

Protokoll: Kombinatorische und sequentielle Schaltungen

Tom Kranz, Philipp Hacker

13. Juni 2014

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbereitung	2
1.1	Siebensegmentanzeige	2
1.2	Schaltskizzen	4
1.3	Kombinatorische Schaltungen	4
1.4	Sequentielle Schaltungen	4
1.5	Dimensionierung	4
1.5.1	Kombinatorische Schaltungen	4
1.5.2	Sequentielle Schaltungen	5
2	Durchführung	5
2.1	Kombinatorische Schaltungen	5
2.2	Sequentielle Schaltungen	5
2.3	Messgeräte	5
2.4	Oszillogramme	6
2.4.1	Sequentielle Schaltungen, Aufgabe 3	6
3	Auswertung	8
3.1	Kombinatorische Schaltungen	8
3.1.1	Aufgabe 1	8
3.1.2	Aufgabe 3	9
4	Anhang	9

1 Vorbereitung

1.1 Siebensegmentanzeige

Im Vorfeld des Aufbaus der Siebensegmentanzeige (siehe Abb. 1) waren durch die Verwendung von Karnaugh-Tafeln die logischen Funktionen der einzelnen Segmente aufzustellen.

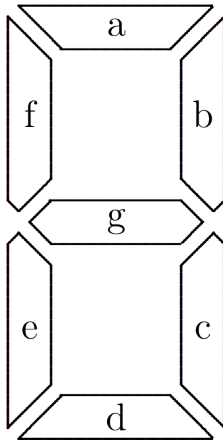


Abb. 1: Kennzeichnung

x_1	x_2	x_3	x_4	a	b	c	d	e	f	g	Anzeige
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	2
1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	3
0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	4
1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	6
1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	7
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	9

Tabelle 1: Wahrheitstabelle der Siebensegmentanzeige

x_1	x_2	0	0	0	1	1	1	1	0
x_3	x_4								
0	0	1		1		1		0	
0	1	1		*		*		1	
1	1	*		*		*		*	
1	0	0		1		1		1	

Tabelle 2: Segment a

x_1	x_2	0	0	0	1	1	1	1	0
x_3	x_4								
0	0	1		1		1		1	
0	1	1		*		*		1	
1	1	*		*		*		*	
1	0	1		0		1		0	

Tabelle 3: Segment b

Logische Funktion:

$$a = x_3x_1 + x_2 + \overline{x_3} \overline{x_1} + x_4 \quad (1)$$

Logische Funktion:

$$b = x_2x_1 + \overline{x_1} \overline{x_2} + \overline{x_3} \quad (2)$$

x_1	x_2	0	0	0	1	1	1	1	0
x_3	x_4								
0	0	1		0		1		1	
0	1	1		*		*		1	
1	1	*		*		*		*	
1	0	1		1		1		1	

Tabelle 4: Segment c

x_1	x_2	0	0	0	1	1	1	1	0
x_3	x_4								
0	0	1		1		1		1	
0	1	1		*		*		1	
1	1	*		*		*		*	
1	0	0		1		0		0	

Tabelle 5: Segment d

Logische Funktion:

$$c = \overline{\overline{x_3} \overline{c_1} x_2}$$

(3)

Logische Funktion:

$$d = x_4 + x_2 \overline{x_3} + \overline{x_3} \overline{x_1} + x_2 \overline{x_1} + \overline{x_2} x_1 x_3 \quad (4)$$

x_1	x_2	0	0	0	1	1	1	1	0
x_3	x_4								
0	0	1		1		0		0	
0	1	1		*		*		0	
1	1	*		*		*		*	
1	0	0		1		0		0	

Tabelle 6: Segment e

x_1	x_2	0	0	0	1	1	1	1	0
x_3	x_4								
0	0	1		0		0		0	
0	1	1		*		*		1	
1	1	*		*		*		*	
1	0	1		1		0		1	

Tabelle 7: Segment f

Logische Funktion:

$$e = x_1 + \overline{x_2} x_3$$

(5)

Logische Funktion:

$$f = x_4 + \overline{x_2} \overline{x_1} + \overline{x_2} x_3 + x_3 \overline{x_1} \quad (6)$$

x_1	x_2	0	0	0	1	1	1	1	0
x_3	x_4								
0	0	0		1		1		0	
0	1	1		*		*		1	
1	1	*		*		*		*	
1	0	1		1		0		1	

Tabelle 8: Segment g

Logische Funktion:

$$g = x_3 \overline{x_2} + x_2 \overline{x_3} + x_4 + x_2 \overline{x_1} \quad (7)$$

1.2 Schaltskizzen

1.3 Kombinatorische Schaltungen

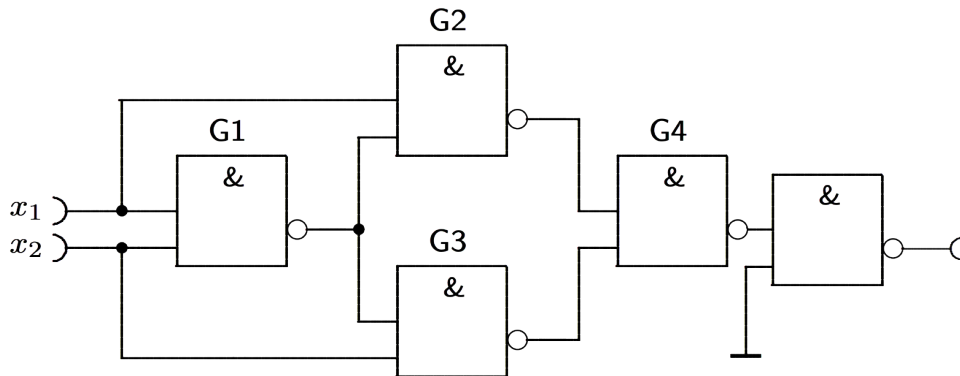


Abb. 2: Test auf Äquivalenz mit NAND-Gattern

1.4 Sequentielle Schaltungen

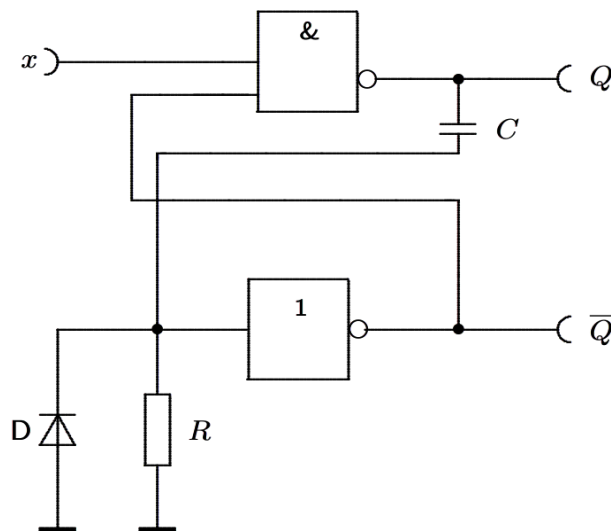


Abb. 3: Univibrator aus NAND-Gattern

1.5 Dimensionierung

Im Vorfeld ist anzumerken, dass, falls nicht bereits schon integriert (Schaltbrett *Kombinatorik*), die Betriebsspannungen aller ICs immer auf Massepotential durch einen 100 nF großen Keramikkondensator gepuffert wurden.

1.5.1 Kombinatorische Schaltungen

Die Dimensionierungen für die Versuche zur Siebensegmentanzeige und zum Test auf Äquivalenz erübrigten sich, da allein der korrekte Aufbau und die Bestimmung der logischen Funktionen die Aufgaben lösten.

1.5.2 Sequentielle Schaltungen

Da ein $\tau \approx 10 \mu\text{s}$ gefordert war, dimensionierten wir $C = 21,1 \text{ nF}$ und $R = 388,4 \Omega$, womit sich $\tau = 8,60 \mu\text{s}$ oszillographisch messen ließ.

2 Durchführung

2.1 Kombinatorische Schaltungen

Bevor die Siebensegmentanzeige aufgebaut werden konnte, wurden die logischen Funktionen in Folge der zugehörigen Karnaugh-Tafeln aufgestellt (siehe 1.1). Schließlich wurden auf dem Schaltbrett *Kombinatorik*, wie in Abb. 7 gezeigt, die Variablen durch NAND-Gatter mit bis zu 8 Eingängen an die LED-Siebensegmentanzeige in entsprechender Form weitergegeben. Im Anschluss konnten zusätzlich die Eingangsvariablen x_1 bis x_4 durch beliebige Stellen eines bereits integrierten, getakteten Schieberegisters ersetzt werden.

Weiterhin wurden für einen Äquivalenztest (siehe 1; auf Steckplatine) die Zeitverschiebungen von Eingangssignaländerung und Ausgang gemessen.

2.2 Sequentielle Schaltungen

Nach Aufbau des in Abb. 3 skizzierten Univibrators ($\tau \approx 10 \mu\text{s}$), wurde über den Funktionsgenerator ein Spannungsimpuls mit $4 V_{\text{PP}}$, 2 V Offset und einem High-Gesamtdauerverhältnis von 8:10 generiert. Die Frequenzen waren 5 und 50 kHz. Mittels Oszilloskop wurden Eingangspuls und Ausgangssignal (Q , \overline{Q}) zeitsynchron aufgenommen.

2.3 Messgeräte

Die Betriebsspannung und die Eingangs-Gleichspannungen lieferte das Stromversorgungsgerät TEKTRONIX PS 280, Pulssignale mit verschiedenen Tastverhältnissen wurden mit dem Funktionsgenerator TEKTRONIX AFG 3022B erzeugt. Die Gleichspannungen wurden mit dem Multimeter VOLTCRAFTPLUS VC 920 gemessen, Oszillogramme und Signalverläufe mit dem Oszilloskop HAMEG HM1508-2 erstellt bzw. betrachtet. Für die Versuche zu **Kombinatorischen Schaltungen** benutzten wir die Steckplatine „Conrads“ und das Schaltbrett *Kombinatorik*, mit insgesamt 18 Gattern des Typs SN 7420, 8 mal SN 7440 und 2 mal SN 7430. Die Versuche mit **Sequentiellen Schaltungen** wurden auf der selbigen Steckplatine realisiert.

2.4 Oszillogramme

2.4.1 Sequentielle Schaltungen, Aufgabe 3

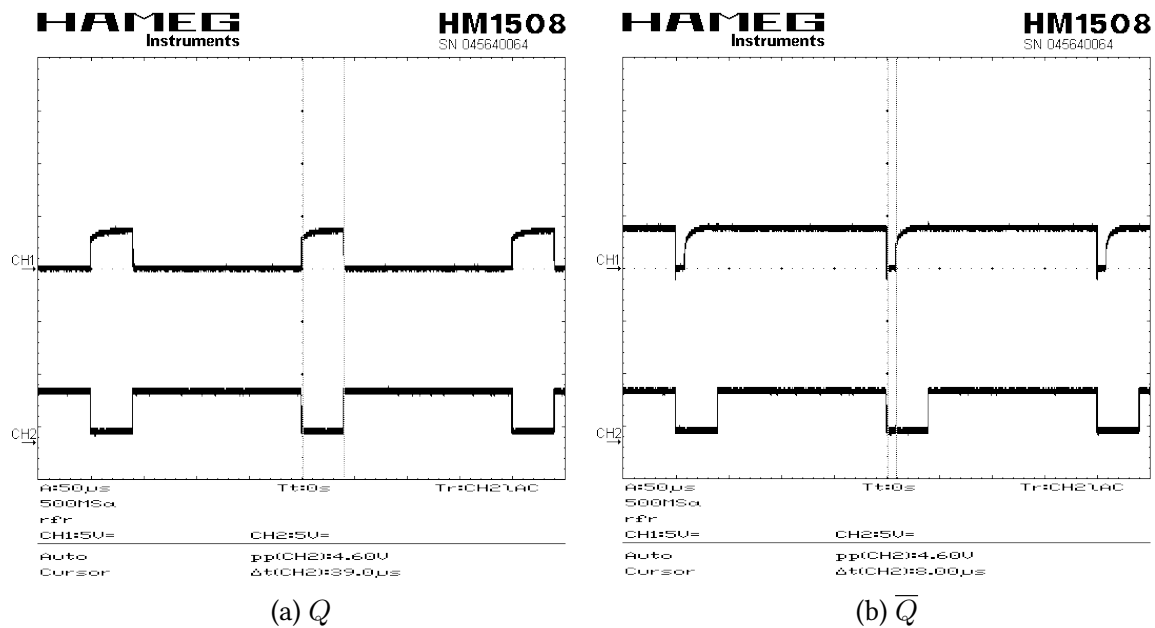
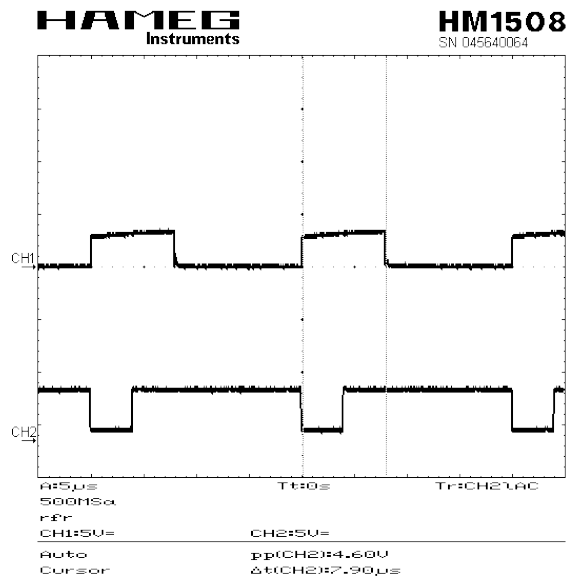
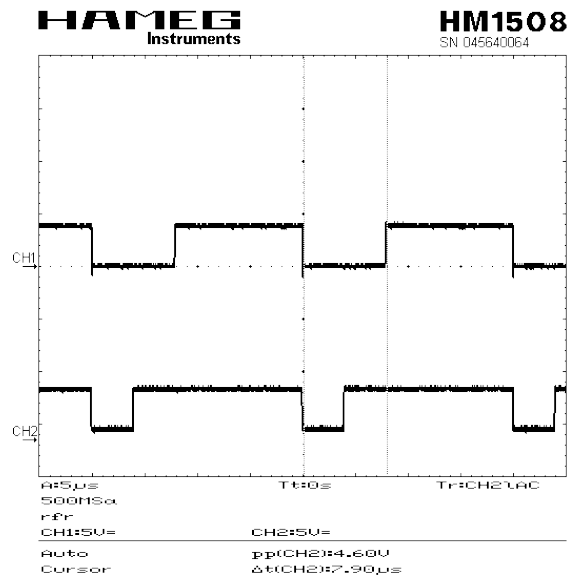


Abb. 4: $f = 5 \text{ kHz}$

In dieser Aufgabe galt es zu erkennen, dass ein Univibrator den Zustand an \bar{Q} solange hält, wie durch die Dimensionierung $\tau = RC$ vorgegeben. Ist \bar{Q} auf Low, so ist Q stets ein High. Die Entladung über R (siehe Abb. 3) lässt schließlich \bar{Q} von Low auf High umschalten, wodurch das Eingangssignal für Q wiederum relevant wird. Für eine Frequenz von 5 kHz (Abb. 4) ist die Zeit zwischen den Pulsen des Eingangs größer als die Zeitkonstante τ . Daher reagiert der Univibrator genau auf jeden der Übergänge des Eingangs von High auf Low.



(a) Q



(b) \overline{Q}

Abb. 5: $f = 50 \text{ kHz}$

In Abb. 5 wird der Fall gezeigt, für den gerade die Zeit zwischen 2 oder mehreren Pulsen kleiner ist als τ . Erkenntlich wird hier, dass \overline{Q} über den Zustandswechsel im Eingang hinweg seinen Zustand wahr, nämlich genau für die Zeit τ .

3 Auswertung

3.1 Kombinatorische Schaltungen

3.1.1 Aufgabe 1

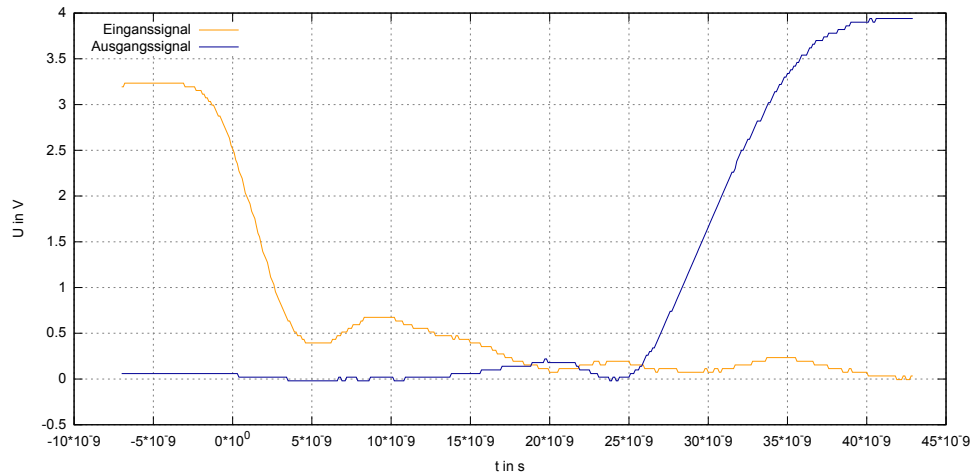
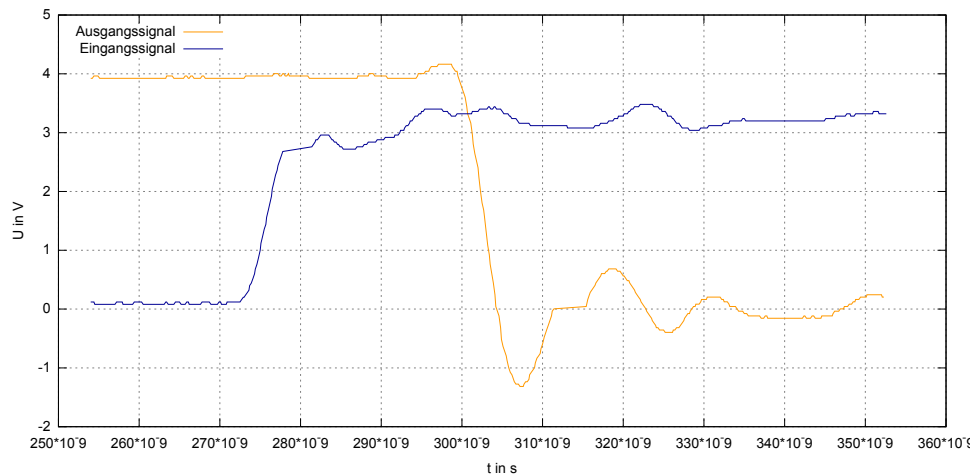


Abb. 6: Gleichheitstest; $U_e = H \rightarrow L$



Für den Übergang $U_e = H \rightarrow L$ liegt das Ergebnis des Gleichheitstests nach

$$\tau_G = t_2 - t_1 = (30,8495 - 0,88482) \cdot 10^{-9} \text{ s} = 29,964 \text{ ns}$$

vor. Für den Fall $U_e = L \rightarrow H$ folgt

$$\tau'_G = 25,837 \text{ ns}$$

Insgesamt kann man die Umschaltzeit verallgemeinern zu $T = \frac{\tau_G + \tau'_G}{2} = 27,9 \text{ ns}$.

3.1.2 Aufgabe 3

Die Schaltung zur Siebensegmentanzeige wurde mit Hilfe eines logischen, sequentiellen Schieberegisters, wie in Abb. 7 gezeigt, aufgebaut. Selbst bei minimalem Aufwand ist die Menge der Verbindungen groß, was keine Einsicht in die Schaltvorgänge zulässt.

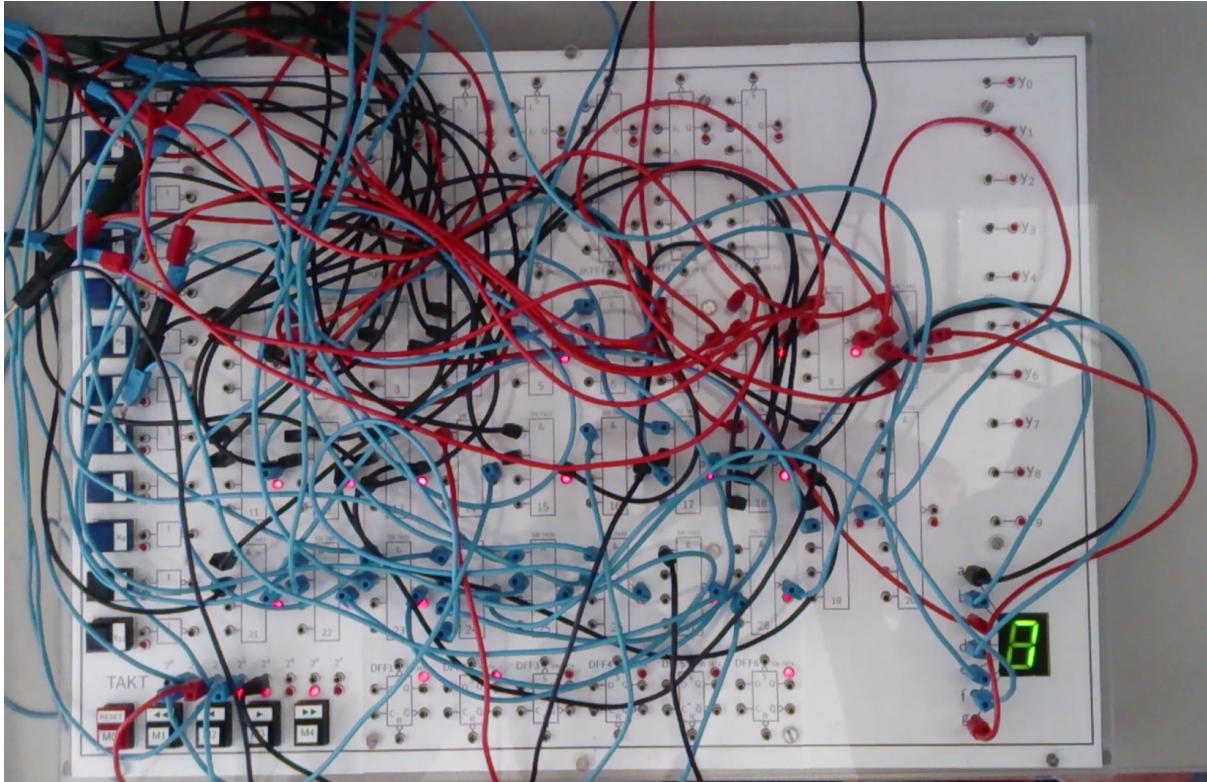


Abb. 7: Aufbau mit getaktetem, sequentielltem Register

4 Anhang

Die originalen Messwert-Aufzeichnungen liegen bei.