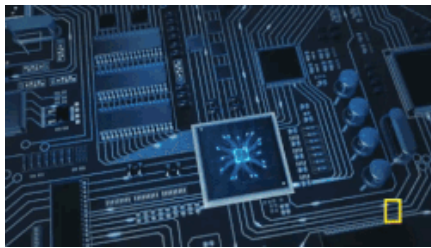


# Standardschaltnetze

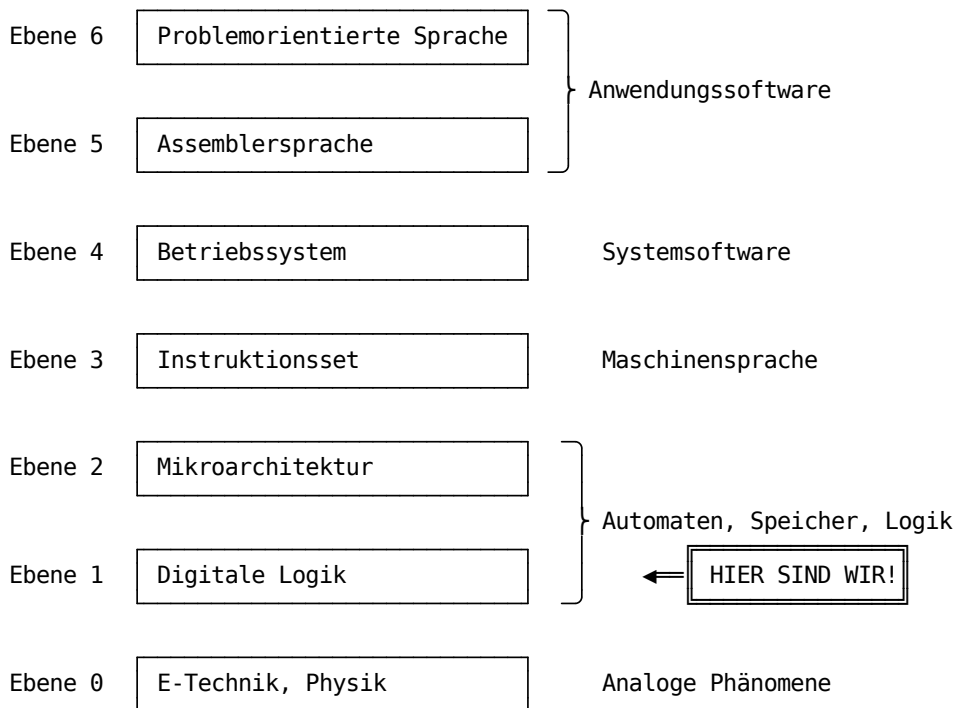
Parameter	Kursinformationen
Veranstaltung:	Digitale Systeme / Eingebettete Systeme
Semester	Wintersemester 2022/23
Hochschule:	Technische Universität Freiberg
Inhalte:	Realisierung von Schaltnetzen, Standardschaltnetze
Link auf GitHub:	<a href="https://github.com/TUBAF-lfi-LiaScript/VL_Softwareentwicklung/blob/master/05_Standardschaltnetze.md">https://github.com/TUBAF-lfi-LiaScript/VL_Softwareentwicklung/blob/master/05_Standardschaltnetze.md</a>
Autoren	Sebastian Zug & André Dietrich & Fabian Bär



## Fragen an die Veranstaltung

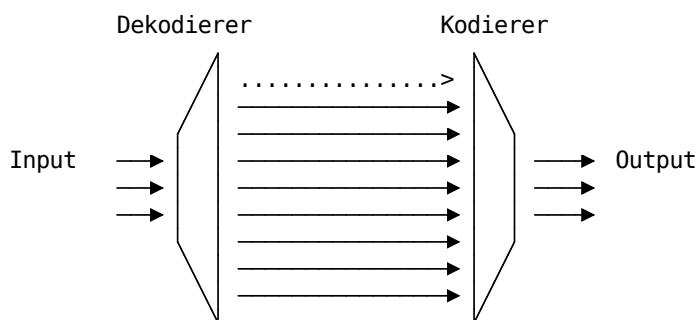
- Unterscheiden Sie Multiplexer und Demultiplexer.
- Wie lassen sich mit einem Multiplexer beliebige Wahrheitstafeln abbilden. Welche Grenzen hat dieser Ansatz?
- Welche Aufgaben realisieren Dekoder?
- Nennen Sie Anwendungsbeispiele für einen Multiplexer.

## Abstraktionsebenen



## Dekodierer / Kodierer

In der digitalen Elektronik ist ein Binärdecoder eine kombinatorische Logikschaltung, die binäre Informationen von den  $n$  codierten Eingängen in maximal  $k = 2^n$  eindeutige Ausgänge umwandelt. Sie werden zum Beispiel für die Ansteuerung von Siebensegmentanzeigen und als Adressdecoder für Speicher und Port-mapped I/O genutzt.



So kann z.B. ein abgewandeltes NOT Gatter als 1:2-Binärdecoder mit 1-Eingang und 2-Ausgänge klassifiziert werden, da er mit einem Eingang  $A$  zwei Ausgänge  $A$  und  $\bar{A}$  hat.

## n-zu-k Dekodierer

### 3-8 Dekodierer

$A$	$B$	$C$	$y_0$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	...
0	0	0	1	0	0	0	0	...
0	0	1	0	1	0	0	0	...
0	1	0	0	0	1	0	0	...
0	1	1	0	0	0	1	0	...
1	0	0	0	0	0	0	1	...
1	0	1	0	0	0	0	0	...
1	1	0	0	0	0	0	0	...
1	1	1	0	0	0	0	0	...

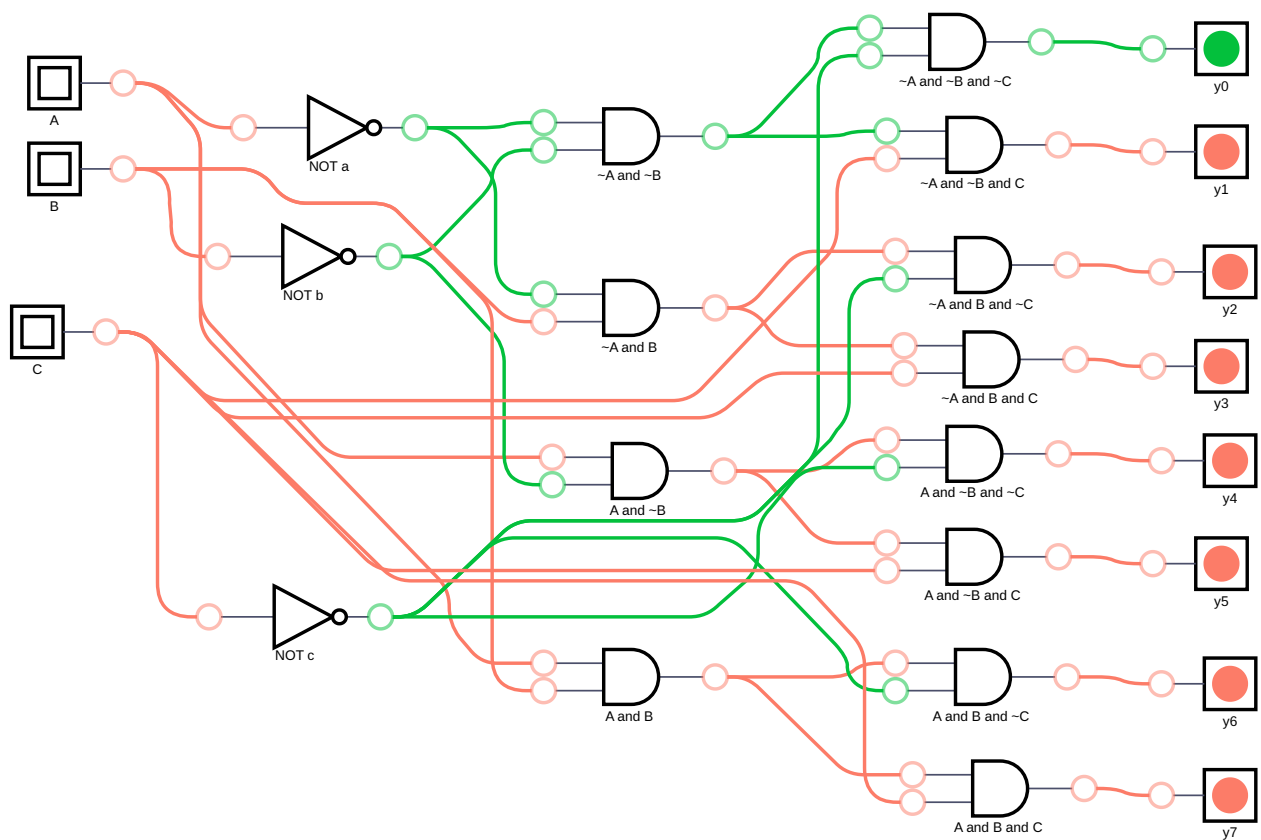
Für jede Eingangskombination wird genau 1 Ausgang aktiviert.

$$y_0 = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}$$

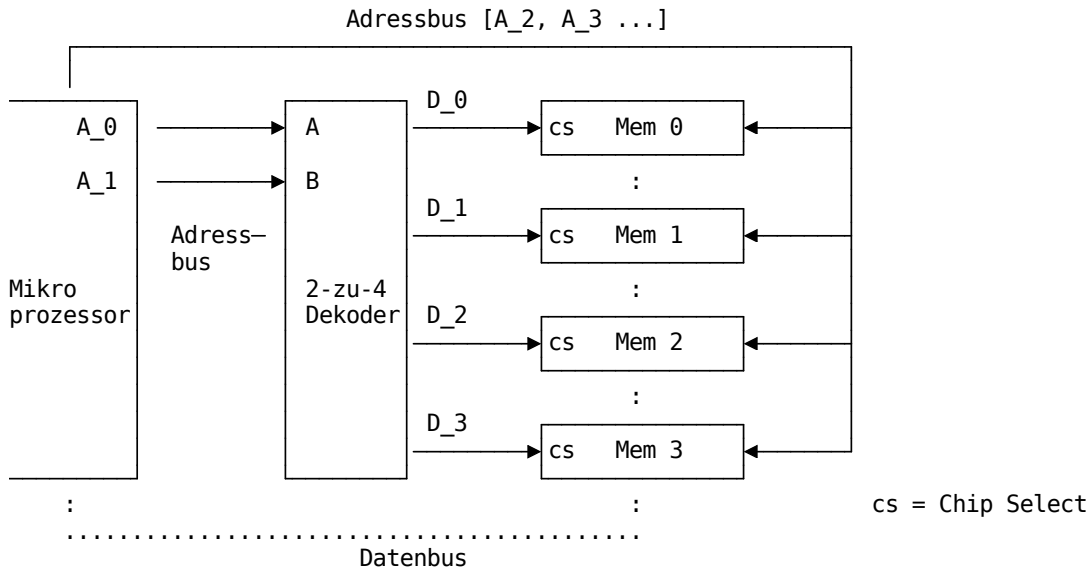
$$y_1 = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot C$$

$$y_2 = \overline{A} \cdot B \cdot \overline{C}$$

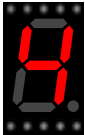
$$y_3 = \overline{A} \cdot B \cdot C$$



## Adressdekoder



## BCD Dekoder für 7 Segmentanzeige



```

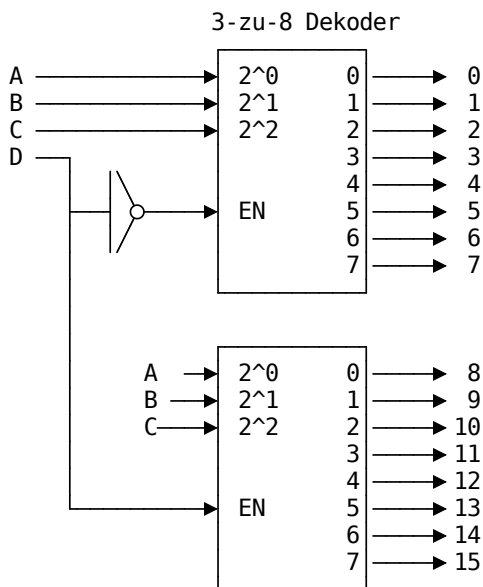
1  const int PINS[] = {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9};
2  const int PAUSE = 1000;
3  byte segDigits[10][8] = {
4      { 1,1,1,1,1,1,1,0 }, // = 0
5      { 0,1,1,0,0,0,0,0 }, // = 1
6      { 1,1,0,1,1,1,0,1 }, // = 2
7      { 1,1,1,1,1,0,0,1 }, // = 3
8      { 0,1,1,0,0,0,1,1 }, // = 4
9      { 1,0,1,1,1,0,1,1 }, // = 5
10     { 1,0,1,1,1,1,1,1 }, // = 6
11     { 1,1,1,1,0,0,1,0 }, // = 7
12     { 1,1,1,1,1,1,1,1 }, // = 8
13     { 1,1,1,1,1,0,1,1 }, // = 9
14 };
15 void setup() {
16     for(int i=0;i<8;i++){
17         pinMode(PINS[i], OUTPUT);
18     }
19 }
20
21 void loop() {
22     for (int count = 0; count <=9; ++count) {
23         for(int i=0; i<10; i++) {
24             digitalWrite(PINS[i], segDigits[count][i]);
25         }
26         delay(PAUSE);
27     }
28 }

```

Sketch uses 1092 bytes (3%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.  
Global variables use 109 bytes (5%) of dynamic memory, leaving 1939 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

## Verschaltung von Dekodern

Realisierung eines 4-zu-16 Dekoders auf der Basis von zwei 3-zu-8 Dekodern



## n-zu-k Kodierer

- n Ausgänge  $y_0, y_1, \dots, y_{n-1}$
- $k = 2^n$  Eingänge  $x_0, x_1, \dots, x_{k-1}$
- nur genau eine Eingangsleitung darf auf 1 sein:  $x_i = 1, x_j = 0 \text{ für } j \neq i$

Jeder Eingangsleitung ist genau eine Kombination der möglichen Belegungen der Ausgangsleitungen zugeordnet, z.B. ihre binäre Repräsentation.

### 8-3 Kodierer

$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$y_2$	$y_1$	$y_0$
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

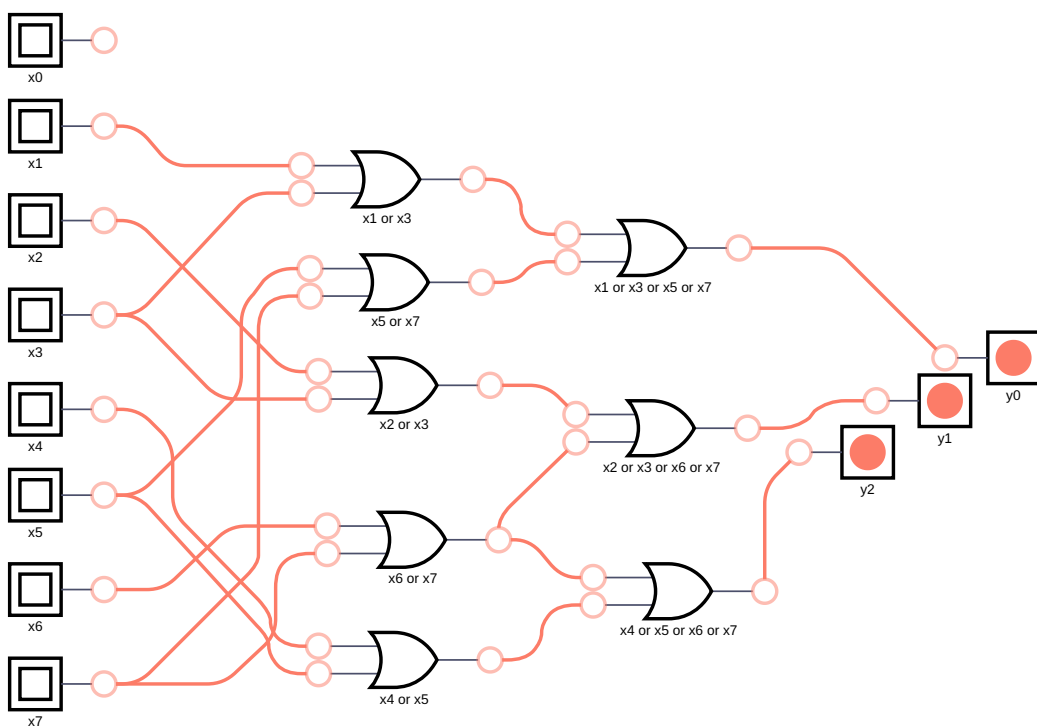
$$y_0 = x_1 + x_3 + x_5 + x_7$$

$$y_1 = x_2 + x_3 + x_6 + x_7$$

$$y_2 = x_4 + x_5 + x_6 + x_7$$

Achtung: Die Wahrheitstafel ist unvollständig !

1. Falsche Ausgangs-zustände sind möglich!
2. Was passiert wenn alle Pegel 0 sind?



## Prioritätsencoder

Abhilfe schafft der Prioritätsencoder. Hier wird eine explizite Auswahl für verschiedene Eingangskonfigurationen getroffen.

$x_3$	$x_2$	$x_1$	$x_0$	$y_1$	$y_0$
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	X	0	1
0	1	X	X	1	0
1	X	X	X	1	1

$$y_0 = \overline{x}_3 \overline{x}_2 x_1 + x_3$$

$$y_1 = \overline{x}_3 x_2$$

Und im echten Leben? Kommen noch einige Spezialeingänge / -ausgänge dazu [Link](#).

MC14532B - 8-Bit Priority Encoder <sup>[1]</sup>

Aufgabe: Vereinfachen Sie die Funktionen für  $Q_2$ !

$$Q_2 = D_4 + D_5 + D_6 + D_7$$

## Analog Digitalwandler

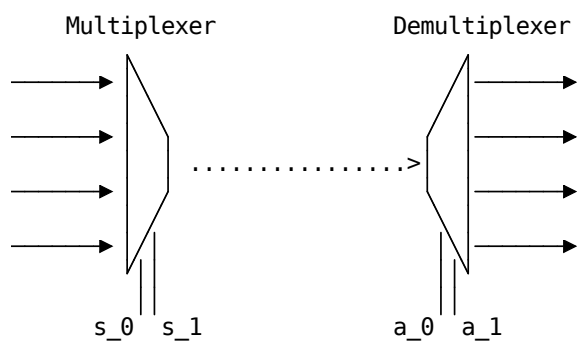
Wir werden dem Encoder bei der Diskussion der Peripherie eines Mikrocontrollers sehr häufig wiederbegegnen. Das Video zeigt einen Anwendungsfall - das mapping der Ergebnisse eines Analog-Digital-Wandlers auf eine binäre Ausgabe.

<sup>[2]</sup>

- 
- [1] Datenblatt MC14532B - 8-Bit Priority Encoder, Firma ON Semiconductor
- [2] Autor: Always Be Positive, Youtube Video - Flash or Parallel ADC (Analog to Digital Converter)

## Multiplexer / Demultiplexer

Der Begriff *Multiplexing* umfasst das serialisierte Senden eines oder mehrerer analoger oder digitaler Signale über eine gemeinsame Übertragungsleitung. Eine Multiplexerschaltung bildet die Eingangssignale auf einen Kommunikationskanal ab, der Demultiplexer übernimmt die Abbildung auf n Ausgangsleitungen.



Multiplexer	Dekoder
mehrere Eingänge, ein Ausgang	mehrere Eingänge, mehrere Ausgänge
Steuerleitungen konfigurieren die Weiterleitung	das Mapping wird allerdings durch die interne Logik bestimmt
wandelt den unären Code in einen binären Code um	wandelt den binären Code in einen unären Code um



# Multiplexer

Generelle Konfiguration eines 1-aus-k Multiplexer:

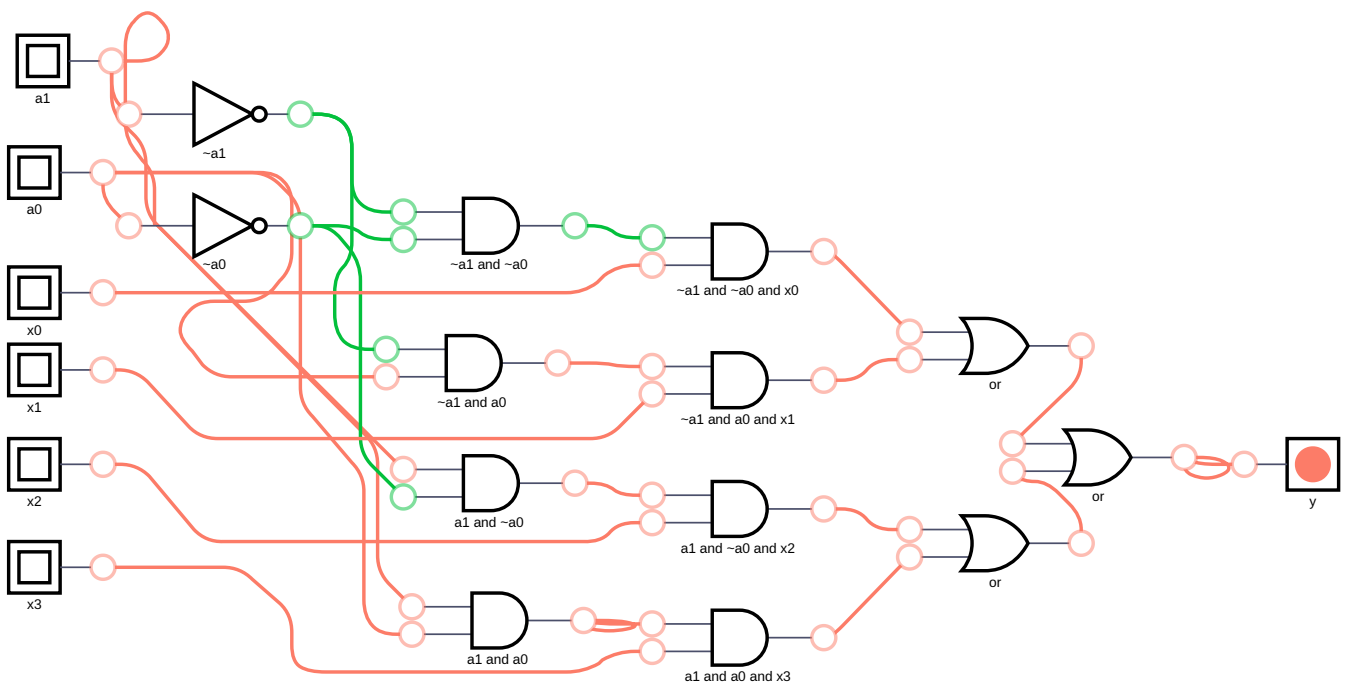
- $n$  Steuerleitungen:  $s_{n-1}, \dots, s_1, s_0$
- $k = 2^n$  Eingänge:  $x_0, x_1, \dots, x_{k-1}$
- ein Ausgang:  $y$
- $y = x_i$  für  $(s_{n-1}, \dots, s_1, s_0)_2 = i$

## Beispiel: 1-zu-4 Multiplexer

Eine Wahrheitstabelle mit 4 Eingangsvariablen und 2 Steuersignalen würde eine entsprechende Größe aufweisen. Allerdings kann die Funktion auch sehr einfach hergeleitet werden. Ein Inputsignal wird nur dann durchgeleitet, wenn die zugehörige Kombination von Steuersignalen anliegt.

$a_1$	$a_0$	Signal
0	0	$x_0$
0	1	$x_1$
1	0	$x_2$
1	1	$x_3$

$$y = \overline{a_1} \cdot \overline{a_0} \cdot x_0 + \overline{a_1} \cdot a_0 \cdot x_1 + a_1 \cdot \overline{a_0} \cdot x_2 + a_1 \cdot a_0 \cdot x_3$$



## Anwendung in Microcontrollern

### Multiplexer als universelle boolsche Funktionsrepräsentation

$x_2$	$x_1$	$x_0$	$y$
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

---

[3] Firma Microchip - ATmega328P8-bit AVR Microcontroller Datasheet [Link](#)

## Demultiplexer

Generelle Konfiguration eines 1-aus-k Multiplexer:

- $n$  Steuerleitungen:  $s_{n-1}, \dots, s_1, s_0$
- $k = 2^n$  Ausgänge:  $y_0, y_1, \dots, y_{k-1}$
- ein Eingang:  $x$
- $y = x_i$  für  $(s_{n-1}, \dots, s_1, s_0)_2 = i$

**Beispiel: 2 Bit Adresse → 4 Ausgänge**

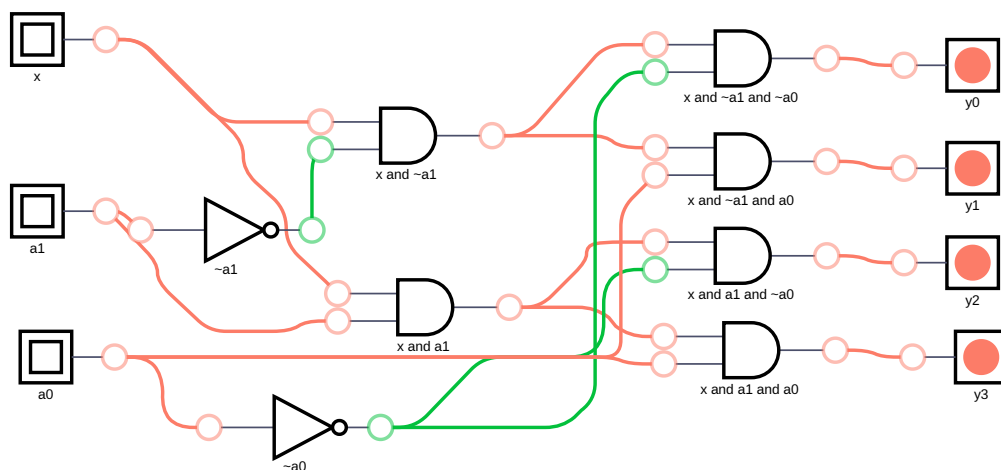
$a_0$	$a_1$	$x$	$y_0$	$y_1$	$y_2$
0	0	0			
0	0	1	1		
0	1	0			
0	1	1		1	
1	0	0			
1	0	1			1
1	1	0			
1	1	1			

$$y_0 = x \cdot \overline{a_1} \cdot \overline{a_0}$$

$$y_1 = x \cdot \overline{a_1} \cdot a_0$$

$$y_2 = x \cdot a_1 \cdot \overline{a_0}$$

$$y_3 = x \cdot a_1 \cdot a_0$$



## Komperatoren

... siehe Hausaufgabe

## Ausblick

Nunmehr können boolsche Funktionen als Schaltnetze abbilden? Was fehlt für den Rechner? Zwei Dinge ... Speicher und arithmetische Operationen.

## Hausaufgaben

1. Entwerfen Sie einen Komperator, der zwei zweistellige Zahlen vergleicht. Definieren Sie dazu zunächst einen Ein-Bit Komperator und nutzen sie diesen als Grundlage für die Zwei-Bit-Variante
2. Entwickeln Sie ein Schaltnetz, dass die Teilbarkeit durch drei von einer 4-stelligen binären Zahl prüft. Stellen Sie dazu eine Wahrheitstafel auf, minimieren Sie den Ausdruck soweit wie möglich und skizzieren Sie die Verdrahtung der Gatter.