Ausgabe von Strings nutzen.

Hinweis: Für den Termin 6 benötigen Sie für die serielle Ein- und Ausgaben keine privilegierten Rechte.

Aufgabe 5:

Entwickeln und **testen** Sie für Ihr Projekt eine möglichst effektive und speichersparende Routine, mit der Sie eine vorzeichenbehaftete Integerzahl in einen String zur Ausgabe auf die Konsole (serielle Schnittstelle) wandeln.

Mit welchen Werten werden Sie Ihre Routine testen, um die volle/richtige Funktionalität nachzuweisen?

Aufgabe 6:

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) auch eine Dokumentation zu Ihrem Projekt (Funktions- und Programmbeschreibungen, Installationsanleitung, Inbetriebnahme, Benutzerhandbuch) vorgelegt werden soll.

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

int main(void)
{
    char Zeichen = 0;
    // Serielle initialisieren
    init_ser();
    initsswi();
    // CR und LF auf das Terminal ausgeben
    putch (0xa);
    putcswi (0xd);
    // ein evtl. vorhandenes Zeichen von der seriellen (Eingabe über Terminal) abholen und ausgeben
    Zeichen=getch();
    if (Zeichen !=0)
        while(![putch(Zeichen)]);
    // String ausgeben
    puts("Hallo! \n");
    putsswi(,swiHallo!\n");

    return 0;
}
```

Vorschlag eines Makefile zu Termin5 SS2021

```
# Quelldatei
FILE = Termin5Aufgabe1
# Toolchain
TOOLCHAIN = arm-eab63-elf
# Compiler
COMPILER = gcc
# Linker/Binder
LINKER = ld
# Pfad zur libgcc.a
# fuer RA_MPS_SS2021.o
LIBGCC = /opt/arm-eab63-elf/lib/gcc/arm-eab63-elf/4.4.1/libgcc.a
# Debugger
DEBUGGER = insight
# Optimierungsstufe
OPTI = 0

# Bauen
all:
# uebersetzen der Quelldatei
    $(TOOLCHAIN)-$(COMPILER) -c -g -O$(OPTI) $(FILE).c -I ../h

# Erzeugen der Assemblerdateien aus den Quelldateien
    $(TOOLCHAIN)-$(COMPILER) -S -O$(OPTI) $(FILE).c -I ../h
    $(TOOLCHAIN)-$(COMPILER) -S -O$(OPTI) seriell.c -I ../h
    $(TOOLCHAIN)-$(COMPILER) -S -O$(OPTI) swi.c -I ../h

# Erzeugen der benoetigten Objektdaten
# eigener SoftwareInterrupt-Handler
    $(TOOLCHAIN)-$(COMPILER) -c -g -O$(OPTI) swi.c -o swi.o -I ../h
    $(TOOLCHAIN)-$(COMPILER) -c -g -O$(OPTI) seriell.c -o seriell.o -I ../h
    $(TOOLCHAIN)-$(COMPILER) -c -g -O$(OPTI) ser_io.S -o ser_io.o -I ../h
    $(TOOLCHAIN)-$(COMPILER) -c -g -O$(OPTI) ../boot/boot_ice.S -o boot_ice.o -I ../h

# Binden fuer die RAM-Version
    $(TOOLCHAIN)-$(LINKER) -Ttext 0x02000000 -O$(OPTI) boot_ice.o swi.o seriell.o ser_io.o $(FILE).o -o $(FILE).elf $
(LIBGCC)
#    $(TOOLCHAIN)-$(LINKER) -Ttext 0x02000000 -O$(OPTI) boot_ice.o swi.o seriell.o $(FILE).o -o $(FILE).elf $(LIBGCC)

# Debugger starten
debug:
    $(TOOLCHAIN)-$(DEBUGGER) $(FILE).elf

# Aufräumen
clean:
    rm -f *.o
    rm -f *.s
    rm -f *.elf
    rm -f *.rom

# BDI2000 zuruecksetzen funktioniert auf den Laborechnern MI-2014-x
bdireset:
    bash bdi_reset
```

```
/*-----
@ 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
//CD = (CLOCK_SPEED / (16*(DEFAULT_BAUD))) // 25MHz / (16 * 38400) = 40.69 -> 41 -> 0x29
#define CD 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 = CD; // 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;
    }
    else
    {
        Zeichen = 0;
    }
    return Zeichen;
}

// Gibt entweder ein empfangenes Zeichen oder eine 0 zurück
char getch(void)
{
    StructUSART* usartbase0 = USART0;
    char Zeichen;

    if( usartbase0->US_CSR & US_RXRDY )
        Zeichen = usartbase0->US_RHR;
    else
        Zeichen = 0;

    return Zeichen;
}
```

```

@-----
@ 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         initsswi
.type           initsswi,function
initsswi:
    swi          0x100      @ Rücksprung
    bx           lr
@ Funktion
.text
.align          2
.global         putcswi
.type           putcswi,function
putcswi:
    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         getcswi
.type           getcswi,function
getcswi:
    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         putsswi
.type           putsswi,function
putsswi:
    stmfd        sp!, {lr}   @ Retten der Register

// Hier koennte Ihr Code eingefügt werden.

    ldmfd        sp!, {pc}   @ Rücksprung
@ Funktion
.text
.align          2
.global         getsswi
.type           getsswi,function
getsswi:
    stmfd        sp!, {lr}   @ Retten der Register

// Hier könnte Ihr Code eingefügt werden!

    ldmfd        sp!, {pc}   @ Rücksprung

.data
Zeichen: .byte 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) & 0x0FFFFFFF)    // Maskieren der unteren 24 Bits  
  
        // und Verzweigen in Abh. der SWI Nummer  
    {  
        case 0x100:  
            init_ser();  
            break;  
        case 0x200:  
            *((char *)reg_r0) = putch(*((char *)reg_r0));  
            break;  
        case 0x300:  
            *((char *)reg_r0) = (unsigned int) getch();  
            break;  
    }  
}
```