HEINRICH-HEINE-UNIVERSITÄT DÜSSELDORF
INSTITUT FÜR INFORMATIK
LEHRSTUHL FÜR RECHNERNETZE
PROFESSOR DR. M. MAUVE

Grundlagen der Technischen Informatik

Übungsblatt 10

Abgabefrist: 26.06.2013 8:30 Uhr

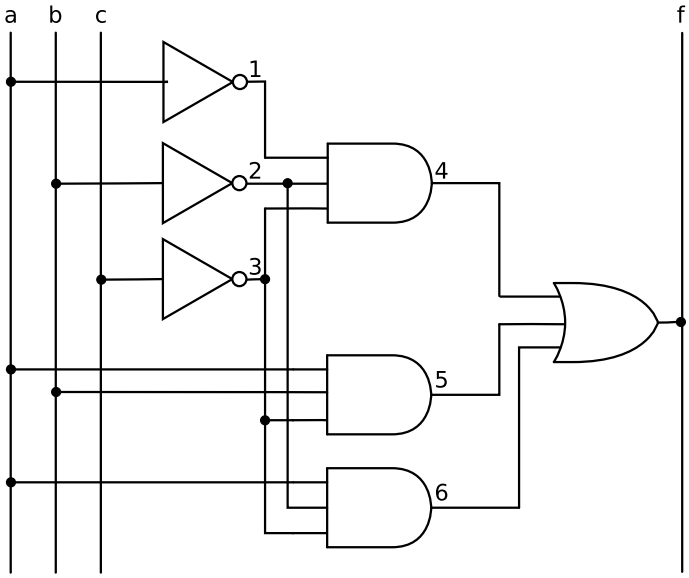
Ansprechpartner: Der Tutor ihrer Übungsgruppe

Geben Sie zu jeder Aufgabe Ihren Lösungsweg in eigenen Worten an!

Aufgabe 10.1 *Hazards* (3 Punkte)

Gegeben ist folgendes KV-Diagramm und eine zugehörige Schaltung. Nehmen Sie an, dass Verzögerungen nur in den Gattern entstehen und diese Verzögerungen für alle Gatter gleich sind.

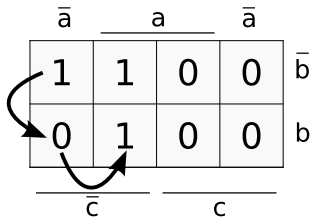
$\bar{a}$	a	a	$\bar{a}$	
1	1	0	0	$\bar{b}$
0	1	0	0	b
$\bar{c}$		c		



1. Besteht hier die Gefahr von Funktionshazards? Wenn ja, geben Sie ein Beispiel, wo ein Funktionshazard auftreten kann.

   Lösungsvorschlag: (1 Punkt)

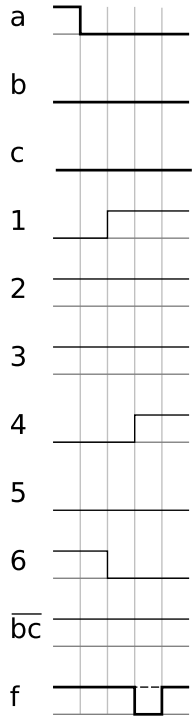
   Ein möglicher Funktionshazard besteht beim Übergang von
   $a = 0, b = 0, c = 0$ nach $a = 1, b = 1, c = 0$ über $a = 0, b = 1, c = 0$:



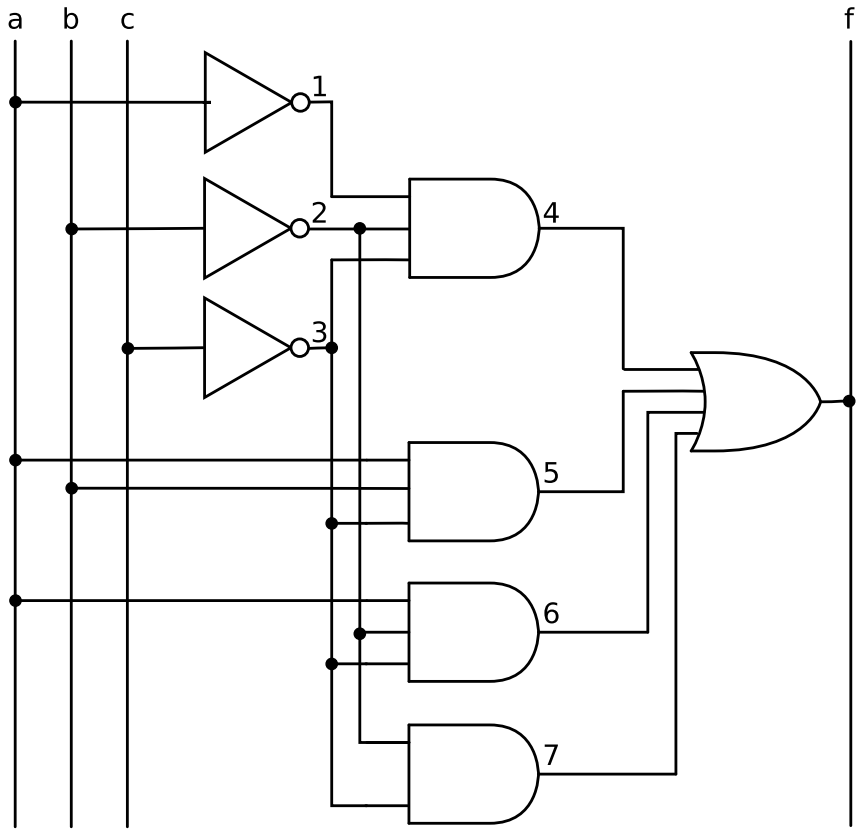
2. Anfangs sei die Schaltung initialisiert auf $a = 1$, $b = 0$, $c = 0$. Nun springt a auf 0. Untersuchen Sie diesen Übergang auf einen Strukturhazard. Zeichnen Sie dazu den zeitlichen Verlauf der Signale der einzelnen Leitungen. Falls Sie dabei einen Hazard finden: Wie kann man die Schaltung ändern, um ihn zu vermeiden?

Lösungsvorschlag: (3 Punkte)

Man denke sich eine Standard-Verzögerung für die Gatter, die im Diagramm für den Signalverlauf durch senkrechte Linien gezeigt wird. Dann verlaufen die Signale wie folgt:



Dabei wird ein statischer 1-Hazard offenbar. Diesen beseitigt man durch Hinzunahme des Primimplikates $\overline{b}\overline{c}$. Dessen Signalverlauf wird in der Zeichnung oben gezeigt.



Aufgabe 10.2 *Schaltung: Hamming-Distanz* (4 Punkte)
Entwerfen Sie eine Schaltung, die die Hamming-Distanz zweier 4-Bit-Zahlen berechnet. Überlegen Sie zunächst, ob ein Ansatz über eine Wahrheitstabelle sinnvoll ist und begründen Sie Ihre Entscheidung.

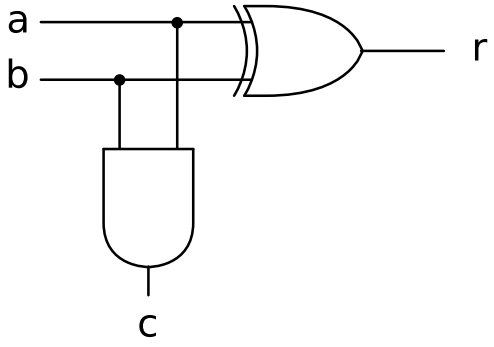
Lösungsvorschlag: (1 Punkt)

Der Weg über eine Wahrheitstabelle erscheint hier weniger sinnvoll, da zuerst $2^8 = 256$ Kombinationen zu betrachten wären.

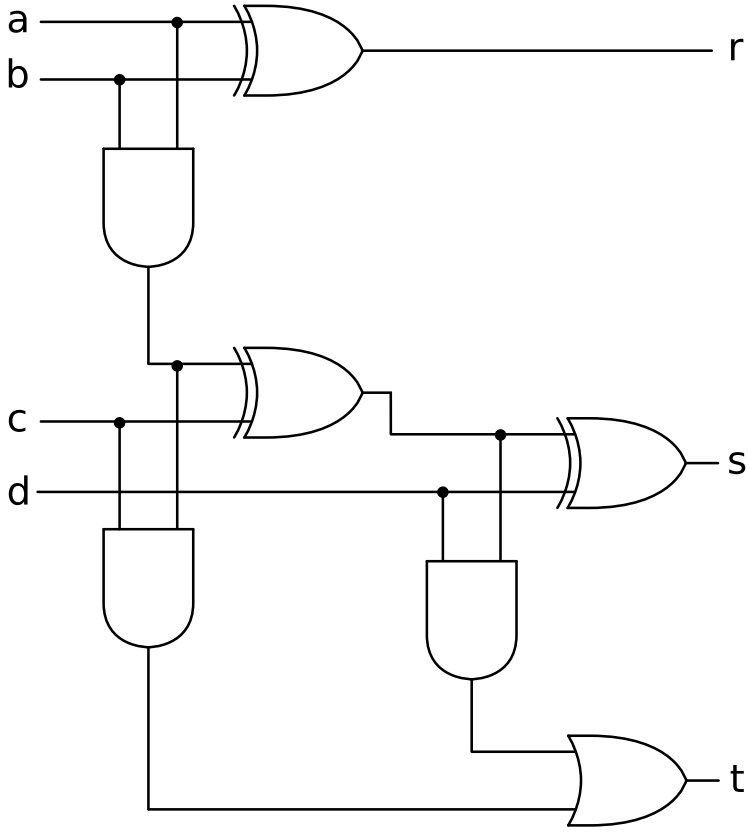
Lösungsvorschlag: (1 + 1 + 1 Punkte)

Die Hamming-Distanz zweier Zahlen wird bitweise berechnet, indem die Bits der Zahlen, die an gleicher Stelle stehen, mittels `XOR` verknüpft werden. Die Ergebnisse der Verknüpfungen der vier Stellen der 4-Bit-Zahlen beschreiben nun, an welchen Stellen sich die Zahlen unterscheiden. Um die Hamming-Distanz zu erhalten, muss die Anzahl der Unterschiede ermittelt werden. Einen solchen Zähler kann man über zwei 1-Bit-Halbaddierer realisieren, deren Ausgänge in einen Halbaddierer laufen, der zwei 2-Bit-Zahlen addieren kann. Dieses Modul mit vier Ein- und drei Ausgängen ist der gesuchte Zähler.

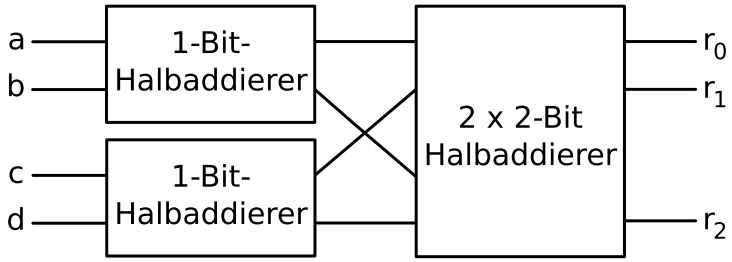
1-Bit-Halbaddierer:



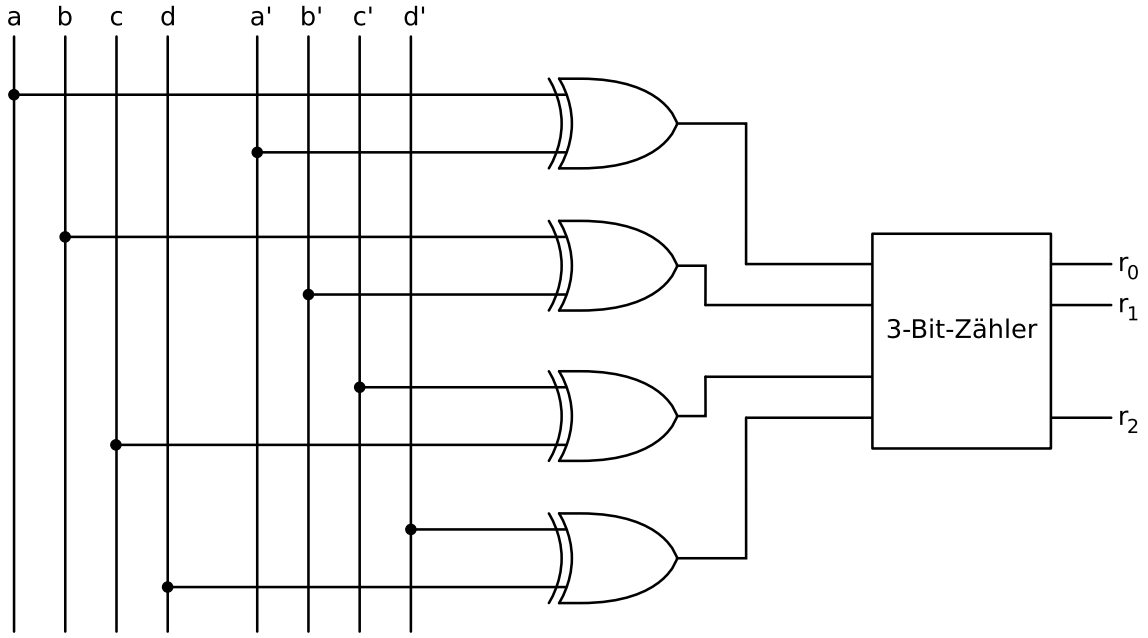
Halbaddierer für zwei 2-Bit-Zahlen bestehend aus einem 1-Bit-Halbaddierer einem 1-Bit-Volladdierer:



Zähler von Zahlen von 0 bis 7:



Dieses lässt man im Anschluss die Differenzen in den entsprechenden Leitungen (Stichwort XOR) zählen:



Aufgabe 10.3 *Schaltung: Fehlerkorrektur* (5 Punkte)
Entwerfen Sie eine Schaltung, die 1-Bit-Fehler erkennt und korrigiert. Es soll ein (4,3)-Hamming-Code verwendet werden. Die Schaltung hat also die 7 Eingänge $p_1, p_2, d_1, p_3, d_2, d_3, d_4$ und 7 entsprechende Ausgänge $p'_1, p'_2, d'_1, p'_3, d'_2, d'_3, d'_4$. Sie dürfen zusätzlich zu den üblichen Gattern auch die in der Vorlesung vordefinierten Schaltungen Multiplexer, Decoder, Halb- und Volladdierer verwenden.

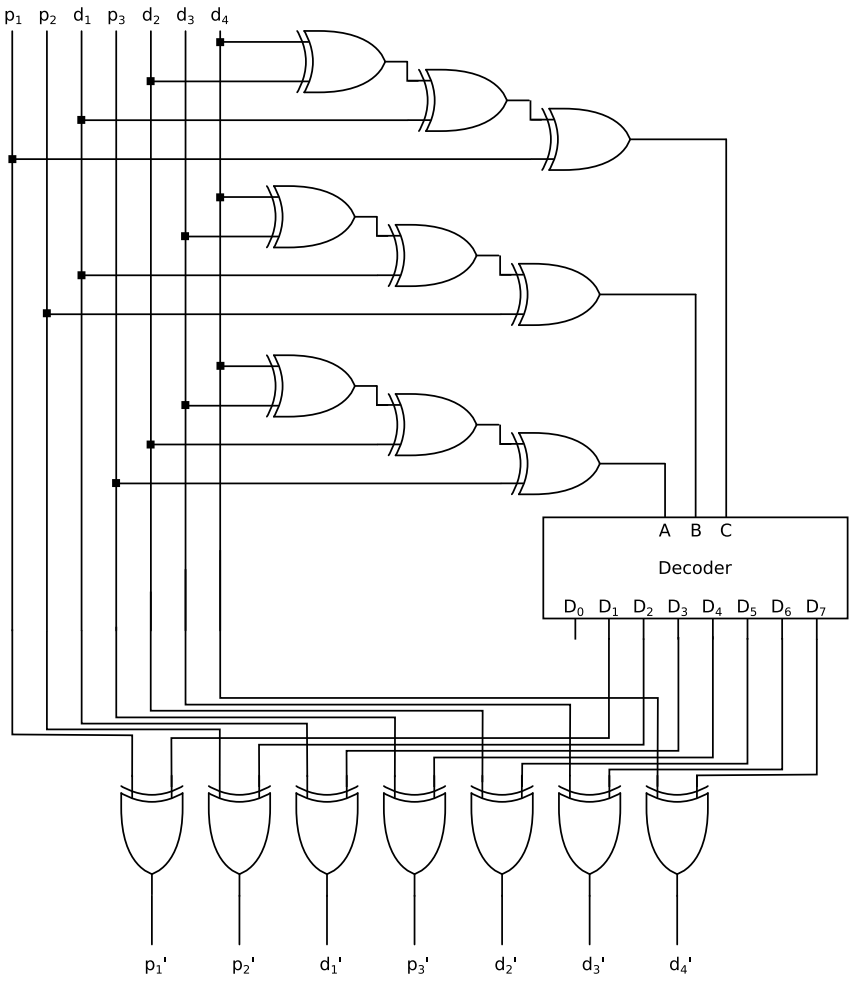
Lösungsvorschlag: (1 + 1 + 1 + 1 + 1 Punkte)

Zunächst muss die Parität geprüft werden. Der Soll-Wert jedes Paritätsbits ist die XOR-Verknüpfung der nach der Definition des Hamming-Codes zugehörigen Datenbits. Der Soll-Wert wird dann durch ein weiteres XOR mit dem Ist-Wert verglichen. Sind sie gleich, so ist das Ergebnis 0, ansonsten 1.

Aus diesen drei Paritätsvergleichen ergibt sich dann eine Zahl, die angibt, an welcher Stelle ein Bitfehler vorliegt. Diese Zahl wird als Eingabe an den Decoder gegeben, wobei das Ergebnis von p_3 das höchstwertigste (A) und das von p_1 das niederwertigste (C) Bit ist.

Der Decoder legt Spannung an den Ausgang D_{ABC}. D_0 ist nicht verbunden, da in diesem Fall alle Paritätsbits korrekt waren—es gibt daher keinen Fehler, der korrigiert werden müsste. Man könnte diesen Ausgang eventuell für eine Fehleranzeige benutzen. Die anderen Ausgänge D_n werden jeweils mit dem n-ten Bit des Codewortes via XOR verknüpft.

Falls es einen Fehler beim n-ten Bit gibt, entspricht das Ergebnis der Paritätsprüfung ABC genau der Binärdarstellung von n. Der Decoder legt Spannung auf den Ausgang D_n und das n-te Eingabebit wird vor der Ausgabe gekippt. Damit ist der Bitfehler behoben.



Kommentar für die Tutoren:

Es gibt jeweils einen Punkt pro korrekt überprüftem Paritätsbit, einen Punkt für die korrekte Schaltung des Decoders und einen Punkt für das korrekte Verknüpfen des Decoders mit den Eingabebits.

Aufgabe 10.4 *Schaltung: Wach-Rundgang* (4 Punkte)

Ein neues Sicherheitskonzept für ein kleines Museum soll implementiert werden. Erstellen Sie dazu ein Schaltwerk für die drei Sicherheitsterminals, die ein Wachmann während seines nächtlichen Rundgangs ablaufen muss. Sie haben dazu die üblichen Gatter sowie SR-Latches zur Verfügung. Das Schaltwerk soll folgendes leisten:

- In der Leitwarte leuchtet nach einem korrekten Rundgang eine Kontrollleuchte.
- Die Reihenfolge der drei Terminals muss bei jedem Rundgang eingehalten werden.
- An jedem Terminal *a*, *b* und *c* muss kurz die ID-Card des Wachmanns eingesteckt werden (Signal auf 1).
- Während die Karte steckt, muss ein Taster gedrückt werden, der das Lesen der Karte auslöst.

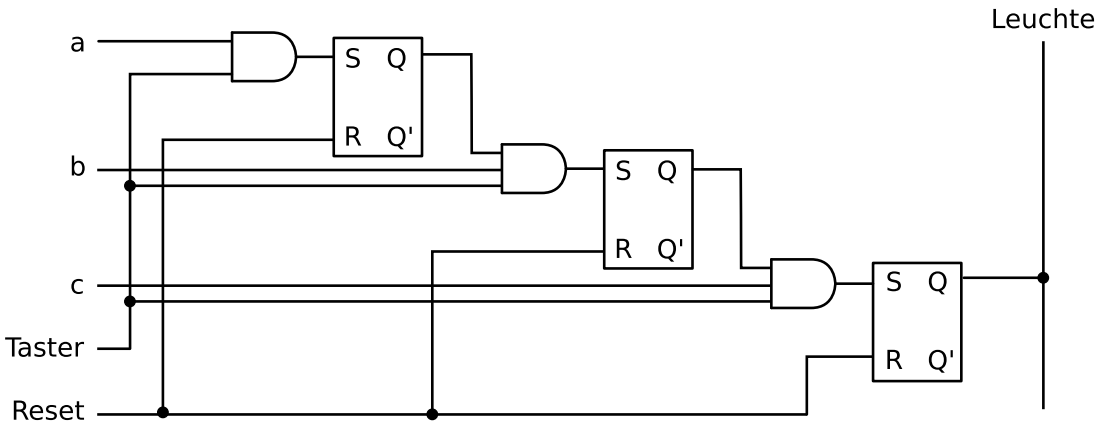
- In der Leitwarte kann das Schaltwerk – und damit die Kontrollleuchte – zurückgesetzt werden.

Kommentar für die Tutoren:

In der Aufgabenstellung werden 5 Regeln beschrieben. Für jede Regel, die die Schaltung nicht beachtet, wird ein Punkt abgezogen.

Lösungsvorschlag: (4 Punkte)

Das Schaltwerk kann so aussehen:



Alternativ ist es auch möglich, für die Taster drei einzelne Leitungen anstelle einer gemeinsamen Leitung zu verwenden.

C im Selbststudium

Lesen Sie die Kapitel 12 und 13 aus dem open book *C von A bis Z* von Jürgen Wolf (`http://openbook.galileocomputing.de/c_von_a_bis_z/`).