

Grundlagen der Programmierung und technische Informatik

P04 – Funktionen, Felder und DA-Wandler

Ziel

In diesem Versuch implementieren Sie die Ausgabe der Werte eines 4-Bit Digital-Analog-Wandlers, dessen Prinzip z.B. in der VGA-Schnittstelle eines PCs verwendet wird. Hierbei werden Sie eigene Funktionen schreiben und Arrays zur Darstellung der Zahlen verwenden.

Hinweise

Bereiten Sie die mit **V** gekennzeichneten Aufgaben vor dem Praktikumstermin vor.

NEU! Zu diesem Versuch erhalten Sie alle Funktionsprototypen, einige fertig implementierte Funktionen, sowie die gesamte `main()`Funktion als Projektrahmen. Machen Sie sich vorab mit dem Programmcode vertraut und testen Sie die Funktionen. Sie können den Projektrahmen als Hilfe für die Programmierung Ihrer eigenen Funktionen nutzen. Die Stellen, an denen Sie ihren eigenen Code ergänzen sollen sind mit

```
// *****  
// TODO: ...  
// *****  
gekennzeichnet.
```

Fehlende Vorbereitung führt zum Ausschluss aus dem Praktikumstermin!

Die Aufgaben, die mit **P** gekennzeichnet sind, können im Rahmen des Praktikumstermins oder bereits vorher durchgeführt werden. Die Aufgabe ist in mehrere Teile unterteilt. Der jeweils nächste Aufgabenteil sollte erst begonnen werden, wenn der aktuelle Teil fehlerfrei funktioniert. Jede Teilaufgabe wird durch die Praktikumsbetreuer:innen auf Richtigkeit geprüft. Bei der erfolgreichen Abgabe aller Teilaufgaben, erhalten Sie eine Unterschrift auf Ihrem Testatbogen.

Lesen Sie erst die gesamte Anleitung durch. Für die Vorbereitung zum Praktikum ist es empfehlenswert, den Vorlesungsstoff, die Übungsaufgaben sowie gegebenenfalls Literatur- und Internetquellen zu verwenden.



Aufgabe 4a – Eigene Funktionen in C++

Aufgabe 4a.1

Entwickeln Sie die Funktion

```
void umwandlung_dez_bin(int bit_vektor[], int dez_zahl, int bit_anzahl)
```

zur Umwandlung einer ganzen Dezimalzahl in Binärdarstellung. Hierbei soll die Anzahl an Bitstellen vom Benutzer festgelegt werden. Das höchstwertige Bit soll an der 1. Stelle `bit_vektor[0]` stehen.

Übergabeparameter der Funktion:

`bit_vektor[]` - Ergebnisarray, das die einzelnen Bits der Binärzahl enthält

`dez_zahl` - die umzuwandelnde Dezimalzahl

`bit_anzahl` - Anzahl der Bits in binärer Darstellung

- ✓ Wandeln Sie die folgenden Dezimalzahlen in Binärzahlen um. Verwenden Sie für die Binärdarstellung die feste Bitanzahl von 8 Bit.

25 _D =	0	0	0	1	1	0	0	1	B
-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rechenweg: $25 = 16 + 8 + 1 = 2^4 + 2^3 + 2^0 = 11001$

Handwritten calculation for 25:

$$25 = 2^4 + 2^3 + 2^0 = 11001$$

-24 _D =	1	1	1	0	1	0	0	0	B
--------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rechenweg: $24 = 2^4 + 2^3 = 00011000 \rightarrow 11100111$
 \downarrow
 $+1 \rightarrow 11101000$

- P Programmieren Sie die Funktion in C++. Sie können hierfür die bereits in Praktikum 03 Aufgabe 3b realisierte Umwandlung nutzen.
- P Stellen Sie sicher, dass das höchstwertige Bit an der 1. Stelle des Arrays steht.

Aufgabe 4a.2

Entwickeln Sie die Funktion

```
void ausgabe(int bin_zahl[], int anzahl_bits)
```

zur Ausgabe einer Binärzahl mit festgelegter Anzahl an Bits auf der Konsole.

Übergabeparameter der Funktion:

`bin_zahl[]` - Array aus den Bitstellen einer Binärzahl

`anzahl_bits` - Anzahl der Bits, die ausgegeben werden sollen

Testausgabe:

```
===== Aufgabe 4a =====
```

```
Geben Sie eine Dezimalzahl ein: 15
```

```
Die Zahl in 8-Bit Binaerdarstellung ist: 00001111
```

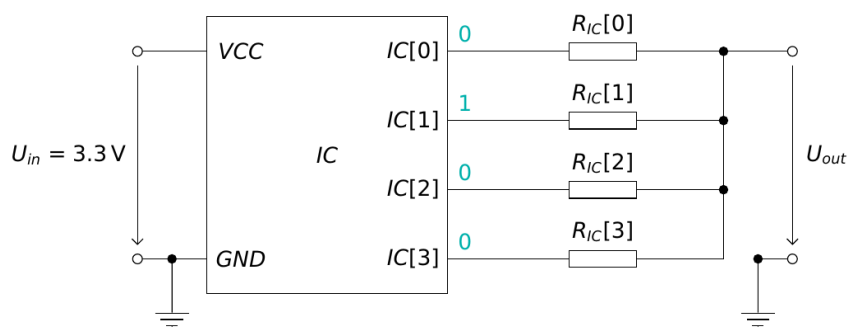
```
===== Ende Aufgabe 4a =====
```

Anmerkung: Die Testausgabe ist bereits in der main-Funktion implementiert.

- P Programmieren Sie die Funktion in C++.

Aufgabe 4b – 4-Bit Digital-Analogwandler

Ein einfacher 4-Bit Digital-Analogwandler (DA-Wandler) lässt sich mit 4 Widerständen aufbauen, die an die Ausgänge eines integrierten Schaltkreises (integrated circuit IC) angeschlossen sind. Der IC wird mit einer Spannung von $U_{in} = 3,3V$ versorgt. Das Prinzip ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

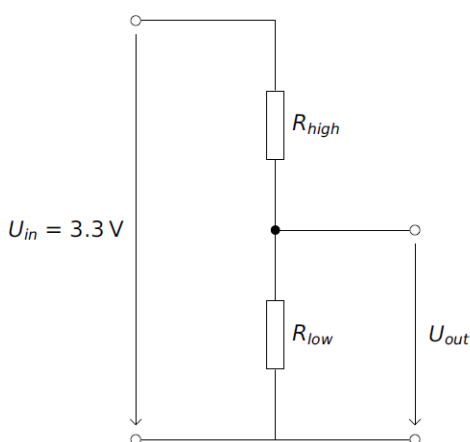


Jeder einzelne IC-Ausgang kann auf $0V$ (0 bzw. low) oder $3,3V$ (1 bzw. high) geschaltet werden. Damit ergeben sich $2^4 = 16$ verschiedene Möglichkeiten, die 4 Ausgänge zu beschalten, wodurch sich 16 verschiedene Spannungen zwischen $0V$ und $3,3V$ für die Ausgangsspannung U_{out} ergeben.

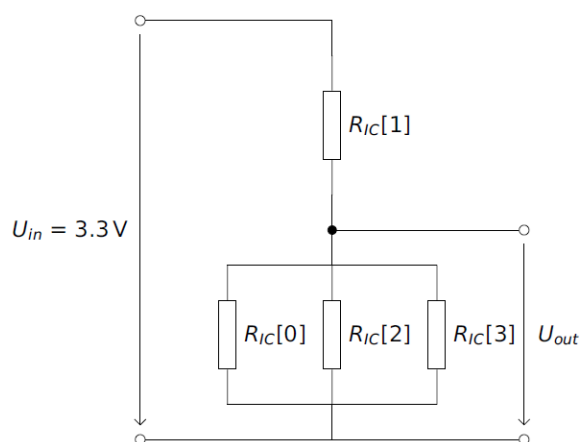
Dieses Prinzip der DA-Wandlung wird z.B. in der VGA-Monitor-Schnittstelle verwendet. Hierbei sind die Widerstände $R_{IC}[0] = 500\ \Omega$, $R_{IC}[1] = 1\ k\Omega$, $R_{IC}[2] = 2\ k\Omega$ und $R_{IC}[3] = 4\ k\Omega$. Die 3 Farben Rot, Grün und Blau des Monitors können jeweils mit 16 verschiedenen Spannungswerten angesteuert werden. Damit ergeben sich insgesamt $16 \cdot 16 \cdot 16 = 4096$ verschiedene Farben, die auf dem Monitor pro Pixel dargestellt werden können.

Abhängig von der Belegung der Ausgänge, lässt sich die Ausgangsspannung über einen Spannungsteiler berechnen. Für den Fall, dass der Ausgang $IC[1]$ auf 1 (high) und die Ausgänge $IC[0]$, $IC[2]$ und $IC[3]$ auf 0 (low) geschaltet sind, ergibt sich folgendes Ersatzschaltbild:

Spannungsteiler allgemein:



Spannungsteiler bei Belegung der Ausgänge mit $0100_B = 4_D$:



Für die Spannung U_{out} gilt: $U_{out} = \frac{R_{low}}{R_{high} + R_{low}} U_{in}$.

Der Widerstand R_{high} ist eine Parallelschaltung der Widerstände, deren IC-Ausgang auf 1 ist.

Der Widerstand R_{low} ist eine Parallelschaltung der Widerstände, deren IC-Ausgang auf 0 ist.

0001
0010
0011
0100

- V Welche Werte ergeben sich für die Widerstände R_{high} und R_{low} bei einer Belegung von 4_D am Ausgang des ICs, wenn die Widerstände $R_{IC}[0] = 500 \Omega$, $R_{IC}[1] = 1 k\Omega$, $R_{IC}[2] = 2 k\Omega$ und $R_{IC}[3] = 4 k\Omega$ sind?

Wie groß ist die Ausgangsspannung U_{out} ?

$$4_D = 0100$$

$$\frac{1}{R_{023}} = \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow \frac{1}{R_{023}} = \frac{1}{500} + \frac{1}{2000} + \frac{1}{4000} \Rightarrow \frac{8+2+1}{4000} = \frac{1}{R_{023}}$$

$$R_{low} \rightarrow 11 R_{023} = 4000 \Rightarrow R_{023} = 363,63 \Omega$$

$$R_{high} = 1000 \Omega$$

$$U_{out} = \frac{R_{low}}{R_{low} + R_{high}} \cdot U_{in} = 0,879 V$$

- V Welche Werte ergeben sich für die Widerstände R_{high} und R_{low} bei einer Belegung von 9_D am Ausgang des ICs, wenn die Widerstände $R_{IC}[0] = 100 \Omega$, $R_{IC}[1] = 200 \Omega$, $R_{IC}[2] = 300 \Omega$ und $R_{IC}[3] = 400 \Omega$ sind?

Wie groß ist die Ausgangsspannung U_{out} ?

$$9_D = 1001_B$$

$$\frac{1}{R_{high}} = \frac{1}{100 \Omega} + \frac{1}{400 \Omega}$$

$$R_{high} = \frac{400}{5} = 80 \Omega$$

$$\frac{1}{R_{low}} = \frac{1}{200} + \frac{1}{300}$$

$$R_{low} = \frac{600}{5} = 120 \Omega$$

$$U_{out} = \frac{120 \Omega}{200 \Omega} \cdot 3,3V = 1,98 V$$

Entwickeln Sie die Funktion

```
double da_wandler(int belegung_dez, double R_IC[]),
```

die in Abhängigkeit der Ausgangsbelegung des ICs die zugehörige Spannung ausgibt.

Übergabeparameter der Funktion:

`belegung_dez` – Belegung der Ausgänge des ICs als Dezimalzahl.
`double R_IC[]` – Widerstände an den Ausgängen des ICs (Ohm)

Rückgabe der Funktion:

Ausgangsspannung des 4-Bit DA-Wandlers.

- P Programmieren Sie die Funktion in C++.
Für den Fall $0000_B = 0_D$ ist die Ausgangsspannung $U_{out} = 0V$.
Für den Fall $1111_B = 15_D$ ist die Ausgangsspannung $U_{out} = 3,3V$.
In allen anderen Fällen kann die Ausgangsspannung über den Spannungsteiler berechnet werden.

Testausgabe:

===== Aufgabe 4b =====

Geben Sie die vier Widerstaende an.

R_IC[0]: 500
R_IC[1]: 1000
R_IC[2]: 2000
R_IC[3]: 4000

Belegung (dezimal)	Belegung (binaer)	Ausgangsspannung (V)
0	0000	0
1	0001	0.22
2	0010	0.44
3	0011	0.66
4	0100	0.88
5	0101	1.1
6	0110	1.32
7	0111	1.54
8	1000	1.76
9	1001	1.98
10	1010	2.2
11	1011	2.42
12	1100	2.64
13	1101	2.86
14	1110	3.08
15	1111	3.3

===== Ende Aufgabe 4b =====

Anmerkung: Die Testausgabe ist bereits in der main-Funktion implementiert.

- P** Überprüfen Sie die in den Vorbereitungsaufgaben berechneten Ausgangsspannungen U_{out} mit den Ergebnissen aus Ihrem Programm.

Ergebnis für $R_{IC}[0] = 500 \Omega$, $R_{IC}[1] = 1 k\Omega$, $R_{IC}[2] = 2 k\Omega$, $R_{IC}[3] = 4 k\Omega$ und Belegung $4_D = 0100_B$:

Vorbereitung:	0,879 V	Programm:	0,88 V
---------------	---------	-----------	--------

Ergebnis für $R_{IC}[0] = 100 \Omega$, $R_{IC}[1] = 200 \Omega$, $R_{IC}[2] = 300 \Omega$, $R_{IC}[3] = 400 \Omega$ und Belegung $9_D = 1001_B$:

Vorbereitung:	1,98 V	Programm:	1,98 V
---------------	--------	-----------	--------
