

# **Versuch V1**

**C752 Digitaltechnik**

Stand: 7. November 2023

*Tom Mohr  
Martin Ohmeyer*

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Aufgabe 3</b>	<b>1</b>
1.1 Aufgabe 3.1 . . . . .	1
<b>2 Aufgabe 6</b>	<b>2</b>
2.1 Aufgabe 6.1 . . . . .	2
2.2 Aufgabe 6.2 . . . . .	2
<b>3 Aufgabe 7</b>	<b>4</b>
3.1 Aufgabe 7.1 . . . . .	4
3.2 Aufgabe 7.2 . . . . .	4
3.3 Aufgabe 7.3 . . . . .	4
3.4 Aufgabe 7.4 . . . . .	4
<b>4 Aufgabe 9</b>	<b>5</b>
4.1 Aufgabe 9.1 . . . . .	5
4.2 Aufgabe 9.2 . . . . .	6
4.3 Aufgabe 9.3 . . . . .	6
4.4 Aufgabe 9.4 . . . . .	7
<b>5 Aufgabe 10</b>	<b>8</b>
5.1 Aufgabe 10.1 . . . . .	8
<b>6 Aufgabe 11</b>	<b>11</b>
6.1 Aufgabe 11.1 . . . . .	11
6.2 Aufgabe 11.2 . . . . .	12
6.3 Aufgabe 11.3 . . . . .	16

# 1 Aufgabe 3

## 1.1 Aufgabe 3.1

**Aufgabenstellung** Sollten Sie bei den folgenden Punkten Wissenslücken feststellen, füllen Sie diese bitte vor dem Laborversuch selbstständig auf z.B. durch YouTube Videos.

**Vorüberlegung** Es bestehen Defizite im Umgang mit Multimeter, Oszilloskop und der Logikgatter.

**Durchführung** Das Lesen der Bedienungsanleitung und ausprobieren von verschiedenen Einstellungen hilft dabei, die Geräte besser zu verstehen. Die Datenblätter zu einigen Logikgattern findet man im Internet.

**Schlussfolgerung** Der neue Informationsstand ist ausreichend, um die folgenden Aufgaben gewissenhaft zu erledigen.

# 2 Aufgabe 6

## 2.1 Aufgabe 6.1

**Aufgabenstellung** Entfernen Sie alle Kabel vom Netzteil, schalten Sie das Netzteil an und stellen Sie das Netzteil entsprechend den Vorgaben ein!

**Durchführung** Zu beginn befinden sich keine Kabel am Netzteil und es wird eingeschaltet (Abb. 2.1). Nach dem Einschalten kann die Spannung eingestellt werden. Links sind 8V und rechts 5V einzustellen (Abb 2.2). Um die Stromstärke einzustellen, müssen jeweils beide Buchsen der Netzteile kurzgeschlossen werden. Links werden 1A und rechts 50mA eingestellt (Abb. 2.3).

## 2.2 Aufgabe 6.2

**Aufgabenstellung** Ermitteln Sie die Abweichung zwischen den digitalen Multimetern und den eingebauten analogen Anzeigen der Spannungsversorgung!

**Durchführung** Um die Spannung zu messen, wird das linke Multimeter über die Buchsen COM (Schwarz) und V (Rot) mit dem rechten Netzteil verbunden.

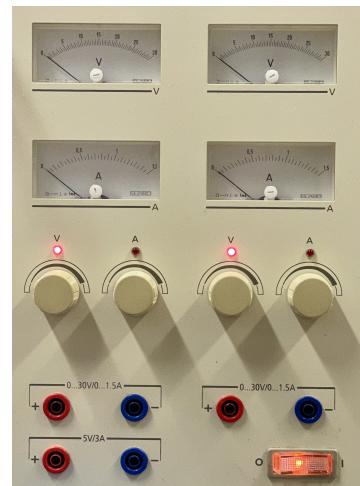


Abb. 2.1: Netzteil

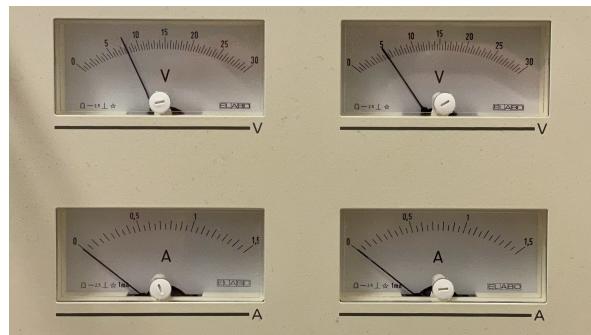


Abb. 2.2: Einstellen der Spannung



Abb. 2.3: Einstellen der Stromstärke

## 2 Aufgabe 6



Abb. 2.4: Messen der Spannung



Abb. 2.5: Messen der Stromstärke

# **3 Aufgabe 7**

**3.1 Aufgabe 7.1**

**3.2 Aufgabe 7.2**

**3.3 Aufgabe 7.3**

**3.4 Aufgabe 7.4**

# 4 Aufgabe 9

## 4.1 Aufgabe 9.1

**Aufgabenstellung** Stellen Sie das Rechtecksignal am Testausgang des Oszi so dar, dass etwa eine Periode den gesamten Bildschirm füllt! (Nicht zwei oder mehr Perioden auf dem Bildschirm.)

**Vorüberlegung** Um ein Signal zu erhalten, kann der eingebaute Signalgenerator verwendet werden. Dieser liefert bereits ein verwendbares Rechtecksignal. Eine Periode besteht aus einem Wellenhoch & -tief. Damit diese gut sichtbar ist, sollte links und rechts am Bildschirm ein wenig Platz sein, ohne dass eine weitere Amplitude zu sehen ist.

**Durchführung** Der Ausgang des Generators wird mit dem BNC-Messeingang auf Kanal 1 verbunden und über die Taste darüber aktiviert. Um das Signal grob auszurichten, wird die Funktion „Auto Set“ verwendet. Anschließend wird die Welle mit dem Horizontalen-Scrollrad gestreckt, sodass nur noch eine Periode sichtbar ist. Eine vertikale Streckung ist hier nun nicht mehr angebracht, da Teile des Signals sonst verschwinden würden.

**Schlussfolgerung** Die Welle ist nach den Vorgaben eingestellt und wird in Abbildung 4.1 dargestellt.

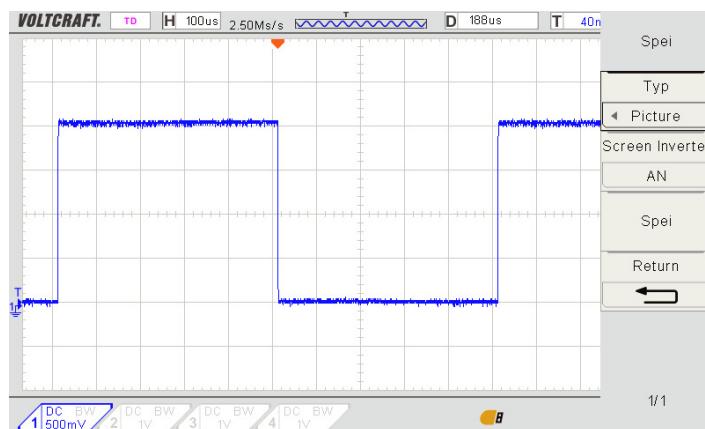


Abb. 4.1: Darstellung einer Periode

#### 4 Aufgabe 9

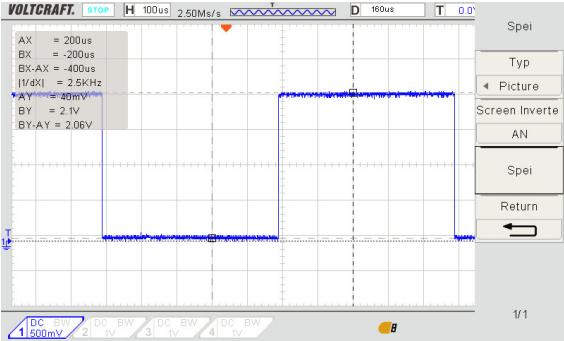


Abb. 4.2: Fallende Flanke

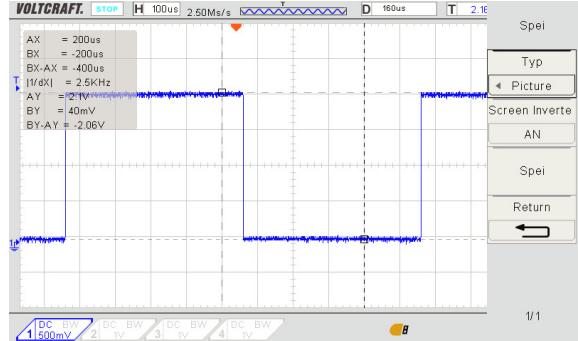


Abb. 4.3: Steigende Flanke

## 4.2 Aufgabe 9.2

**Aufgabenstellung** Zeigen Sie jeweils das Triggern auf steigende und fallende Flanke!

**Durchführung** Über das Triggermenü kann der passende Auslöser eingestellt werden. Um diesen nun Auslösen zu lassen, wird die Erfassung auf „Single“ gestellt und der Kontrollbereich des Triggers, mit dem Einstellrad, hin zur Welle geführt. Berührt der Kontrollbereich das Signal, wird eine Momentaufnahme erstellt.

**Schlussfolgerung** Das Auslösen der Ergebnisse war erfolgreich, wie Abbildung 4.2 für die fallende und Abbildung 4.3 für die steigende Flanke zeigen.

## 4.3 Aufgabe 9.3

**Aufgabenstellung** Auf dem Bildschirm des Oszi wird ein Raster erzeugt. Zeigen Sie das Messen der Amplitude und der Periodendauer mit Hilfe des Rasters!

**Vorüberlegung** Die Einheiten für das Raster lassen sich unten Links für jeden Kanal einzeln (Vertikal) und oben links für die gesamte Ansicht (Horizontal) ablesen.

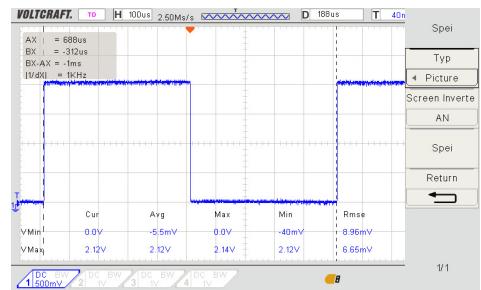


Abb. 4.4: Messung einer Periode

**Durchführung** Für das in Abbildung 4.4 dargestellte Signal sind es 500 mV auf der Amplitudenachse und 100  $\mu$ s auf der Zeitachse pro Kästchen. Von den Nullstellen bis zum höchsten Ausschlag des Signals befinden sich jeweils zwei Kästchen. Die Amplitude beträgt daher ca. 2 V. Bei der Periodendauer werden zehn Kästchen gezählt, was 1 ms entspricht.

## 4 Aufgabe 9

**Schlussfolgerung** Das Ablesen der Werte war erfolgreich, jedoch sind dies nur geschätzte Werte, da exakte Werte nicht mit dem bloßen Auge abgelesen werden können. Dafür müsste man Cursor an der richtigen Stelle einsetzen.

### 4.4 Aufgabe 9.4

**Aufgabenstellung** Zeigen Sie die Benutzung differentieller und absoluter Cursor auf der Zeit- und der Amplitudenachse! (Im Menüfeld des Oszi befindet sich die Cursor-Taste.)

**Vorüberlegung** Pro Achse gibt es jeweils zwei Cursor: A und B. Diese gehören entweder einzeln zu einer Achse, also AX, BX, AY und BY oder bilden ein Paar zu einem differentiellen Cursor, also BX-AX oder BY-AY.

**Durchführung** Im Cursormenü werden nacheinander alle Cursor aktiviert und verwendet. Im das Problem aus 4.3 zu beheben, werden nun die Cursor an den Amplituden und der Periode ausgerichtet. Durch das Drehen des Menüreglers wird die Position eines Cursors versteilt und dessen Position mit einem Druck fixiert. So könnte man nun die exakten Werte des Signals wie Amplitude oder Periodendauer ermitteln.

**Schlussfolgerung** Die Cursor ließen sich ausrichten und deren aufgezeigte Werte ablesen. Damit lassen sich deutlich präzisere Messwerte ermitteln.

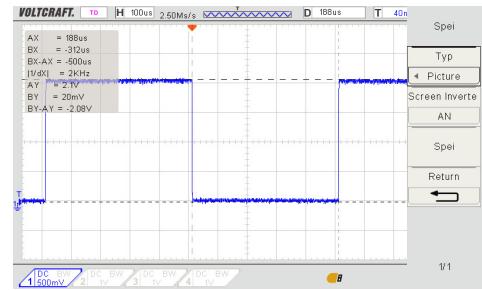


Abb. 4.5: Darstellung einer Periode

# 5 Aufgabe 10

## 5.1 Aufgabe 10.1

**Aufgabenstellung** Nutzen Sie das Beispiel aus Listing 1 bzw. die Beispiele aus dem B15-Git, um ein Programm zu schreiben welches zwei Betriebsmodi besitzt. In Zustand A sollen die digitalen Eingänge invertiert auf die digitalen Ausgänge weitergereicht werden. In Zustand B soll auf den digitalen Ausgängen das Lichtmuster aus dem Film Knightrider dargestellt werden. Unterscheiden Sie beide Betriebsmodi, indem Sie einen der DIP-Schalter auswerten.

**Vorüberlegung** Das B15-Board verfügt an allen BA und BE Steckleisten über 8 Anschlüsse. LEDs hinter den Anschlussbuchsen stellen die aktuelle Dezimalzahl in Binär dar. Rechnet man  $2^8$  ergibt dies 256, folglich können hier Zahlen von Null bis 255 Ein- sowie Ausgegeben werden. Um das Eingangssignal zu Invertieren, kann man daher einfach den Eingang von 255 subtrahieren. Das darzustellende Muster aus dem angegebenen Film ist ein einfaches hin- und herwandern einer einzelnen aktiven LED.

**Durchführung** In einer endlos laufenden Schleife soll der Wert des DIP-Schalters (in Abbildung 5.1 oben links), welcher Teil des B15-Boards ist, abgefragt und die entsprechenden Zustände ausgeführt werden. Steht der Schalter auf 0, soll das Programm *Zustand A* einmal ausführen. Sollte der Wert 1 sein, wird *Zustand B* einmal durchlaufen. In Zustand A wird der Wert des Blocks BE-0 ausgelesen, von 255 subtrahiert und das Ergebnis auf BA-0 geschrieben, wie in Abbildung 5.2 auf der nächsten Seite gezeigt. In Zustand B werden zwei Zählerschleifen nacheinander ausgeführt, welche den Dezimalwert der aktuellen LED halbieren bzw. verdoppeln und ihn mit einer leichten Verzögerung, die dem Knightrider Muster ähnelt, auf den Ausgang BA-0 schreibt. Der Quelltext kann nachfolgend entnommen werden.

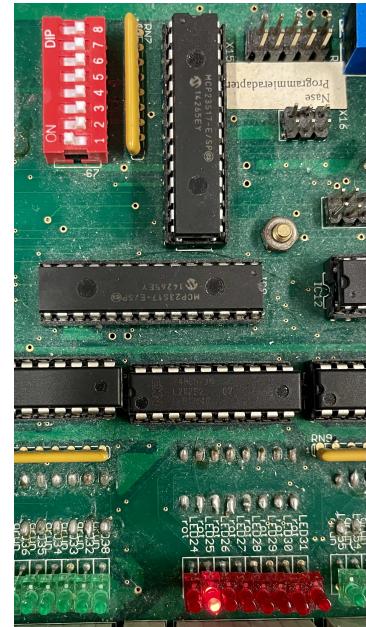


Abb. 5.1: DIP-Schalter

## 5 Aufgabe 10

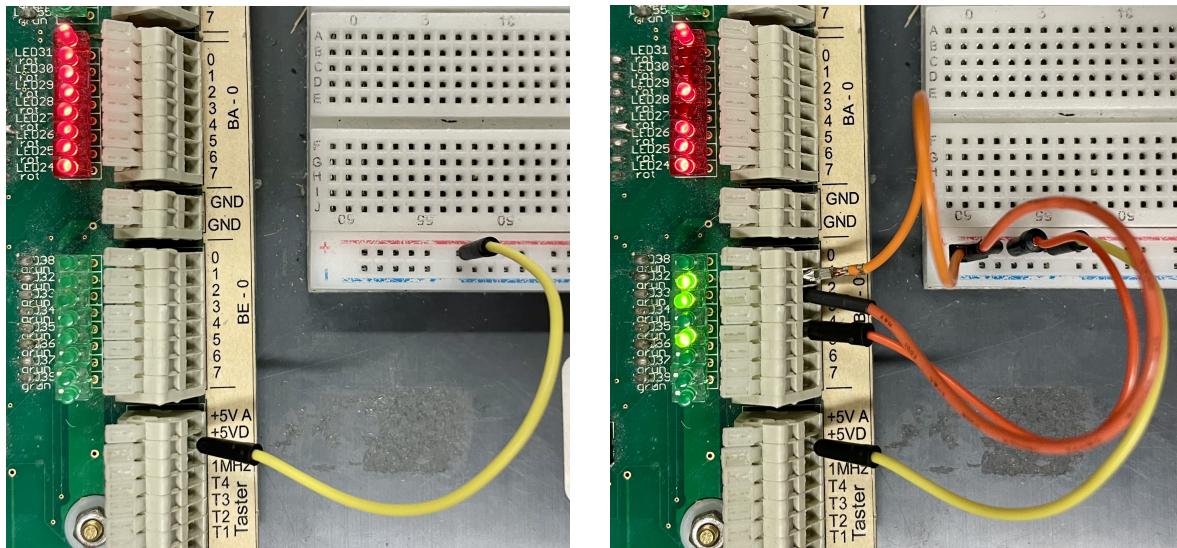


Abb. 5.2: Zustand A



Abb. 5.3: Zustand B

## 5 Aufgabe 10

**Schlussfolgerung** Das B15-Board verhält sich wie in der Aufgabenstellung gefordert und reagiert schnell. Sollte jedoch ein Wert größer als 1 am DIP-Schalter eingestellt sein, wird nichts ausgeführt. Der Versuch ist erfolgreich.

```
1 #include <b15f/b15f.h>
2
3 int main()
4 {
5     // Verbindung zum B15-Board aufbauen
6     B15F &drv = B15F::getInstance();
7
8     int mode = 0;
9     while (true)
10    {
11        // DIP Schalter auslesen um aktiven Zustand zu ermitteln
12        mode = drv.readDipSwitch();
13
14        if (mode == 0) // Zustand A
15        {
16            // Digitalen Eingang auf digitalen Ausgang invertieren
17            drv.digitalWrite0(255 - (int)drv.digitalRead0());
18        }
19        else if (mode == 1) // Zustand B
20        {
21            // Lauflicht in Richtung 1
22            for (int output = 64; output > 1; output /= 2)
23            {
24                drv.digitalWrite0(output);
25                drv.delay_ms(150);
26            }
27            // Lauflicht in Richtig 2
28            for (int output = 1; output <= 128; output *= 2)
29            {
30                drv.digitalWrite0(output);
31                drv.delay_ms(150);
32            }
33        }
34    }
35 }
36 }
```

# 6 Aufgabe 11

## 6.1 Aufgabe 11.1

**Aufgabenstellung** Wählen Sie ein beliebiges Logikgatter, verbinden Sie dessen Eingänge mit dem B15-Board. Nutzen Sie das Monitor-Programm um die Wahrheitswertetabelle Ihres Logikgatters zu erstellen.

**Vorüberlegung** Ausgewählt wurde ein AND Gatter vom Typ *DL008D*. Der Ausgang sollte erst durchgeschaltet werden, wenn beide Eingänge eingeschaltet sind.

**Durchführung** Das Gatter wird mit 5V Betriebsspannung über Pin 14 versorgt und über Pin 7 geerdet. Die Pins 1 und 2 sind Eingänge, dessen Ergebnis wird auf Pin 3 ausgegeben. Pin 1 wird mit Pin 0 und Pin 2 mit Pin 1 des Feldes BA-0 vom B15-Board verbunden. Die Ausgabe des Gatters wird auf BE-0 Pin 0 wiedergegeben. Der Aufbau kann Abbildung 6.1 entnommen werden. Zum testen dieser Schaltung wird der Wert von BA-0 mit den Binärkombinationen 00, 01, 10 und 11 nacheinander über das Monitor-Programm eingestellt. Die daraus entstandene Wahrheitswertetabelle ist in Abbildung 6.2 dargestellt.

**Schlussfolgerung** Das Ergebnis entspricht dem Erwartungswert. Der Versuch ist erfolgreich.

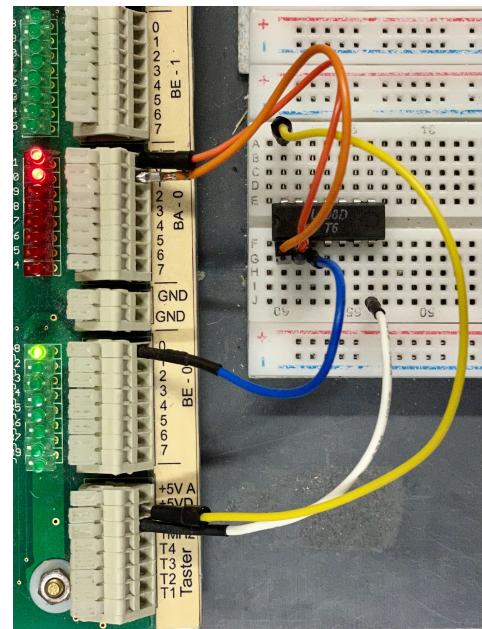


Abb. 6.1: Aufbau des verwendeten UND-Gatters

$E_2$	$E_1$	$A$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Abb. 6.2: Wahrheitswertetabelle der UND-Verknüpfung

## 6 Aufgabe 11

### 6.2 Aufgabe 11.2

**Aufgabenstellung** Wählen Sie mindestens 3 beliebige Logikgatter aus. Erstellen Sie dar- aus eine Logikschaltung die mindestens 4 Eingangsvariablen hat. Entwickeln Sie mit Hilfe des B15 ein Programm welches automatisch die Wahrheitswertetabelle des Logikgatters ausgibt. Überprüfen Sie die Ausgabe.

**Vorüberlegung** Zur verfügbaren Auswahl ständen AND-, NAND-, NOR- und XOR-Gatter. XOR wurde schnell ausgeschlossen, da die gefundene Dokumentation zur Bedienung unzureichend für den Betrieb ist. Nach einigen Tests für eine Schaltung, die ein durchwachsenes und nicht einseitiges Ergebnis liefert, ergaben sich Probleme bei der Verwendung des NAND-Gatters. Eine passende Schaltung mit zwei AND- und einer NOR-Verknüpfung wurde gefunden. Das Programm, welches die Wahrheitswertetabelle ausgeben soll, sollte möglichst universell Einsetzbar sein. Daher sollte es eine variable Größe von Eingängen verarbeiten können. Da eine Eingabe von nötig ist, um dies umzusetzen, darf diese nur Zahlen im Bereich von 1 bis 255 akzeptieren. Das Ergebnis sollte gut lesbar in Tabellenform ausgegeben werden und Abbildung 6.3 entsprechen.

$E_4$	$E_3$	$E_2$	$E_1$	$A$
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

Abb. 6.3: Wahrheitswertetabelle der Schaltung

**Durchführung** Die Gatter AND (*Typ DL008D*) und NOR (*Typ DL002D*) werden auf dem Steckbrett wie in Abbildung 6.4 auf der nächsten Seite gezeigt positioniert und jeweils über die Pins 14 mit 5V Betriebsspannung versorgt und über Pin 7 geerdet. Der Pin 1 des AND-Gatter wird mit BA-0 Pin 0 und Pin 2 mit BA-0 Pin 1 des B15-Boards verbunden. Das Ergebnis beider Pins wird über Pin 3 mit Pin 3 des NOR-Gatters verbunden. Eine weitere UND-Verknüpfung wird mit Pin 13 über Pin 3 und Pin 12 des AND-Gatters über Pin 4 der Buchsen BA-0 des B15-Boards verbunden. Das Ergebnis dieser Verknüpfung wird von Pin 11 des AND-Gatters zu Pin 2 des NOR-Gatters geleitet. Die benötigten Eingänge zur Berechnung des NOR sind dadurch belegt und das Ergebnis dieser wird über Pin 1 des NOR-Gatters mit Pin 0 von BE-0 des B15-Boards verbunden. Die Schaltung ist nun Vollständig und kann ebenfalls Abbildung 6.4 auf der nächsten Seite entnommen werden. Folgende Formel beschreibt den Aufbau:

$$\neg((a \wedge b) \vee (c \wedge d))$$

## 6 Aufgabe 11

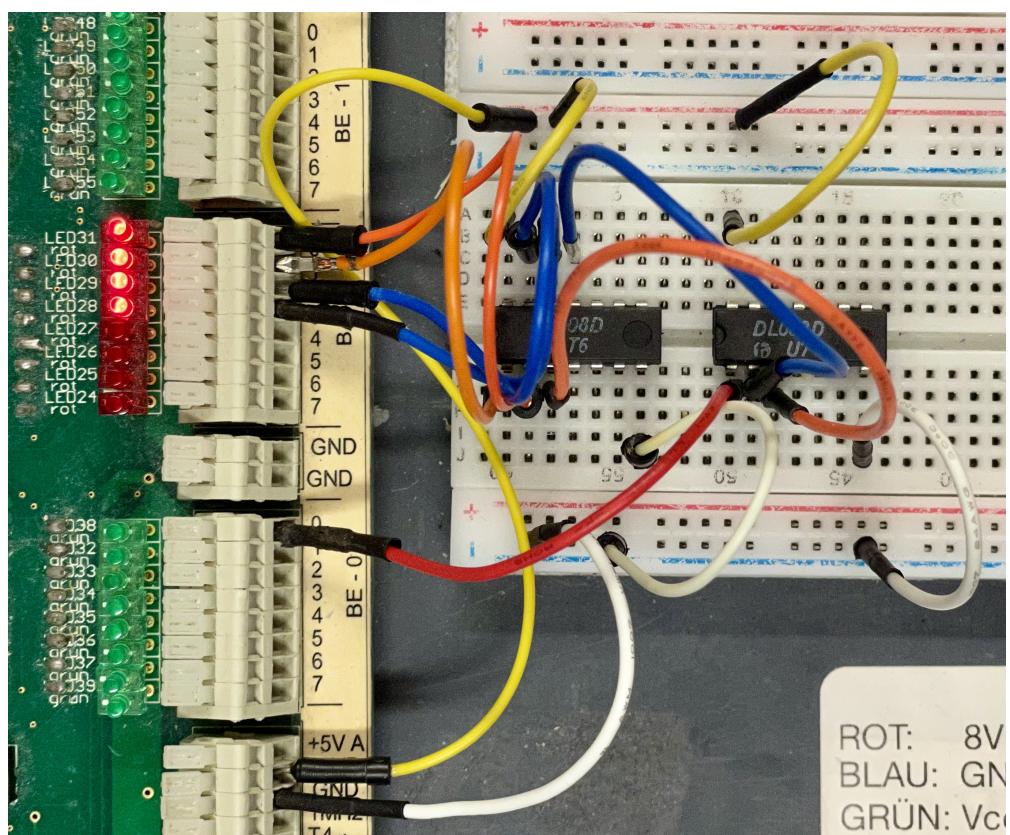


Abb. 6.4: Aufbau der Logischen Schaltung

## 6 Aufgabe 11

Das Programm baut eine Verbindung zum B15-Board auf, fragt den Benutzer nach der Testgröße und durchläuft alle Zahlen innerhalb dieser in aufsteigender Reihenfolge. Der Quelltext kann nachfolgend gelesen werden.

```
1 #include <iostream>
2 #include <string>
3 #include <b15f/b15f.h>
4
5 using namespace std;
6
7 /// @brief Konvertiert eine Zahl von Dezimal in Binär
8 /// @param n Die natürliche Zahl, die konvertiert werden soll.
9 /// @return den Binären Wert von `n`
10 string toBinary(int n)
11 {
12     string r;
13     while (n != 0)
14     {
15         r = (n % 2 == 0 ? "0" : "1") + r;
16         n /= 2;
17     }
18     return r;
19 }
20
21 /// @brief Fordert die Eingabe einer Zahl an und prüft diese auf
22 //→ Kompatibilität
22 /// @param errorOnLastRun `true`, wenn der letzte Aufruf nicht
23 //→ erfolgreich war.
23 /// @return Die korrekte Eingabe als Zahl
24 int inputRequest(bool errorOnLastRun = false)
25 {
26     // Erzeugt eine Fehlermeldung bei unpassender Eingabe
27     if (errorOnLastRun)
28     {
29         cout << "\nDie Eingabe muss eine Ganzzahl sein, welche zur
29 //→ Reihe der 2er-Potenzen gehört und nicht größer als 256
29 //→ ist." << endl;
30         cin.clear();
31         cin.ignore(10000, '\n');
32     }
33
34     cout << "Anzahl der maximalen Zeilen: ";
35     int decimalInput = 0;
36
37     // Eingabe auf Zahl prüfen
38     if (!(cin >> decimalInput))
39     {
40         // Eingabe erneut abfragen
41         return inputRequest(true);
42     }
43
44     int i = 1;
```

## 6 Aufgabe 11

```
45 // Fehlerhafte Eingabe mit nächst-größerer Zahl korrigieren
46 while (decimalInput <= 256 and decimalInput > i)
47 {
48     i *= 2;
49 }
50
51 // Prüft die eingegebene Zahl auf Gültigkeit
52 return decimalInput == i ? decimalInput : inputRequest(true);
53 }
54
55 int main()
56 {
57     // Verbindung zum B15-Board aufbauen
58     B15F &drv = B15F::getInstance();
59
60     // Die Anzahl der zu testenden Ausgänge abfragen
61     int max = inputRequest();
62     cout << "\n\n";
63
64     for (int i = 0; i < max; i++)
65     {
66         // Aktuellen Testausgang konvertieren
67         string bin = toBinary(i);
68
69         // Führende Nullen ergänzen
70         while (bin.length() < (log(max) / log(2)))
71         {
72             bin = bin.insert(0, "0");
73         }
74
75         // Separator für die Darstellung einfügen
76         int length = bin.length() * 4 - 3;
77         for (int j = 0; j < length; j += 4)
78         {
79             bin.insert(j, " | ");
80         }
81
82         // Tabellenkopf erzeugen
83         if (i == 0)
84         {
85             string letters = " | a | b | c | d | e | f | g | h | ";
86             string header = letters.substr(0, bin.length() * 4 + 2);
87             cout << header << "| A | \n"
88                 << endl;
89         }
90
91         // Ausgang auf Eingang testen
92         drv.digitalWrite0(i);
93         int input = (int)drv.digitalRead0();
94
95         // Ergebnis ausgeben
96         cout << bin << " | " << input << " | " << endl;
```

## 6 Aufgabe 11

```
97     }
98
99     return 0;
100 }
```

**Schlussfolgerung** Das Ergebnis des Programms entspricht dem Erwartungswert. Der Versuch ist erfolgreich. Die exakte Ausgabe des Programms lautet:

```
[B15F] Verwende Adapter: /dev/ttyUSB0
[B15F] Stelle Verbindung mit Adapter her... OK
[B15F] Teste Verbindung... OK
[B15F] AVR Firmware Version: Dec 3 2019 um 13:14:09 Uhr (boardinfo.h)
Anzahl der maximalen Zeilen: 16
```

	0		0		0		0		1	
	0		0		0		0		1	
	0		0		0		0		1	
	0		0		0		0		0	
	0		0		0		0		1	
	0		0		0		0		1	
	0		0		0		0		1	
	0		0		0		0		0	
	0		0		0		0		1	
	0		0		0		0		1	
	0		0		0		0		1	
	0		0		0		0		0	
	0		0		0		0		0	
	0		0		0		0		0	
	0		0		0		0		0	
	0		0		0		0		0	
	0		0		0		0		0	
	0		0		0		0		0	

## 6.3 Aufgabe 11.3

**Aufgabenstellung** Räumen Sie alle Kabel und Widerstände die Sie aus dem Widerstandssortiment von der Wand genommen haben wieder zurück.

**Durchführung** Das Netzteil wird ausgeschaltet und die Kabel zur Stromversorgung abgeklemmt. Die Widerstände werden in entsprechende Box zurückgelegt und die Kabel der Schaltungen einzeln vom Steckbrett gelöst und gesammelt in die Kabelbox gelegt. Mit dem Bauteilegreifer werden die verwendeten Logikgatter einzeln vom Steckbrett gelöst und in die entsprechende Sammelbox gelegt.

**Schlussfolgerung** Der Arbeitsplatz befindet sich in einem sauberen Zustand und kann wieder verwendet werden.