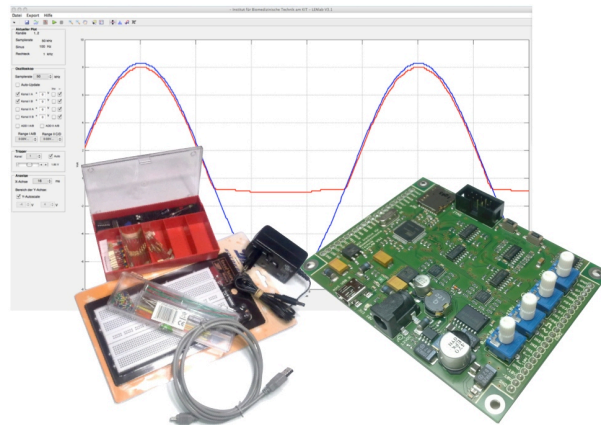


Kurs 4

# Digitale Signalverarbeitung



## Gruppe 89

Vorname	Nachname	Matrikel-Nr.	u-Account	E-Mail
Max	Themistocli	2159422	uztld	uztld@student.kit.edu
Jan	Rösler	2096188	uclrb	uclrb@student.kit.edu
David	Ackermann	2121813	uepar	uepar@student.kit.edu

20. November 2018

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Interrupts</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Diskretisierung</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Erstes Programm</b>	<b>4</b>
3.1	Blinklicht . . . . .	4
3.2	RGB LED . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Verwenden des TivaWare-Framework</b>	<b>5</b>
4.1	GPIO-Blinklicht . . . . .	5
4.2	Externe LED Schaltung . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Warteschleifen und Taktfrequenz</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Digitale Eingänge</b>	<b>12</b>
6.1	Taster . . . . .	12
6.2	Externer Interrupt . . . . .	16
<b>7</b>	<b>Analog-Digital-Umsetzer</b>	<b>18</b>
7.1	A/D-Umsetzer . . . . .	18
7.2	Widerstandsmessung . . . . .	19
<b>8</b>	<b>Lautstärkepegel</b>	<b>24</b>
8.1	Lautstärkepegel . . . . .	24
8.2	Eigene Verbesserungen . . . . .	27

## Abbildungsverzeichnis

1	Schalbild des Spannungsteilers zur Spannungsmessung . . . . .	18
---	---	----

## Tabellenverzeichnis

1	Flimmerverschmelzungsfrequenz . . . . .	11
2	Widerstandswerte und dazugehörige Spannungen . . . . .	18
3	Widerstandsbereiche und A/D Werte . . . . .	19

---

# 1 Interrupts

Ein Interrupt im Allgemeinen ist eine Unterbrechung eines laufenden Prozesses um zeitkritische Prozesse direkt abarbeiten zu können. Sie sind nicht Bestandteil des laufenden Programmes, sondern werden durch asynchrone, externe Ereignisse ausgelöst und benötigen eine extra Hardware. So wird beispielsweise bei einem Druck einer Taste einer Tastatur ein Interrupt ausgelöst um den jeweiligen Befehl direkt ausführen zu können. Eine Sonderklasse der Interrupts sind die non maskable Interrupts, kurz NMI. Diese sind höhergestellt als normale Interrupts und werden mit höchster Priorität direkt abgearbeitet und können nicht von dem Prozessor abgelehnt werden. Im Falle eines Stromausfalles greifen diese ein und sichern wichtige Daten bevor es zum Absturz kommt. Grundsätzlich unterscheidet man Interrupts weiter in Hardware, Software, präzise und unpräzise Interrupts. Hardware Interrupts sind hierbei Interrupts die von einer angeschlossenen Hardware an die CPU weitergeleitet werden. Dem entgegen stehen die Software Interrupts, welche wie ein Hardware Interrupt wirken, jedoch von einem Programm aufgerufen werden. Der Ablauf von Interruptzyklen sieht folgendermaßen aus: Wenn kein NMI vorliegt wird bei einem Interrupt bis Ende des Befehls gewartet. Nach abarbeiten des Befehls wird der Interruptzyklus der CPU gestartet. Hierbei liest der Datenbus den Interruptvektor und sperrt den maskierten Interrupteingang um ein überschneiden mehrerer Interrupts zu verhindern. Um im Anschluss wieder nahtlos das Programm fortführen zu können speichert die CPU den Befehlszähler im Stack ab. Mit Hilfe des Interruptvektors und einer Interrupttabelle kann der Interruptzeiger bestimmt werden. Anschließend läuft die Interrupt-Service-Routine ab. Hierbei ist zu beachten, dass alle Daten des vorherigen Programms zuvor in den Stack kopiert werden und nach Ablauf des Programms ebenfalls wieder zurück kopiert werden.

## 2 Diskretisierung

Ein Musiksignal wird mit einer Frequenz von 44,1 kHz abgetastet und hat eine Auflösung von 16 bit. Mit Gleichung 1 benötigt ein 10 s Musiksignal 7,056 Mbit Speicherplatz.

$$44,1\text{kHz} \cdot 10\text{s} \cdot 16\text{bit} = 7,056\text{Mbit} \quad (1)$$

# 3 Erstes Programm

## 3.1 Blinklicht

## 3.2 RGB LED

### 3.2.1

Um die Hexadezimalzahl zu einer Binärzahl umzuwandeln wird diese durch 2 geteilt und der Rest notiert bis Null durch Zwei geteilt wird. Der Rest der ersten Division entspricht dem least significant bit (LSB) und der Rest der letzten Division entspricht dem most significant bit (MSB). Dieser Vorgang wird in Gleichung 2 verdeutlicht.

$$\frac{4}{2} = 2, R = 0; \quad \frac{2}{2} = 1, R = 0; \quad \frac{1}{2} = 0, R = 1 \quad \rightarrow 0x04 = 0b100 \quad (2)$$

Port F hat eine Basis-Adresse von 0x4002.5000 und das Direction Register hat eine Offset Adresse von 0x400. Das setzen eines bits in dem Direction Register konfiguriert den jeweiligen Pin als einen Output. Die Addition der Basis- und Offset-Adressen führt zu einer Adresse bei der nun die Pins für Port F konfiguriert werden können. Durch das beschreiben dieses Registers mit 0x04, wird Pin PF2, die blaue LED, als Output konfiguriert.

### 3.2.2

Sodass die grüne LED blinkt, muss Port PF3 als Output konfiguriert werden. Wie zuvor müssen die Offset- und Basis-Adresse addiert werden und darauf hin Pin PF3 als output definiert werden. PF3 entspricht bit Nummer 3 und kann mit dem Wert 0b00001000 beschrieben werden um dies zu bewirken. Der equivalente Hexadezimalwert wäre 0x08.

### 3.2.3

Zurzeit wird nur die LED an PF2 zum blinken gebracht, indem der Inhalt von Register GPIO DATA auf 0x04 gesetzt wird. Um die LED an PF3 zum blinken zu bringen muss, wie in der letzten Aufgabe gezeigt, der Inhalt des GPIO DATA Registers auf 0x08 gesetzt werden. Sodass beide gleichzeitig an gehen, müssen die oben genannten Inhalte addiert werden. Dies würde einem Wert von 0x0C oder 0b00001100 entsprechen. Der Hexadezimalcode ist hier kürzer, aber bei dem Binären Code kann man sofort sehen welche bits gesetzt sind und man kann diese sofort ändern ohne Berechnungen durchführen zu müssen, wenn man ein zusätzliches bit setzen bzw. löschen will.

---

## 4 Verwenden des TivaWare-Framework

### 4.1 GPIO-Blinklicht

```
1  #include <stdint.h>
2  #include <stdbool.h> // definition of type "bool"
3  #include "inc/hw_memmap.h" // definition of memory addresses
4  #include "inc/hw_types.h" // definition of framework makros
5  #include "driverlib/gpio.h"
6  #include "driverlib/sysctl.h"
7
8  // Delay-Funktion
9
10 void delay(void)
11 {
12     uint32_t i=80000;
13     while(i) {i--;}
14 }
15
16 int main(void){
17     SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOF); //Port F aktivieren
18     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_1); //Pin 1 bis 3 ←
        initialisieren
19     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_2);
20     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_3);
21
22     while(1) //unendliche Schleife fuer flimmern der LED in weiss
23     {
24         delay();
25         GPIOPinWrite(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_1, 0xFF);
26         GPIOPinWrite(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_2, 0xFF);
27         GPIOPinWrite(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_3, 0xFF);
28         delay();
29         GPIOPinWrite(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_1, 0x00);
30         GPIOPinWrite(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_2, 0x00);
31         GPIOPinWrite(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_3, 0x00);
32     }
33     return 0;
34 }
```

## 4.2 Externe LED Schaltung

### 4.2.1

```

1  /**
2   * main.c
3   */
4  #include <stdint.h>
5  #include <stdbool.h> // definition ←
6  #include "inc/hw_memmap.h" // definition ←
7  #include "inc/hw_types.h" // definition ←
8  #include "driverlib/gpio.h"
9  #include "driverlib/sysctl.h"
10
11 void delay(void)
12 {
13     uint32_t i=100000;
14     while(i) {i--;}
15 }
16
17 int main(void){
18     SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOB); // GPIO Port B ←
19     // aktivieren
20     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0); // GPIO Port B ←
21     // Pin 0-7 aktivieren
22     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1);
23     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2);
24     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3);
25     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4);
26     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5);
27     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6);
28     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7);
29
30     while(1)
31     {
32         delay();
33         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0, 0xFF); // GPIO Pins ←
34         // auf High stellen
35         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1, 0xFF);
36         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2, 0xFF);
37         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3, 0xFF);
38         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4, 0xFF);
39         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5, 0xFF);
40         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6, 0xFF);
41         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7, 0xFF);
42         delay();

```

```

40  GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0, 0x00);           // GPIO Pins ←
    auf Low stellen
41  GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1, 0x00);
42  GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2, 0x00);
43  GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3, 0x00);
44  GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4, 0x00);
45  GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5, 0x00);
46  GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6, 0x00);
47  GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7, 0x00);
48
49  }
50  return 0;
51 }

```

### 4.2.2

```

1  /**
2  * main.c
3  */
4  #include <stdint.h>
5  #include <stdbool.h>           // definition ←
    of type "bool"
6  #include "inc/hw_memmap.h"    // definition ←
    of memory addresses
7  #include "inc/hw_types.h"     // definition ←
    of framework makros
8  #include "driverlib/gpio.h"
9  #include "driverlib/sysctl.h"
10
11 void delay(void)              // Blinklicht ←
    Delay
12 {
13     uint32_t i=1000;
14     while(i) {i--;}
15 }
16
17 void delayPWM(void)           // PWM Delay (←
    Hoher Wert -> Helle LED)
18 {
19     uint32_t i=8000;
20     while(i) {i--;}
21 }
22
23 int main(void){
24     SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOB);           // GPIO Port B ←
    aktivieren
25     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0);    // GPIO Port B ←
    Pin 0-7 aktivieren
26     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1);

```

```
27  GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2);
28  GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3);
29  GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4);
30  GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5);
31  GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6);
32  GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7);
33
34  while(1)
35  {
36      delay();
37
38      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0, 0xFF);           // GPIO Pins ←
          0–7 auf High stellen
39      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1, 0xFF);
40      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2, 0xFF);
41      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3, 0xFF);
42      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4, 0xFF);
43      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5, 0xFF);
44      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6, 0xFF);
45      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7, 0xFF);
46
47      delayPWM();
48
49      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0, 0x00);           // GPIO Pins ←
          0–7 auf Low stellen
50      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1, 0x00);
51      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2, 0x00);
52      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3, 0x00);
53      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4, 0x00);
54      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5, 0x00);
55      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6, 0x00);
56      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7, 0x00);
57
58  }
59  return 0;
60 }
```



---

## 5 Warteschleifen und Taktfrequenz

### 5.1

Der Mikrokontroller besitzt einen 16 MHz Quarz, welcher mit Hilfe der PLL 400 MHz erreicht. Durch den Divisor Div\_5 wird die gegebene Frequenz noch durch 5 dividiert. Somit ergibt sich mit der internen Halbierung eine Frequenz von 40 MHz. Die Berechnung ist in Gleichung 3 gezeigt.

$$\frac{400 \text{ MHz}}{2 \times 5} = 40 \text{ MHz} \quad (3)$$

### 5.2

```
1 #include <stdint.h>
2 #include <stdbool.h>
3 #include "inc/hw_ints.h"
4 #include "inc/hw_memmap.h"
5 #include "inc/hw_types.h"
6 #include "driverlib/gpio.h"
7 #include "driverlib/sysctl.h"
8 #include "driverlib/timer.h"
9 #include "driverlib/interrupt.h"
10
11 // stores ms since startup
12 volatile uint32_t systemTime_ms = 0;
13
14 void InterruptHandlerTimer0A (void)
15 {
16     // Clear the timer interrupt to prevent the interrupt function from ↵
17     // immediately being called again on exit
18     TimerIntClear(TIMER0_BASE, TIMER_TIMA_TIMEOUT);
19     // count up one ms
20     systemTime_ms++;
21 }
22
23 void clockSetup(void)
24 {
25     uint32_t timerPeriod;
26     // Configure clock
27     SysCtlClockSet(SYSCTL_SYSDIV_5|SYSCTL_USE_PLL|SYSCTL_XTAL_16MHZ|↵
28     SYSCTL_OSC_MAIN);
29     //enable peripheral for timer
30     SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_TIMER0);
31     //configure timer as 32 bit timer in periodic mode
32     TimerConfigure(TIMER0_BASE, TIMER_CFG_PERIODIC);
33     //set timerPeriod to number of periods needed to generate a timeout with a ↵
34     // frequency of 1kHz (every 1ms)
```

```

32 timerPeriod = (SysCtlClockGet()/1000);
33 //set TIMER-0-A to generate a timeout after timerPeriod-1 cycles
34 TimerLoadSet(TIMER0_BASE, TIMER_A, timerPeriod-1);
35 //Register the function InterruptHandlerTimer0A to be called when an ←
    interrupt from TIMER-0-A occurs
36 TimerIntRegister(TIMER0_BASE, TIMER_A, &(InterruptHandlerTimer0A));
37 //Enable the interrupt for TIMER-0-A
38 IntEnable(INT_TIMER0A);
39 //generate an interrupt, when TIMER-0-A sends a timeout
40 TimerIntEnable(TIMER0_BASE, TIMER_TIMA_TIMEOUT);
41 //master interrupt enable for all interrupts
42 IntMasterEnable();
43 //Enable the timer to start counting
44 TimerEnable(TIMER0_BASE, TIMER_A);
45 }
46
47 void delay_ms(uint32_t waitTime)
48 {
49     uint32_t t = systemTime_ms;
50     while (systemTime_ms - t < waitTime);
51 }
52
53 int main(void)
54 {
55     clockSetup();
56     SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOB);           // GPIO Port←
        B aktivieren
57     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0);    // GPIO←
        Port B Pin 0-7 aktivieren
58     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1);
59     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2);
60     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3);
61     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4);
62     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5);
63     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6);
64     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7);
65
66     bool state = 0;
67     //Verbeseserte Variante des Codes der GPIO-Steuerung aus Aufgabe 4
68     while (1)
69     {
70         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0, GPIO_PIN_0*state)←
            ;
71         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1, GPIO_PIN_1*state)←
            ;
72         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2, GPIO_PIN_2*state)←
            ;
73         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3, GPIO_PIN_3*state)←
            ;

```

```
74     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4, GPIO_PIN_4*state)↵
75     ;
76     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5, GPIO_PIN_5*state)↵
77     ;
78     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6, GPIO_PIN_6*state)↵
79     ;
80     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7, GPIO_PIN_7*state)↵
81     ;
82     state = !state;
83     delay_ms(500/2);
84 }
85 }
```

## 5.3

Tabelle 1: Flimmerverschmelzungsfrequenz

Name	Frequenz [Hz]
David	50
Jan	47,6
Max	45

## 6 Digitale Eingänge

### 6.1 Taster

#### 6.1.1

```

1  /**
2   * main.c
3   */
4  #include <stdint.h>
5  #include <stdbool.h> // definition ↵
6   of type "bool"
7  #include "inc/hw_memmap.h" // definition ↵
8   of memory addresses
9  #include "inc/hw_types.h" // definition ↵
10  of framework makros
11 #include "driverlib/gpio.h"
12 #include "driverlib/sysctl.h"
13
14 void delay(void) // Blinklicht ↵
15     Delay
16 {
17     uint32_t i=500000;
18     while(i) {i--;}
19 }
20
21 void delayPWM(void) // PWM Delay (↵
22     Hoher Wert -> Helle LED)
23 {
24     uint32_t i=10000;
25     while(i) {i--;}
26 }
27
28 int main(void){
29     SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOB); // GPIO Port B ↵
30     aktivieren
31     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0); // GPIO Port B ↵
32     Pin 0-7 aktivieren
33     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1);
34     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2);
35     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3);
36     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4);
37     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5);
38     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6);
39     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7);
40
41     GPIOPinTypeGPIOInput(GPIO_PORTC_BASE, GPIO_PIN_7); // Schalter ↵
42     input config
43     GPIOPadConfigSet(GPIO_PORTC_BASE, GPIO_PIN_7, GPIO_STRENGTH_2MA, ↵
44     GPIO_PIN_TYPE_STD_WPU);

```

```
36
37 while(1)
38 {
39     delay();
40     if (GPIOPinRead(GPIO_PORTC_BASE, GPIO_PIN_7) == 0) {
41         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0, 0xFF);           // GPIO Pins ←
42         // 0-7 auf High stellen
43         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1, 0xFF);
44         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2, 0xFF);
45         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3, 0xFF);
46         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4, 0xFF);
47         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5, 0xFF);
48         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6, 0xFF);
49         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7, 0xFF);
50     }
51     else
52     {
53         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0, 0x00);           // GPIO Pins ←
54         // 0-7 auf Low stellen
55         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1, 0x00);
56         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2, 0x00);
57         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3, 0x00);
58         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4, 0x00);
59         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5, 0x00);
60         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6, 0x00);
61         GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7, 0x00);
62     }
63 }
64 return 0;
```

## 6.1.2

```

1  /**
2   * main.c
3   */
4   #include <stdint.h>
5   #include <stdbool.h>                                // definition ←
6   #include "inc/hw_memmap.h"                          // definition ←
7   #include "inc/hw_types.h"                          // definition ←
8   #include "driverlib/gpio.h"
9   #include "driverlib/sysctl.h"
10
11  void delay(void)
12  {
13      uint32_t i=200000;
14      while(i) {i--;}
15  }
16
17  int main(void){
18      SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOF);    // Port F ←
19      GPIOPinTypeGPIOInput(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_4); // PF4 als ←
20      GPIOPadConfigSet(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_4, GPIO_STRENGTH_2MA, ←
21      GPIO_PIN_TYPE_STD_WPU);
22      // Bei der der Unteraufgabe 6.1.2 muesste der der Port C und Pin 7 gewaehlt ←
23      // werden
24      SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOB);    // GPIO Port B ←
25      GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0); // GPIO Port B ←
26      GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1);
27      GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2);
28      GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3);
29      GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4);
30      GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5);
31      GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6);
32      GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7);
33
34      bool state = 0;
35
36      while(1)
37      {
38          delay();

```

```
39     if (GPIOPinRead(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_4) == 0)           // Wenn ↵
        Schalter geschlossen
40     {
41         state = !state;                                           // State ↵
        wird gewechselt
42     }
43
44     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0, GPIO_PIN_0*state); // GPIO ↵
        Output wird auf jeweiligen State geschaltet
45     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1, GPIO_PIN_1*state);
46     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2, GPIO_PIN_2*state);
47     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3, GPIO_PIN_3*state);
48     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4, GPIO_PIN_4*state);
49     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5, GPIO_PIN_5*state);
50     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6, GPIO_PIN_6*state);
51     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7, GPIO_PIN_7*state);
52 }
53 return 0;
54 }
```

### 6.1.3

Der Code ist der selbe wie bei Aufgabenteil 6.1.2 nur, dass der Port C und Pin 7 gewählt werden müssten, statt Pin 4 vom Port F.

## 6.2 Externer Interrupt

```

1 #include <stdint.h>
2 #include <stdbool.h>
3 #include "inc/hw_ints.h"
4 #include "inc/hw_memmap.h"
5 #include "inc/hw_types.h"
6 #include "driverlib/gpio.h"
7 #include "driverlib/sysctl.h"
8 #include "driverlib/timer.h"
9 #include "driverlib/interrupt.h"
10 // Adresse zum ansteuern der jeweiligen LED
11 volatile uint32_t LED = 1;
12
13 //Delay-Funktion fuer Blinken
14 void delay(void)
15 {
16     uint32_t i=80000;
17     while(i) {i--;}
18 }
19
20 // Interruptroutine
21
22 void ex_int_handler(void) {
23
24     //Schalte vorherige LED aus
25
26     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, LED, 0x00);
27
28     // Interrupt-Flag loeschen
29
30     GPIOIntClear(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_4);
31
32     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE,GPIO_PIN_4);
33
34     LED = LED<<1;
35     // Von 8. LED zurueck auf 1. springen
36     if ( LED >= 1<<8)
37     {
38         LED = 1;
39     }
40 }
41
42 void main (void){
43     SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOB);           // GPIO Port B ←
44                                                             aktivieren
45     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0);    // GPIO Port B ←
46                                                             Pin 0-7 aktivieren
47     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1);
48     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2);

```



```

47  GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3);
48  GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4);
49  GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5);
50  GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6);
51  GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7);
52
53  SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOF);           // Port F ←
    Aktivieren
54  GPIOPinTypeGPIOInput(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_4);     // PF4 als ←
    Input definieren
55  GPIOPadConfigSet(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_4, GPIO_STRENGTH_2MA, ←
    GPIO_PIN_TYPE_STD_WPU);
56
57  // Pin mit Interrupt
58  GPIOIntDisable(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_4);
59  GPIOIntClear(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_4);
60  GPIOIntTypeSet(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_4, GPIO_FALLING_EDGE);
61  GPIOIntRegister(GPIO_PORTF_BASE, ex_int_handler);
62  GPIOIntEnable(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_4);
63
64  while(1) {
65      delay();
66      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, LED, 0xFF);
67      delay();
68      GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, LED, 0x00);
69  }
70 }

```

## 7 Analog-Digital-Umsetzer

### 7.1 A/D-Umsetzer

#### 7.1.1

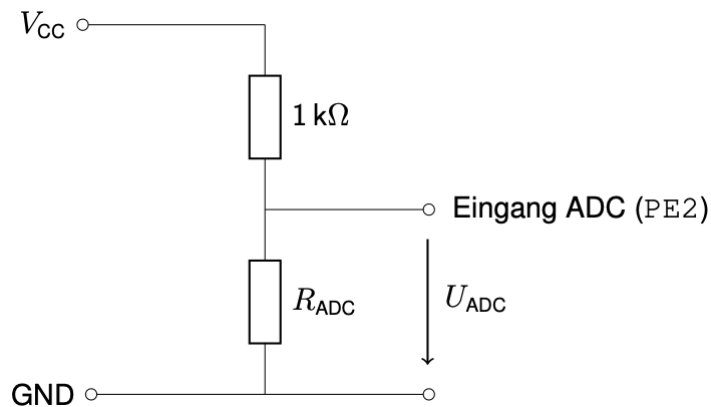


Abbildung 1: Schaltbild des Spannungsteilers zur Spannungsmessung

Die Formel zur Berechnung von  $U_{\text{ADC}}$  aus Abbildung 1 ist in Gleichung 4 gegeben.

$$U_{\text{ADC}} = V_{\text{CC}} \cdot \frac{R_{\text{ADC}}}{1000 + R_{\text{ADC}}} \quad (4)$$

Die Tabelle 2 zeigt die Widerstandswerte  $R_{\text{ADC}}$ , sowie die Spannungsabfälle  $U_{\text{ADC}}$  über diese Widerstandswerte und die A/D Werte.

Tabelle 2: Widerstandswerte und dazugehörige Spannungen

$R_{\text{ADC}} [\Omega]$	$U_{\text{ADC}} [\text{V}]$	A/D Wert
100	0,3	372
150	0,43	534
220	0,60	738
680	1,34	1658
1000	1,65	2048
2200	2,27	2815
10 000	3,00	3724
15 000	3,09	3840

### 7.1.2

In Gleichung 5 wird der ADC Wert berechnet, wobei  $V_{\text{ref}}$  3,3 V beträgt.

$$\text{A/D Wert} = (2^{12} - 1) \cdot \frac{U_{\text{ADC}}}{V_{\text{ref}}} \quad (5)$$

Die berechneten Werte sind in Tabelle 2 zu finden.

## 7.2 Widerstandsmessung

Tabelle 3 zeigt die Widerstandsbereiche und die dazugehörigen A/D-Wertebereiche an.

Tabelle 3: Widerstandsbereiche und A/D Werte

$R_{\text{ADC, min}} [\Omega]$	$R_{\text{ADC max}} [\Omega]$	A/D Minimalwert	A/D Maximalwert
0	100	0	372
101	150	373	534
151	220	535	738
221	680	739	1658
681	1000	1659	2048
1001	2200	2049	2815
2201	10 000	2816	3723
10 001	15 000	3724	3839

```

1  /**
2   * main.c
3   */
4  #include <stdint.h>
5  #include <stdbool.h> // definition of type "bool"
6  #include "inc/hw_memmap.h" // definition of memory addresses
7  #include "inc/hw_types.h" // definition of framework makros
8  #include "driverlib/gpio.h"
9  #include "driverlib/sysctl.h"
10 #include <stdint.h>
11 #include <stdbool.h>
12 #include "inc/hw_ints.h"
13 #include "driverlib/timer.h"
14 #include "driverlib/interrupt.h"
15 #include "driverlib/debug.h"
16 #include "driverlib/sysctl.h"
17 #include "driverlib/adc.h"
18
19
20 //speichert ms seit dem Start
21 uint32_t systemTime_ms;
```

```

22
23 void InterruptHandlerTimer0A (void)
24 {
25 // Loeschen den Timer-Interrupt, um zu verhindern, dass die Interrupt-Funktion ←
    beim Beenden sofort erneut aufgerufen wird
26 TimerIntClear(TIMER0_BASE, TIMER_TIMA_TIMEOUT);
27 // eine ms hoch zaehlen
28     systemTime_ms++;
29 }
30
31 void clockSetup(void)
32 {
33 uint32_t timerPeriod;
34 //Konfiguriert clock
35 SysCtlClockSet(SYSCTL_SYSDIV_5|SYSCTL_USE_PLL|SYSCTL_XTAL_16MHZ|SYSCTL_OSC_MAIN←
    );
36 //Aktiviert peripheral fuer timer
37 SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_TIMER0);
38 //konfiguriert timer als 32 bit timer in periodisch mode
39 TimerConfigure(TIMER0_BASE, TIMER_CFG_PERIODIC);
40 //setze Zeitperiode auf Anzahl der Perioden, die zum Erzeugen eines
41 //Timeouts mit einer Frequenz von 1 kHz (alle 1 ms) benoetigt werden
42 timerPeriod = (SysCtlClockGet())/1000);
43 // setze TIMER-0-A ein, um nach timerPeriod-1-Zyklen ein Timeout zu generieren
44 TimerLoadSet(TIMER0_BASE, TIMER_A, timerPeriod-1);
45 //Registriert die Funktion InterruptHandlerTimer0A, die aufgerufen werden soll,
46 //wenn ein Interrupt von TIMER-0-A auftritt
47 TimerIntRegister(TIMER0_BASE, TIMER_A, &(InterruptHandlerTimer0A)) ;
48 //Aktiviert the interrupt fuer TIMER-0-A
49 IntEnable(INT_TIMER0A);
50 //erzeugt einen Interrupt, wenn TIMER-0-A ein Timeout sendet
51 TimerIntEnable(TIMER0_BASE, TIMER_TIMA_TIMEOUT);
52 //master interrupt aktiviert fuer alle interrupts
53 IntMasterEnable();
54 //Aktiviert den Timer, um mit dem Zaehlen zu beginnen
55 TimerEnable(TIMER0_BASE, TIMER_A);
56
57 }
58
59 // Es erhaelt als Eingabeparameter die Verzoegerung in ms und eine ←
    Verzoegerung um genau diese Zeit bewirkt.
60
61 void delay_ms(uint32_t waitTime) {
62 //Variable systemTime_ms zaehlt eine Millisekunde hoch und durch die while ←
    schleife vergleichen wir der Eingabe Parameter waitTime mit systemTime_ms
63 // Durch Eingabe der Zahl 500 zaehlt diese funktion bis zu 500 ms und wird ←
    jedoch um diese Zeit verzoegert.
64     systemTime_ms=0;
65     while( systemTime_ms < waitTime);
66 }

```

```

67 void delay(void)
68 {
69     uint32_t i=80000;
70     while(i) {i--;}
71 }
72
73 int main(void){
74
75     SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOB);           //Set Up
76     SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_ADC0);           // Peripherie ←
77     aktivieren
78     SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOE);
79     GPIOPinTypeADC(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2);           // PIN PE2 ADC ←
80     Funktion zuweisen
81     ADCSequenceConfigure(ADC0_BASE, 1, ADC_TRIGGER_PROCESSOR, 0); // Prozessor ←
82     als Trigger Quelle
83     ADCSequenceStepConfigure(ADC0_BASE, 1, 0, ADC_CTL_CH1|ADC_CTL_IE|ADC_CTL_END); ←
84     // A11 abtasten/Interrupt erzeugen bei Ende/letzter Schritt
85     ADCSequenceEnable(ADC0_BASE, 1);                       // ADC Sequenz ←
86     1 aktivieren
87
88     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0);    // GPIO Port B ←
89     Pin 0-7 aktivieren
90     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1);
91     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2);
92     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3);
93     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4);
94     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5);
95     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6);
96     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7);
97     GPIOPinTypeGPIOInput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4);
98
99     bool state = 0;
100     uint32_t ui32ADC0Value;
101
102     int R0 = 372;                                           //ADC Schwellenwerte
103     int R1 = 534;
104     int R2 = 739;
105     int R3 = 1658;
106     int R4 = 2048;
107     int R5 = 2816;
108     int R6 = 3724;
109     int R7 = 3840;
110
111     while(1)
112     {
113
114         ADCIntClear(ADC0_BASE, 1);                         // evtl ←

```

```

111      vorhandene ADC Interrupts loeschen
ADCProcessorTrigger(ADC0_BASE,1); // ←
      Konvertierung beginnen
112
113      while (!ADCIntStatus(ADC0_BASE,1,false)) // warten ←
      bis Konvertierung abgeschlossen
114      {
115      }
116      ADCSequenceDataGet(ADC0_BASE,1,&ui32ADC0Value);
117
118      if ((R1>ui32ADC0Value)&&(ui32ADC0Value>=R0))
119      {
120          GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0, GPIO_PIN_0*0xFF);
121          delay();
122          GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0, GPIO_PIN_0*0x00);
123          delay();
124      }
125
126      else if ((R2>ui32ADC0Value)&&(ui32ADC0Value>=R1))
127      {
128          GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1, GPIO_PIN_1*0xFF);
129          delay();
130          GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_1, GPIO_PIN_1*0x00);
131          delay();
132      }
133
134      else if ((R3>ui32ADC0Value)&&(ui32ADC0Value>=R2))
135      {
136          GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2, GPIO_PIN_2*0xFF);
137          delay();
138          GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_2, GPIO_PIN_2*0x00);
139          delay();
140      }
141      else if ((R4>ui32ADC0Value)&&(ui32ADC0Value>=R3))
142      {
143          GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3, GPIO_PIN_3*0xFF);
144          delay();
145          GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_3, GPIO_PIN_3*0x00);
146          delay();
147      }
148      else if ((R5>ui32ADC0Value)&&(ui32ADC0Value>=R4))
149      {
150          GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4, GPIO_PIN_4*0xFF);
151          delay();
152          GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_4, GPIO_PIN_4*0x00);
153          delay();
154      }
155      else if ((R6>ui32ADC0Value)&&(ui32ADC0Value>=R5))
156      {
157          GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5, GPIO_PIN_5*0xFF);

```

```
158     delay () ;
159     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_5, GPIO_PIN_5*0x00) ;
160     delay () ;
161 }
162
163 else if ((R7>ui32ADC0Value)&&(ui32ADC0Value>=R6))
164 {
165     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6, GPIO_PIN_6*0xFF) ;
166     delay () ;
167     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_6, GPIO_PIN_6*0x00) ;
168     delay () ;
169 }
170 else if (ui32ADC0Value>R7)
171 {
172     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7, GPIO_PIN_7*0xFF) ;
173     delay () ;
174     GPIOPinWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_7, GPIO_PIN_7*0x00) ;
175     delay () ;
176 }
177 }
178 }
```

## 8 Lautstärkepegel

### 8.1 Lautstärkepegel

```

1 #include <stdint.h>
2 #include <stdbool.h>
3 #include "inc/hw_memmap.h"
4 #include "inc/hw_types.h"
5 #include "driverlib/sysctl.h"
6 #include "driverlib/adc.h"
7 #include "driverlib/gpio.h"
8 #include "driverlib/timer.h"
9
10 // Makros
11 #define FSAMPLE 44000
12 #define BUFFER_SIZE 1000
13
14 // globale Variable
15 int32_t buffer_sample[BUFFER_SIZE]; //Quadratische Signale
16 uint32_t i_sample = 0;
17 int32_t buffer_sample_sum = 0; // momentaner Pegel
18 uint32_t index = 0;
19 uint32_t index_zuvor = 0;
20 // Prototypen
21 void ADC_int_handler(void);
22
23 int main(void)
24 {
25     // SystemClock konfigurieren
26     SysCtlClockSet(SYSCTL_SYSDIV_5|SYSCTL_USE_PLL|SYSCTL_OSC_MAIN|↔
        SYSCTL_XTAL_16MHZ);
27     uint32_t ui32Period = SysCtlClockGet()/FSAMPLE;
28
29     // Peripherie aktivieren
30     SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_ADC0);
31     SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOE);
32     SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOB);
33     SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_TIMER0);
34
35     // GPIO konfigurieren
36     GPIOPinTypeADC(GPIO_PORTE_BASE, GPIO_PIN_2);
37     GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0|GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↔
        GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6|GPIO_PIN_7);
38
39     //Timer0 konfigurieren
40     TimerConfigure(TIMER0_BASE, TIMER_CFG_PERIODIC);
41     TimerLoadSet(TIMER0_BASE, TIMER_A, ui32Period - 1);
42     TimerControlTrigger(TIMER0_BASE, TIMER_A, true);
43     TimerEnable(TIMER0_BASE, TIMER_A);
44

```



```

45 // ADC konfigurieren
46 ADCClockConfigSet(ADC0_BASE,ADC_CLOCK_RATE_FULL,1);
47
48 ADCSequenceConfigure(ADC0_BASE, 3, ADC_TRIGGER_TIMER, 0);
49 ADCSequenceStepConfigure(ADC0_BASE, 3, 0, ADC_CTL_CH1|ADC_CTL_IE|↔
    ADC_CTL_END);
50 ADCSequenceEnable(ADC0_BASE, 3);
51 ADCIntClear(ADC0_BASE,3);
52 ADCIntRegister(ADC0_BASE,3,ADC_int_handler);
53 ADCIntEnable(ADC0_BASE,3);
54
55 while(1)
56 {
57 }
58 }
59 // Quadrierungsfunktion einer Variable x
60 int square(uint32_t x) // ↔
    Quadrierfunktion
61 {
62     return x * x;
63 }
64 // Interrupt handler
65 void ADC_int_handler(void)
66 {
67     ADCIntClear(ADC0_BASE, 3); // delete interrupt flag
68     ADCProcessorTrigger(ADC0_BASE,3); // ↔
        Konvertierung beginnen
69
70     while(!ADCIntStatus(ADC0_BASE,3,false)) // warten bis ↔
        Konvertierung abgeschlossen
71     {
72     }
73     uint32_t NewADCValue = 0;
74     ADCSequenceDataGet(ADC0_BASE,3,&NewADCValue); // Wert ↔
        einziehen
75     NewADCValue = square(NewADCValue); //Wert ↔
        quadrieren
76
77     buffer_sample[index] = NewADCValue; //↔
        speichert Werte im Vektor
78     buffer_sample_sum += NewADCValue - buffer_sample[index_zuvor]; //Summe↔
        der gemessenen Werte berechnen
79     index_zuvor= index;
80     index++;
81
82     if (index == BUFFER_SIZE )
83     {
84         index = 0;
85     }
86 //Grenzwerte bestimmt nach Test

```

```

87
88     if (buffer_sample_sum < 50000)
89     {
90         GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0| GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↵
          GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6| GPIO_PIN_7, 0↵
          b00000000);
91     }
92     if (buffer_sample_sum > 50000)
93     {
94         GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0| GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↵
          GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6| GPIO_PIN_7, 0b00000001↵
          );
95     }
96     if (buffer_sample_sum > 100000)
97     {
98         GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0| GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↵
          GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6| GPIO_PIN_7, 0b00000011↵
          );
99     }
100    if (buffer_sample_sum > 150000)
101    {
102        GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0| GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↵
          GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6| GPIO_PIN_7, 0b00000111↵
          );
103    }
104    if (buffer_sample_sum > 200000)
105    {
106        GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0| GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↵
          GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6| GPIO_PIN_7, 0b00001111↵
          );
107    }
108    if (buffer_sample_sum > 250000)
109    {
110        GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0| GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↵
          GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6| GPIO_PIN_7, 0b00011111↵
          );
111    }
112    if (buffer_sample_sum > 300000)
113    {
114        GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0| GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↵
          GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6| GPIO_PIN_7, 0b00111111↵
          );
115    }
116    if (buffer_sample_sum > 350000)
117    {
118        GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0| GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↵
          GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6| GPIO_PIN_7, 0b01111111↵
          );
119    }
120    if (buffer_sample_sum > 400000)

```

```

121     {
122         GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0 | GPIO_PIN_1 | GPIO_PIN_2 | ↵
            GPIO_PIN_3 | GPIO_PIN_4 | GPIO_PIN_5 | GPIO_PIN_6 | GPIO_PIN_7, 0b11111111 ↵
        );
123     }
124 }

```

## 8.2 Eigene Verbesserungen

Unser Vorschlag zu einer Verbesserung des bisherigen Codes besteht daraus den Spannungspegel einer Solarzelle auf Knopfdruck zu messen und mittels der LEDs wiederzugeben. Um dies umzusetzen, wird zuerst die Spannung mit dem Pin PE2 gemessen und der Code von der vorherigen Teilaufgabe benutzt. Es wird eine Zener-Diode verwendet um das Board zu schützen. Bei maximaler Beleuchtung gingen die LEDs aus. Unsere Vermutung war, dass die gemessene Spannung ein Overflow erzeugt, also wurde ein  $1\text{ M}\Omega$  Widerstand zwischen der Solarzelle und dem Pin eingebaut. Nach dieser Veränderung blieben die LEDs an bei maximaler beleuchtung. Bei geringer Spannung schlugen die LEDs schnell aus, also mussten die A/D Grenzen verändert werden. Nach einigen Versuchen wurde der maximale Pegel auf einen A/D-Wert von 2400000 gesetzt und für die anderen LEDs wurden in Werte in 300000 Schritten reduziert. Es wäre aber eine Energieverschwendung konstant den Spannungspegel zu messen. Deshalb wird zusätzlich ein Knopf aktiviert, welcher beim drücken den Spannungspegel wiedergibt.

```

1  #include <stdint.h>
2  #include <stdbool.h>
3  #include "inc/hw_memmap.h"
4  #include "inc/hw_types.h"
5  #include "driverlib/sysctl.h"
6  #include "driverlib/adc.h"
7  #include "driverlib/gpio.h"
8  #include "driverlib/timer.h"
9
10 // Makros
11 #define FSAMPLE 44000
12 #define BUFFER_SIZE 1000
13
14 // globale Variable
15 int32_t buffer_sample[BUFFER_SIZE]; //Quadratische Signale
16 uint32_t i_sample = 0;
17 int32_t buffer_sample_sum = 0; // momentaner Pegel
18 uint32_t index = 0;
19 uint32_t index_zuvor = 0;
20 // Prototypen
21 void ADC_int_handler(void);
22
23 int main(void)
24 {

```

```

25 // SystemClock konfigurieren
26 SysCtlClockSet(SYSCTL_SYSDIV_5|SYSCTL_USE_PLL|SYSCTL_OSC_MAIN|↵
    SYSCTL_XTAL_16MHZ);
27 uint32_t ui32Period = SysCtlClockGet()/FSAMPLE;
28
29 // Peripherie aktivieren
30 SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_ADC0);
31 SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOE);
32 SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOB);
33 SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_TIMER0);
34
35 // GPIO konfigurieren
36 GPIOPinTypeADC(GPIO_PORTA_BASE, GPIO_PIN_2);
37 GPIOPinTypeGPIOOutput(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0|GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↵
    GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6|GPIO_PIN_7);
38
39 //Timer0 konfigurieren
40 TimerConfigure(TIMER0_BASE, TIMER_CFG_PERIODIC);
41 TimerLoadSet(TIMER0_BASE, TIMER_A, ui32Period - 1);
42 TimerControlTrigger(TIMER0_BASE, TIMER_A, true);
43 TimerEnable(TIMER0_BASE, TIMER_A);
44
45 // ADC konfigurieren
46 ADCClockConfigSet(ADC0_BASE, ADC_CLOCK_RATE_FULL, 1);
47
48 ADCSequenceConfigure(ADC0_BASE, 3, ADC_TRIGGER_TIMER, 0);
49 ADCSequenceStepConfigure(ADC0_BASE, 3, 0, ADC_CTL_CH1|ADC_CTL_IE|↵
    ADC_CTL_END);
50 ADCSequenceEnable(ADC0_BASE, 3);
51 ADCIntClear(ADC0_BASE, 3);
52 ADCIntRegister(ADC0_BASE, 3, ADC_int_handler);
53 ADCIntEnable(ADC0_BASE, 3);
54
55 //Schalter Config
56 SysCtlPeripheralEnable(SYSCTL_PERIPH_GPIOF); // Port F ↵
    Aktivieren
57 GPIOPinTypeGPIOInput(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_4); // PF4 als ↵
    Input definieren
58 GPIOPadConfigSet(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_4, GPIO_STRENGTH_2MA, ↵
    GPIO_PIN_TYPE_STD_WPU);
59
60 while(1)
61 {
62 }
63 }
64 // Quadrierungsfunktion einer Variable x
65 int square(uint32_t x) // ↵
    Quadrierfunktion
66 {
67     return x * x;

```

```

68 }
69 // Interrupt handler
70 void ADC_int_handler(void)
71 {
72     ADCIntClear(ADC0_BASE, 3); // delete interrupt flag
73     ADCProcessorTrigger(ADC0_BASE, 3); // ←
74     Konvertierung beginnen
75     while(!ADCIntStatus(ADC0_BASE, 3, false)) // warten bis ←
76     {
77         Konvertierung abgeschlossen
78         uint32_t NewADCValue = 0;
79         ADCSequenceDataGet(ADC0_BASE, 3, &NewADCValue); // Wert ←
80         ADCValue = NewADCValue; // Wert ←
81         quadrieren
82         buffer_sample[index] = NewADCValue; // ←
83         speichert Werte im Vektor
84         buffer_sample_sum += NewADCValue - buffer_sample[index_zuvor]; // Summe ←
85         der gemessenen Werte berechnen
86         index_zuvor = index;
87         index++;
88     }
89     if (index == BUFFER_SIZE )
90     {
91         index = 0;
92     }
93     // Grenzwerte bestimmt nach Test
94     if (GPIO_PinRead(GPIO_PORTF_BASE, GPIO_PIN_4) == 0) {
95     }
96     if (buffer_sample_sum < 300000)
97     {
98         GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0 | GPIO_PIN_1 | GPIO_PIN_2 | ←
99             GPIO_PIN_3 | GPIO_PIN_4 | GPIO_PIN_5 | GPIO_PIN_6 | GPIO_PIN_7, 0 ←
100             b00000000);
101     }
102     if (buffer_sample_sum > 300000)
103     {
104         GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0 | GPIO_PIN_1 | GPIO_PIN_2 | ←
105             GPIO_PIN_3 | GPIO_PIN_4 | GPIO_PIN_5 | GPIO_PIN_6 | GPIO_PIN_7, 0b00000001 ←
106             );
107     }
108     if (buffer_sample_sum > 600000)
109     {
110         GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0 | GPIO_PIN_1 | GPIO_PIN_2 | ←
111             GPIO_PIN_3 | GPIO_PIN_4 | GPIO_PIN_5 | GPIO_PIN_6 | GPIO_PIN_7, 0b00000011 ←
112             );
113     }
114 }

```

```

106     if (buffer_sample_sum > 900000)
107     {
108         GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0| GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↵
            GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6| GPIO_PIN_7, 0b00000111↵
        );
109     }
110     if (buffer_sample_sum > 1200000)
111     {
112         GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0| GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↵
            GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6| GPIO_PIN_7, 0b00001111↵
        );
113     }
114     if (buffer_sample_sum > 1500000)
115     {
116         GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0| GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↵
            GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6| GPIO_PIN_7, 0b00011111↵
        );
117     }
118     if (buffer_sample_sum > 1800000)
119     {
120         GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0| GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↵
            GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6| GPIO_PIN_7, 0b00111111↵
        );
121     }
122     if (buffer_sample_sum > 2100000)
123     {
124         GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0| GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↵
            GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6| GPIO_PIN_7, 0b01111111↵
        );
125     }
126     if (buffer_sample_sum > 2400000)
127     {
128         GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0| GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↵
            GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6| GPIO_PIN_7, 0b11111111↵
        );
129     }
130 }
131 else
132 {
133     GPIOWrite(GPIO_PORTB_BASE, GPIO_PIN_0| GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_2|↵
        GPIO_PIN_3|GPIO_PIN_4|GPIO_PIN_5|GPIO_PIN_6| GPIO_PIN_7, 0b00000000↵
    );
134 }
135 }

```