

Digitaltechnik

Wintersemester 2021/2022

Projekt Teil 1



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Prof. Dr.-Ing. Thomas Schneider, M.Sc. Daniel Günther, M.Sc. Amos Treiber

25.10.2021

Allgemeine Hinweise

- Das Projekt besteht aus drei Teilen. In jedem Teil können Sie 30 Projektpunkte (PP) erhalten. Zum Erwerb der Studienleistung benötigen Sie entweder **mindestens 45 PP über alle Teile hinweg oder mindestens 15 PP in jeweils zwei Teilen**.
- Sollten Sie die Studienleistung bereits in vergangenen Semestern erworben haben, müssen Sie nicht am Projekt teilnehmen. Wir empfehlen jedoch ausdrücklich die freiwillige Teilnahme am Projekt zur Vertiefung des Stoffs und als Vorbereitung für die Klausur.
- Die Abgabe des 1. Teils muss in Moodle bis spätestens **So, 05.12.2021, 18:00 Uhr** erfolgen.
- Sie müssen den schriftlichen Teil Ihrer Lösung als **einzelne PDF Datei** abgeben, sowie alle Dateien zu Programmieraufgaben als **einzelnes ZIP Archiv**.
Sofern Sie Tabellen oder andere Materialien auf dem Aufgabenblatt ausfüllen sollten, können Sie diese entweder in Ihre Lösung kopieren oder die ausgefüllten Aufgabenblätter an Ihr PDF anhängen.
- Bewertet wird insbesondere der Lösungsweg, nicht nur das Ergebnis. Geben Sie alle nötigen Zwischenschritte an.

Prolog

Viele Unternehmen und Vereine leiden unter den Auswirkungen der aktuellen COVID-19 Pandemie, insbesondere auch die Kulturbranche. Theater und Kinos können ihr Programm nur mit starken Einschränkungen und einem Bruchteil der gängigen Besucherzahlen aufrecht erhalten. Davon ist auch der studentische Filmkreis der TU Darmstadt¹ betroffen. Im regulären Betrieb zeigt dieser Filme im "programmokino rex" und im Audimax der TU Darmstadt. Durch die aktuellen Regularien sind Veranstaltungen auf dem Campus nur unter erschwerten Bedingungen möglich, sodass alle Vorstellungen im Audimax nicht wie gewohnt stattfinden dürfen.

In unserem fiktiven Szenario plant der studentische Filmkreis die Vorstellungen vom Audimax in die Rehberghalle in Roßdorf zu verlegen. Dabei soll ein System installiert werden, das einen kontrollierten Einlass sicherstellt: Jede/r Besucher/in erhält ein Ticket mit einer eindeutigen Seriennummer, das an einem Schalter vor einer geschlossenen Schiebetür kontaktlos gescannt wird. Anschließend muss ein QR-Code gescannt werden, der den 2G Nachweis der Besucher*innen verifiziert. Falls die Seriennummer in der internen Datenbank hinterlegt sowie ein verifizierter 2G Nachweis vorhanden ist, wird die Schiebetür geöffnet, sodass der/die Besucher/in den Veranstaltungssaal betreten kann. Sobald der/die Besucher/in hinter der Schiebetür eine Lichtschranke passiert, wird die Tür wieder geschlossen.

Leider ist die COVID-19 Situation sehr dynamisch, sodass Regularien und Maßnahmen ständig angepasst werden müssen. Insbesondere soll die maximale Besucherzahl in der Rehberghalle abhängig von der aktuellen Anzahl der deutschlandweit gemeldeten vollständigen Impfungen berechnet und auf einem Display über dem Schalter angezeigt werden. Die benötigten Daten werden vor jeder Filmvorstellung vom Robert Koch Institut (RKI)² heruntergeladen. Die Anzeige über dem Schalter soll außerdem mit jeder/m eingelassene/n Besucher/in aktualisiert werden, sodass einfach abgelesen werden kann, wie viele weitere Besucher*innen noch eingelassen werden dürfen.

Im Rahmen unseres dreiteiligen Projekts sollen Sie das Einlasssystem für den Filmkreis entwerfen und in der Hardwarebeschreibungssprache SystemVerilog implementieren sowie simulieren.

¹ <https://www.filmkreis.de/>

² https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Daten/Impfquoten-Tab.html

Projekt 1.1 COVID-19 Impfungen (7 PP)

In dieser Aufgabe untersuchen Sie mögliche Zahlendarstellungen der gemeldeten COVID-19 Impfungen. Am 26.10.2021 gab es deutschlandweit 55 158 070 gemeldete vollständige Impfungen.

- Geben Sie eine allgemein gültige Formel an, welche die minimale Bitbreite z ausgibt, die zur Darstellung der Dezimalzahl x benötigt wird. Es wird also eine Gleichung der Form $z = \dots$ gesucht.
Hinweis: Verwenden Sie die Notation $\lceil N \rceil$, um N auf die nächste ganze Zahl aufzurunden (z.B. $\lceil 1,23 \rceil = 2$). (1PP)
- Wie viele Bits werden benötigt, um die oben genannte Anzahl vollständiger Impfungen im Binärsystem darzustellen? Verwenden Sie zur Berechnung Ihre in a) hergeleitete Formel. (0,5 PP)
- Um die Anzahl der benötigten Stellen zur Repräsentation der Anzahl vollständiger Impfungen zu verringern, sollen die Zahlen im 7er-Zahlensystem dargestellt werden. Berechnen Sie die benötigte Anzahl an Stellen für die Repräsentation der oben genannten Anzahl vollständig geimpfter Personen im 7er-Zahlensystem. Geben Sie anschließend die oben genannte Anzahl vollständig geimpfter Personen im 7er-Zahlensystem an. (2 PP)
- Wie viele vollständige Impfungen liegen in einer Woche vor, wenn jeden Tag 96 472 Impfdosen verabreicht werden, wovon 53 693 Erstimpfungen³ sind? Führen Sie alle Rechnungen im 7er-Zahlensystem durch. Konvertieren Sie dafür zunächst alle benötigten Zahlen in das 7er-Zahlensystem. (3,5 PP)

Projekt 1.2 COVID-19 Updates (2,5 PP)

Um die Datenraten bei der Übertragung aktualisierter Impfungen an unser Einlasssystem möglichst gering halten zu können, wird lediglich die Gesamtzahl neuer verabreichter Impfdosen und die Anzahl an Erstimpfungen übertragen. Zur Vermeidung von Übertragungsfehlern soll eine Längs- und Querparität verwendet werden.

Dem Einlasssystem wurden 93 185 insgesamt verabreichte Impfdosen und 57 849 Erstimpfungen übermittelt. Tragen Sie die Binärdarstellung der insgesamt verabreichten Impfdosen in die erste Zeile in folgender Tabelle ein und die Binärdarstellung der Erstimpfungen in die zweite Zeile. Die empfangenen Längs- und Querparitätsbits sind jeweils in der unteren Zeile und der rechten Spalte eingetragen. Lag ein Übertragungsfehler vor? Wenn ja, markieren Sie das betroffene Bit und nennen Sie die korrekte Dezimalzahl.

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

Projekt 1.3 Segmentanzeige (12,5 PP)

In dieser Aufgabe erstellen Sie einen Dekodierer für ein Display zur Darstellung von Dezimalzahlen. Der studentische Filmkreis der TU Darmstadt denkt allerdings auch weiter in die Zukunft und möchte das Display des Einlasssystems nach der Pandemie zur Anzeige von Filmtiteln verwenden. Da eine übliche 7-Segmentanzeige nur mit Einschränkungen Buchstaben anzeigen kann, kommt eine 16-Segmentanzeige (vgl. Abbildung 1) zum Einsatz.

- Folgende Tabelle gibt an, welche Segmente bei welcher Ziffer beleuchtet sind. Eine Ziffer wird mit $x_0x_1x_2x_3$ binär kodiert. Vervollständigen Sie die Tabelle, indem Sie sich an den Segmentnamen und Zuweisungen in Abbildung 1 orientieren. (2,5 PP)

Ziffer	x_0	x_1	x_2	x_3	a	b	c	d	e	f	$g1$	$g2$	h	i	j	k	l	m	dp	dk
0	0	0	0	0	1	1						0	0	0	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	1						0	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1						1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	1	1	1						1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0	1						1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	0	1	1	0						1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1	1	0	1	0						1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	1	1	1	1	1						0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1						1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	1	1	1						1	0	0	0	0	0	0	0	0

³ verabreichte Impfdosen, die nicht zu einer vollständigen Impfung geführt haben



Abbildung 1: Schema einer 16-Segmentanzeige.

- b) Geben Sie zu den Segmenten c, d, e, f und g_1 die zugehörige vollständige disjunktive Normalform (DNF) oder konjunktive Normalform (KNF) an, je nachdem welche weniger Minterme bzw. Maxterme benötigt. Sofern gleich viele Minterme/Maxterme benötigt werden, geben Sie die DNF an. (2,5 PP)
- c) Die aus Teilaufgabe b) resultierenden DNFs und KNFs können noch weiter vereinfacht werden. Nutzen Sie Karnaugh Diagramme um die DNFs bzw. KNFs zu minimieren. Betrachten Sie nicht verwendete Kodierungen (10 - 15) als "Don't Cares". Verwenden Sie das folgende dargestellte Karnaugh Diagramm. (2,5 PP)

$c:$

	x_0x_1	00	01	11	10	
x_2x_3	00	0	4	12	8	
	01	1	5	13	9	
	11	3	7	15	11	
x_2	10	2	6	14	10	
		x_1				
		x_3				

$d:$

	x_0x_1	00	01	11	10	
x_2x_3	00	0	4	12	8	
	01	1	5	13	9	
	11	3	7	15	11	
x_2	10	2	6	14	10	
		x_1				
		x_3				

$e:$

	x_0x_1	00	01	11	10	
x_2x_3	00	0	4	12	8	
	01	1	5	13	9	
	11	3	7	15	11	
x_2	10	2	6	14	10	
		x_1				
		x_3				

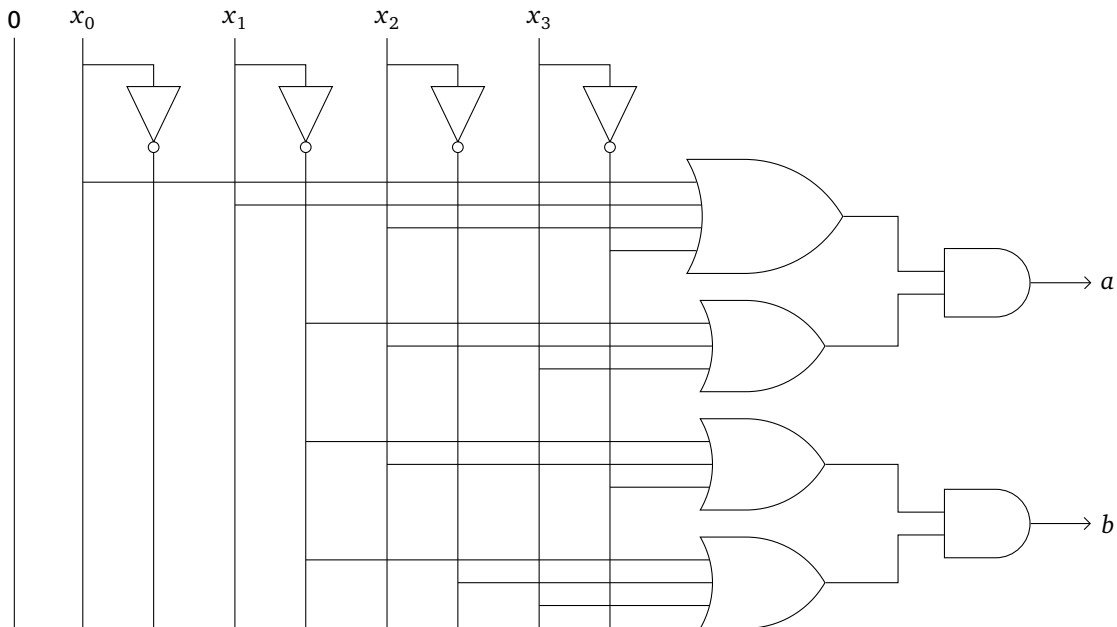
$f:$

	x_0x_1	00	01	11	10	
x_2x_3	00	0	4	12	8	
	01	1	5	13	9	
	11	3	7	15	11	
x_2	10	2	6	14	10	
		x_1				
		x_3				

$g_1:$

	x_0x_1	00	01	11	10	
x_2x_3	00	0	4	12	8	
	01	1	5	13	9	
	11	3	7	15	11	
x_2	10	2	6	14	10	
		x_1				
		x_3				

- d) Vervollständigen Sie die Schaltung für einen Dekodierer der 16-Segmentanzeige. Realisieren Sie dafür die minimierten Ausdrücke aus Teilaufgabe c) mit zweistufiger Logik. Sollte ein Segment in einer der beiden Stufen kein Gatter benötigen, verwenden Sie jeweils einen Buffer als Ersatz. Der Eingang 0 ist eine konstante Null.
- Hinweis:** Sie müssen nur die Schaltung für die Segmente c, d, e, f und g_1 zeichnen. Die Segmente a und b müssen Sie nicht kopieren. (5 PP)



Projekt 1.4 Segmentanzeige mit Alphabet (8 PP)

Ein Student des studentischen Filmkreises, der die Vorlesung Digitaltechnik nicht besucht hat, stellt sich die Frage, wie man den Dekodierer erweitern kann, sodass neben den 10 Ziffern auch alle 26 Großbuchstaben des Alphabets auf der Anzeige dargestellt werden können. Dabei stellt er fest, dass 6 Bits x_0, \dots, x_5 zur Kodierung der insgesamt 36 Zeichen benötigt werden, wobei 0 die Zahl Null, 10 den Buchstaben A und 35 den Buchstaben Z kodiert.

- a) Nach langen Untersuchungen eines einzelnen Segmentes hat der Student den unten stehenden Ausdruck F abgeleitet. Vereinfachen Sie F mit Hilfe der Rechenregeln der boole'schen Algebra zu einer minimalen Summe von Implikanten. Geben Sie für jeden Rechenschritt den Namen des verwendeten Axioms oder Theorems an (Sie können auch die in der Vorlesung eingeführten Abkürzungen verwenden, z.B. T9). (6 PP)

Hinweis: Der minimale Ausdruck besteht aus 4 Implikanten. Sie dürfen die Terme einzeln vereinfachen, sofern Sie diese zum Schluss wieder zusammenfügen.

$$F = x_1((\overline{x_3} + \overline{x_5}) + x_3x_4x_5)x_2x_4 + x_0(x_1x_2\overline{x_5} + x_4x_5 + x_1x_2x_4 + \overline{x_4}x_5) + x_1 + (x_2 + x_3 + x_4)\overline{x_2x_3x_4} + x_3 + x_5$$

- b) Leider hat der Student am nächsten Tag vergessen, welches Segment er untersucht hat. Analysieren Sie zunächst, für welche Zeichen (0 bis 9 und A bis Z) der Term F aus Teilaufgabe a) wahr wird und zählen Sie diese auf. Überprüfen Sie dann, welches Segment (vgl. Abbildung 1) der Term F aus Teilaufgabe a) beschreibt und nennen Sie dieses. (2 PP)

Hinweis: Sie können die Segmente einzelner Zeichen unter <https://aresluna.org/segmented-type/> anzeigen.

Viel Spaß beim Bearbeiten! ☺