

MUSTERPRÜFUNG B	Blatt Nr.: 1 von 13
Studiengang: Kommunikationstechnik Softwaretechnik Technische Informatik	Semester: SWB4, TIB4, KTB4
Prüfungsfach: Computerarchitektur 3	Fachnummer: 4021
Hilfsmittel: Vorlesungs- und Labormanuskript, Fachliteratur, Taschenrechner	Dauer: 90 min

Tragen Sie hier bitte Ihren Namen ein:

Vorname:	Nachname:
----------	-----------

Aufgabe 1: Verständnisfragen (25 Punkte)

1.1 Erklären Sie in Stichworten die Begriffe Linken (linking) und Lokieren (locating).

Lösung zu Aufgabe 1.1:

1.2 Daten können im Speicher in „Little Endian“ oder „Big Endian“-Form abgelegt sein. Tragen Sie unten den hexadezimalen Wert \$12345678 im „Little Endian“-Format für einen 32-Bit-Rechner ab der Adresse \$1000 ein.

Lösung zu Aufgabe 1.2:

Adresse	Wert
0x1000	
0x1001	
0x1002	
0x1003	

Bitte geben Sie alle Aufgabenblätter wieder ab!

MUSTERPRÜFUNG B	Blatt Nr.: 2 von 13
Studiengang: Kommunikationstechnik Softwaretechnik Technische Informatik	Semester: SWB4, TIB4, KTB4
Prüfungsfach: Computerarchitektur 3	Fachnummer: 4021
Hilfsmittel: Vorlesungs- und Labormanuskript, Fachliteratur, Taschenrechner	Dauer: 90 min

- 1.3** Der Mikrocontroller vom Typ HCS12 unterstützt verschiedene Adressierungsarten. Im Folgenden sind Beispiele gegeben. Schreiben Sie die genaue Bezeichnung der Adressierungsart jeweils hinter das Beispiel. Einen der Befehle gibt es so nicht. Markieren Sie diesen mit einem Kreuz.

Lösung zu Aufgabe 1.3:

```
STAA 9,Y
EXG D,X
BRA loop
ADDD 9,X+
ROL [D,Y]
```

- 1.4** Markieren Sie im folgenden Assemblerlisting (einkreisen und benennen) jeweils ein Beispiel für **Maschinencode**, **Assemblerbefehl**, **Operand**, **Current Location Counter**, **Sprungmarke (Label)** und **Pseudoassemblerbefehl (Assembler Direktive)**.

Listing und Lösung zu Aufgabe 1.4:

```
28 000000          platzhalter DS.B 1
29
30
31          STACK_RAM: SECTION
32 000000          stack      DS.B 100
33
34
35          MyCode:      SECTION
36          main:
37
38
39 000000 10EF          CLI
40 000002 CFxx xx      LDS    #stack+$100
41 000005 86FF          LDAA  #$ff
42 000007 5A03          STAA  DDRB
43 000009 180B FF02     MOVB  #255, DDRP
44          00000D 5A
45 00000E 7A02 58       STAA  PTP
46
47          loop:
48 000011 180B 01xx     MOVB  #1,platzhalter
```

MUSTERPRÜFUNG B		Blatt Nr.: 3 von 13
Studiengang: Kommunikationstechnik Softwaretechnik Technische Informatik	Semester: SWB4, TIB4, KTB4	
Prüfungsfach: Computerarchitektur 3	Fachnummer: 4021	
Hilfsmittel: Vorlesungs- und Labormanuskript, Fachliteratur, Taschenrechner	Dauer: 90 min	

1.5 Was bedeuten die „xx“ im Assemblerlisting aus Aufgabe 1.4, z.B. **CFxx xx**?

Lösung zu Aufgabe 1.5:

1.6 Nehmen Sie an, der HCS12-Rechner im Labor ist gerade in eine Unterbrechungsroutine (ISR1) gesprungen und steht direkt vor dem Laden des ersten Befehls dieser ISR1 aus dem Programmspeicher. Genau in diesem Moment tritt eine zweite, höher priorisierte Unterbrechung mit zugehöriger Unterbrechungsroutine ISR2 auf. Wird der erste Befehl von ISR1 oder von ISR2 zuerst ausgeführt? Bitte genau begründen.

Lösung zu Aufgabe 1.6:

MUSTERPRÜFUNG B	Blatt Nr.: 4 von 13
Studiengang: Kommunikationstechnik Softwaretechnik Technische Informatik	Semester: SWB4, TIB4, KTB4
Prüfungsfach: Computerarchitektur 3	Fachnummer: 4021
Hilfsmittel: Vorlesungs- und Labormanuskript, Fachliteratur, Taschenrechner	Dauer: 90 min

Aufgabe 2: Programmanalyse (25 Punkte)

Das folgende Programm stellt eine Funktion in HCS12-Assembler dar, die von einem C-Programm aufgerufen werden kann. Die C-Prototyp-Definition sieht so aus:

```
int func(int arg1, int arg2);
```

Listing zu Aufgabe 2:

```

1  func: LEAS  -2, SP
2          STD  2, -SP
3          LDD  6, SP
4          CPD  #0
5          BGE  B1
6          LDD  0, SP
7          CPD  #0
8          BGT  B2
9  B1:     LDD  6, SP
10         CPD  #0
11         BLE  B3
12         LDD  0, SP
13         CPD  #0
14         BGE  B3
15  B2:     LDD  6, SP
16         NEGA
17         NEGB
18         SBCA #0
19         LDY  0, SP
20         EMUL
21         STD  2, SP
22         BRA  B4
23  B3:     LDD  6, SP
24         LDY  0, SP
25         EMUL
26         STD  2, SP
27  B4:     LDD  2, SP
28         LEAS 4, SP
29         RTS

```

2.1 Die Funktion wird folgendermaßen aufgerufen: `e = func(-4, 2)`. Welcher Wert steht nach Ausführung von Zeile 3 im D-Register?

Lösung zu Aufgabe 2.1:

MUSTERPRÜFUNG B	Blatt Nr.: 5 von 13
Studiengang: Kommunikationstechnik Softwaretechnik Technische Informatik	Semester: SWB4, TIB4, KTB4
Prüfungsfach: Computerarchitektur 3	Fachnummer: 4021
Hilfsmittel: Vorlesungs- und Labormanuskript, Fachliteratur, Taschenrechner	Dauer: 90 min

2.2 Die Funktion wird folgendermaßen aufgerufen: `e = func(-4, 2)`. Welcher Wert steht nach Ausführung von Zeile 7 im D-Register?

Lösung zu Aufgabe 2.2:

2.3 Die Funktion wird folgendermaßen aufgerufen: `e = func(-4, 2)`. Welcher Wert steht nach Ausführung von Zeile 19 im D-Register?

Lösung zu Aufgabe 2.3:

2.4 Wie wird das Ergebnis an die aufrufende Funktion zurückgegeben und welchen Wert hat das Ergebnis, wenn die Funktion folgendermaßen aufgerufen wird: `e = func(-4, 2)`.

Lösung zu Aufgabe 2.4:

2.5 Erstellen Sie ein zum Assemblerlisting äquivalentes C-Programm (Hinweis: Das gibt die meisten Punkte!) und geben Sie das Ergebnis an, wenn die Funktion so aufgerufen wird:

`e = func(2, -4) :`

Lösung zu Aufgabe 2.5:

```
int func(int arg1, int arg2)
{
```

MUSTERPRÜFUNG B	Blatt Nr.: 6 von 13
Studiengang: Kommunikationstechnik Softwaretechnik Technische Informatik	Semester: SWB4, TIB4, KTB4
Prüfungsfach: Computerarchitektur 3	Fachnummer: 4021
Hilfsmittel: Vorlesungs- und Labormanuskript, Fachliteratur, Taschenrechner	Dauer: 90 min

Aufgabe 3: Adressierungsarten und Stack (25 Punkte):

3.1

In einem HCS12-Assemblerprogramm sind folgende globalen Variablen definiert:

```
.const:    SECTION
           ORG    $D000
tabelle1:  DC.B   $19, $28, $37, $46, $55, $64, $73, $82
tabelle2:  DC.W   $D002, $D004
```

Geben Sie den Inhalt der CPU-Register D, X und Y nach jedem Assemblerbefehl an, wenn das folgende Programm ausgeführt wird. Es reicht aus, wenn Sie bei jedem Befehl diejenigen Registerwerte eintragen, die sich jeweils ändern.

Assemblerbefehle	D	X	Y
	\$0000	\$0000	\$0000
LDX tabelle1			
LDY #tabelle1			
LDX 3, Y			
LDD 2, Y+			
LDX -1, Y			
LEAY 2, +Y			
LDX #4			
LDD tabelle1, X			
LDX #tabelle2			
LDD [0, X]			

MUSTERPRÜFUNG B	Blatt Nr.: 7 von 13
Studiengang: Kommunikationstechnik Softwaretechnik Technische Informatik	Semester: SWB4, TIB4, KTB4
Prüfungsfach: Computerarchitektur 3	Fachnummer: 4021
Hilfsmittel: Vorlesungs- und Labormanuskript, Fachliteratur, Taschenrechner	Dauer: 90 min

3.2

In einem C-Programm seien die folgenden globalen Variablen definiert:

```
char valA, valB;
char m;
```

Diese Variablen werden im folgenden C-Programm verwendet, das Sie „von Hand“ in die entsprechenden HCS12-Assemblerbefehle übersetzen sollen. Die Definition der globalen Variablen muss nicht übersetzt werden. Assemblerdirektiven wie XDEF, XREF, INCLUDE, SECTION usw. dürfen weggelassen werden.

a) Geben Sie den Assembler-Programmcode an:

Lösung zu Frage 3.2a:

C-Programm

```
//***** Hauptprogramm *****
void main(void)
{
    . . .
    m = max(valA, valB);
    . . .
}

//***** Unterprogramm *****
char max(char a, char b)
{
    char tempMax = b;

    if (tempMax < a) //Zeile (*)
        tempMax = a;

    return tempMax;
}
```

HCS12-Assembler-Programm

MUSTERPRÜFUNG B	Blatt Nr.: 8 von 13
Studiengang: Kommunikationstechnik Softwaretechnik Technische Informatik	Semester: SWB4, TIB4, KTB4
Prüfungsfach: Computerarchitektur 3	Fachnummer: 4021
Hilfsmittel: Vorlesungs- und Labormanuskript, Fachliteratur, Taschenrechner	Dauer: 90 min

b) Tragen Sie in die folgende Tabelle den Zustand des Stacks zu dem Zeitpunkt ein, zu dem die als „Zeile (*)“ markierte C-Anweisung ausgeführt wird und geben Sie an, auf welche Speicherzelle der Stack Pointer zu diesem Zeitpunkt zeigt.

Lösung zu Frage 3.2b:

Anfang des Stacks

Ende des Stacks

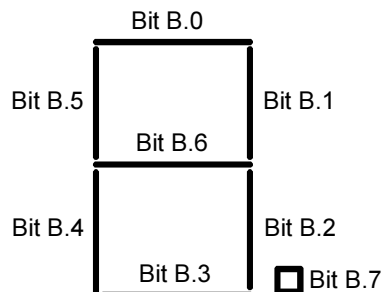
← 1 Byte →

MUSTERPRÜFUNG B	Blatt Nr.: 9 von 13
Studiengang: Kommunikationstechnik Softwaretechnik Technische Informatik	Semester: SWB4, TIB4, KTB4
Prüfungsfach: Computerarchitektur 3	Fachnummer: 4021
Hilfsmittel: Vorlesungs- und Labormanuskript, Fachliteratur, Taschenrechner	Dauer: 90 min

Aufgabe 4: HCS12-Peripheriebausteine (35 Punkte):

Im Programmfragment auf der folgenden Seite werden der A/D-Umsetzer, die PWM- und RTI-Einheit des HCS12 sowie eine Stelle der Sieben-Segment-Anzeige des Dragon12-Entwicklungsboards verwendet. Dabei soll die Helligkeit der Sieben-Segment-Anzeige vom Benutzer durch das Potentiometer am A/D-Umsetzer Kanal 7 eingestellt und über das PWM-Signal P.0 verändert werden können.

Die Kathoden der LEDs der Sieben-Segment-Anzeige sind miteinander verbunden und an Port P.0 angeschlossen. Die Anoden sind über Vorwiderstände an den Port B.7...0 angeschlossen. Die Zuordnung der Segmente ist wie folgt:



4.1

Die Initialisierung der verschiedenen Peripheriekomponenten erfolgt in den Unterprogrammen `initPorts`, `initADC`, `initPWM`, `initRTI`. Geben Sie den Programmcode für das Unterprogramm `initPorts` an, das alle notwendigen Portanschlüsse für den Betrieb der Sieben-Segment-Anzeige geeignet initialisiert. Die Sieben-Segment-Anzeige soll dabei eingeschaltet werden und den Wert '8' anzeigen. Die ebenfalls an Port B angeschlossenen 8 einzelnen LEDs auf dem Dragon12-Board sollen dagegen dunkel bleiben, wenn das Programm läuft. Vergessen Sie nicht, den Programmcode so zu kommentieren, dass der Sinn der verschiedenen Befehle klar wird.

Lösung zu Frage 4.1:

MUSTERPRÜFUNG B	Blatt Nr.: 10 von 13
Studiengang: Kommunikationstechnik Softwaretechnik Technische Informatik	Semester: SWB4, TIB4, KTB4
Prüfungsfach: Computerarchitektur 3	Fachnummer: 4021
Hilfsmittel: Vorlesungs- und Labormanuskript, Fachliteratur, Taschenrechner	Dauer: 90 min

Unvollständiger Programmcode zu Aufgabe 4:

```

XDEF Entry, main

XREF __SEG_END_SSTACK

INCLUDE 'mc9s12dp256.inc'

.data: SECTION
value: DS.B 1

.const:SECTION
decoder: DC.B $3F, $06, $5B, $4F, $66, $6D, $7D, $07
        DC.B $7F, $6F, $77, $7C, $39, $5E, $79, $71

.init: SECTION

;***** Hauptprogramm *****
main:
Entry:  LDS    #__SEG_END_SSTACK
        CLI

        JSR    initPorts
        JSR    initADC
        JSR    initPWM
        JSR    initRTI

loop:   LDAB    value
        STAB    PWMDTY0
        LSRB
        LSRB
        LSRB
        LSRB
        CLRA
        TFR     D, X
        LDAB    decoder, X
        STAB    PORTB

        BRA     loop

;***** Unterprogramme *****
initADC:
        MOVB    #%11000000, ATD0CTL2    ; ADC freigeben, Polling
        MOVB    #%00001000, ATD0CTL3    ; Einzelne Wandlung (SC=1)
        MOVB    #%00000101, ATD0CTL4    ; 10bit Auflösung, 2MHz Takt
        MOVB    #%10000111, ATD0CTL5    ; Start 1.Wandlung für Kanal 7
        RTS

```

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Bitte geben Sie alle Aufgabenblätter wieder ab!

MUSTERPRÜFUNG B	Blatt Nr.: 11 von 13
Studiengang: Kommunikationstechnik Softwaretechnik Technische Informatik	Semester: SWB4, TIB4, KTB4
Prüfungsfach: Computerarchitektur 3	Fachnummer: 4021
Hilfsmittel: Vorlesungs- und Labormanuskript, Fachliteratur, Taschenrechner	Dauer: 90 min

```

initPWM:                                ; PWM Einheit konfigurieren
      MOVB  #$01, PWMCLK                ; Taktsignal
      MOVB  #$07, PWMPRCLK
      MOVB  #$05, PWMSCLA
      MOVB  #$00, PWMPOL                ; Polarität
      MOVB  #255, PWMPER0               ; Periodendauer
      BSET  PWME, #$01                 ; PWM Kanal 0 freigeben
      RTS

```

4.2

Betrachten Sie die Endlosschleife ab der Marke `loop` im Hauptprogramm. Nehmen Sie dabei an, dass die globale Variable den Wert `value = $80` hat.

a) Welche hexadezimalen Zahlenwerte stehen in den Registern `D` und `X`, wenn das Programm den Befehl `BRA loop` erreicht?

Lösung zu Frage 4.2a:

D =

X =

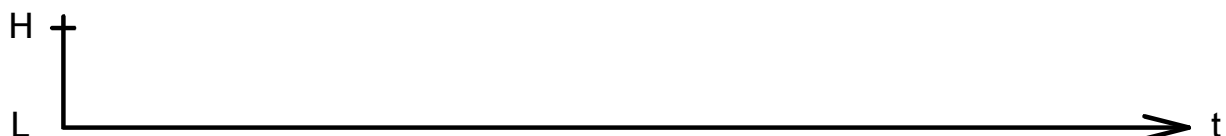
b) Welche Anzeige sehen Sie dann auf der Sieben-Segment-Anzeige

Lösung zu Frage 4.2b:

4.3

Im Unterprogramm `initPWM` wird die PWM-Einheit konfiguriert. Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf des Signals am Portanschluss P.0, nachdem `initPWM` aufgerufen und die Hauptprogrammschleife bis zum Befehl `BRA loop` durchlaufen wurde, wobei die Variable den Wert `value = $40` haben soll. Geben Sie die Impuls- und die Periodendauer des Signals in Mikroskunden an und tragen Sie die Werte in das Zeitdiagramm ein:

Lösung zu Frage 4.3: Zeitverlauf des PWM-Signals P.0



MUSTERPRÜFUNG B	Blatt Nr.: 12 von 13
Studiengang: Kommunikationstechnik Softwaretechnik Technische Informatik	Semester: SWB4, TIB4, KTB4
Prüfungsfach: Computerarchitektur 3	Fachnummer: 4021
Hilfsmittel: Vorlesungs- und Labormanuskript, Fachliteratur, Taschenrechner	Dauer: 90 min

Fortsetzung der Lösung zu Frage 4.3:

- Periodendauer des PWM-Signals P.0: $T_P =$
- Dauer der High-Phase des PWM-Signals P.0: $T_{High} =$
- Dauer der Low-Phase des PWM-Signals P.0: $T_{Low} =$

4.4

Das vorgegebene Programm soll um eine Interrupt-Service-Routine `isrRTI` erweitert werden, die durch den RTI-Interrupt periodisch aufgerufen wird. Die Initialisierung und der Start des RTI sollen in der Funktion `initRTI` erfolgen.

a) Die erforderlichen Teilerfaktoren für den RTI-Takteiler werden mit $X=7$ und $Y=0$ gewählt. Mit welcher Frequenz wird der RTI-Interrupt aufgerufen?

Lösung zu Frage 4.4a:

Frequenz des RTI-Interrupts: $f_{RTI} =$

b) Innerhalb der Interrupt-Service-Routine sollen folgende Aufgaben erledigt werden:

- Warten, bis ein gültiges A/D-Wandlungsergebnis vorliegt
- Abspeichern der vorderen 8 bit des Ergebnisses in der globalen Variablen `value`
- Starten der nächsten A/D-Wandlung des Kanals 7

Geben Sie den vollständigen, kommentierten (!) Programmcode für die Initialisierungsfunktion `initRTI`, die Interrupt-Service-Routine `isrRTI` sowie sämtliche darüber hinaus notwendigen Änderungen oder Ergänzungen des vorgegebenen Programms an, damit die Interrupt-Service-Routine korrekt übersetzt und ausgeführt wird.

Lösung zu Frage 4.4b:

`initRTI:`

MUSTERPRÜFUNG B		Blatt Nr.:	13 von 13
Studiengang:	Kommunikationstechnik Softwaretechnik Technische Informatik	Semester:	SWB4, TIB4, KTB4
Prüfungsfach:	Computerarchitektur 3	Fachnummer:	4021
Hilfsmittel:	Vorlesungs- und Labormanuskript, Fachliteratur, Taschenrechner	Dauer:	90 min

Fortsetzung der Lösung zu Frage 4.4b:

isrRTI: