Lukas Batschelet, 16-499-733
Paulo Rangel Garcia, 23-111-461

GTI HS 23 Serie 5

Tobias Kohler, Nicolas Wyss, Maya Nedir

Die 5. Serie ist bis Mittwoch, den 8. November 2023 um 16:00 Uhr zu lösen und in schriftlicher Form in der Übungsstunde abzugeben. Für Fragen steht im ILIAS jederzeit ein Forum zur Verfügung. Zu jeder Frage wird, falls nicht anders deklariert, der Lösungsweg erwartet. **Lösungen ohne Lösungsweg werden nicht akzeptiert**. Allfällige unlösbare Probleme sind uns so früh wie möglich mitzuteilen, wir werden gerne helfen.
Viel Spass!

1 Schaltungsunabhängige Fehlerdiagnose (3 Punkte)

(a) (0.5 Punkte) Welche Fehlerannahme treffen wir bei der schaltungsunabhängigen Fehlerdiagnose?

(b) (2 Punkte) Bestimme für die folgenden Schaltfunktionen je eine minimale Testmenge für eine schaltungsunabhängige Fehlerdiagnose.

i) (2 Punkte) $f : B^3 \to B, f(x_0, x_1, x_2) = x_0(x_1 + \neg x_2)$

ii) (1 Bonuspunkt) $f : B^n \to B, f(x_0, ..., x_{n-1}) = 0$ wobei $n \geq 1$.

iii) (1 Bonuspunkt) $f : B^n \to B, f(x_0, ..., x_{n-1}) = \neg x_0 + x_{n-1}$ wobei $n \geq 2$.

(c) (0.5 Punkte) Gib eine Schaltfunktion $f : B^3 \to B$ an, die für eine schaltungsunabhängige Fehlerdiagnose eine minimale Testmenge $\{(000), (010)\}$ hat. Begründe deine Antwort!

2 Funktionshazards (3 Punkte)

(a) (0.5 Punkte) Gegeben sei eine Schaltung, die die Funktion $f(x_0, x_1, x_2) = x_0(x_1 + \neg x_2)$ realisiert. Nun soll von (011) auf (101) umgeschaltet werden. Welche Schaltfolge eignet sich besser, wenn möglichst kein Hazard auftreten soll? Begründe.

i. $(011) \to (001) \to (101)$

ii. $(011) \to (111) \to (101)$

(b) (2 Punkte) Gegeben sei eine Funktion mit dem folgenden Karnaughdiagramm.

$x_2x_3 \backslash x_0x_1$	00	01	11	10
00	1	0	0	0
01	0	1	0	0
11	1	0	0	1
10	0	1	0	1

Bestimme alle(!) Inputwechsel der Form

i. $x_a = (x_0, x_1, x_2, x_3) \leftrightarrow x_b = (x_0, x_1, \neg x_2, \neg x_3)$

ii. $x_a = (x_0, x_1, x_2, x_3) \leftrightarrow x_b = (x_0, \neg x_1, \neg x_2, \neg x_3)$

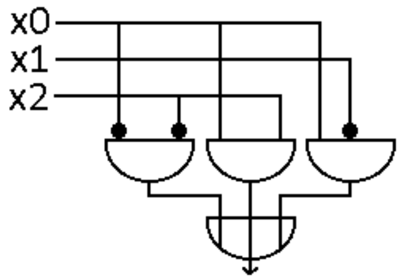
(mit $x_0, x_1, x_2, x_3 \in \{0, 1\}$) bei denen (statische) Funktionshazards vorliegen können. Gib auch jeweils einen "Zeugen" x_z für den Hazard an d.h. die (möglichst direkte) Umschaltung von x_a nach x_b findet über x_z statt und $f(x_a) = f(x_b) \neq f(x_z)$.

(c) (0.5 Punkte) Erkläre, warum bei einer Umschaltung des Inputs, bei der sich genau 2 Bits ändern, kein dynamischer Funktionshazard auftreten kann.

Lukas Batschelet, 16-499-733
Paulo Rangel Garcia, 23-111-461

3 Schaltungshazards (3 Punkte)

Gegeben sei die folgende Schaltung:



a) (1 Punkt) Erkläre anhand einer Skizze, wie bei dem Inputwechsel (000) $\leftrightarrow$ (100) ein Schaltungshazard auftreten kann.

b) (0.5 Punkte) Bestimme mittels eines Karnaugh-Diagramms alle(!) Primimplikanten der durch die Schaltung berechneten Funktion.

c) (0.5 Punkte) Benutze den Satz von Eichelberger, um eine zweistufige Schaltung in disjunktiver Form zu konstruieren, die dieselbe Funktion berechnet, aber keine Schaltungshazards besitzt.

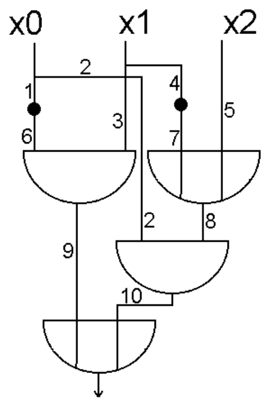
d) (1 Punkt) Erkläre anhand einer Skizze, warum die neue Schaltung bei dem Inputwechsel (000) $\leftrightarrow$ (100) keinen Schaltungshazard mehr aufweist.

4 Schaltungsabhängige Fehlerdiagnose (3 Punkte)

Gegeben sei folgende Funktion

$$f(x_0, x_1, x_2) = x_0(\neg x_1 + x_2) + \neg x_0 x_1$$

durch die Schaltung:



Führe unter der Fehlerannahme, dass höchstens ein Stuck-at-Zero-Fault vorliegt, eine Fehlerdiagnose wie folgt durch:

(a) (1 Punkt) Bestimme die Ausfalltafel für $f_1, ..., f_{10}$, wobei f_i die Funktion ist, die berechnet wird, wenn bei Draht i ein Stuck-at-Zero-Fehler vorliegt.

(b) (1 Punkt) Bestimme die Fehlermatrix.

(c) (0.5 Punkte) Gib eine ausreichende Testmenge an.

(d) (0.5 Punkte) Nenne alle nicht feststellbaren Fehler.

Lukas Batschelet, 16-499-733
Paulo Rangel Garcia, 23-111-461

Freiwillige Aufgaben

Schaltungsunabhängige Fehlerdiagnose

Gegeben sei die Funktion

$$f(x, y, z) = xyz + \neg xy\neg z$$

Gib eine minimale Testmenge für eine schaltungsunabhängige Fehlerdiagnose für diese Funktion an.

Lukas Batschelet, 16-499-733
Paulo Rangel Garcia, 23-111-461

1 Schaltungsunabhängige Fehlerdiagnose (3 Punkte)

(a) (0.5 Punkte) Welche Fehlerannahme treffen wir bei der schaltungsunabhängigen Fehlerdiagnose?

(b) (2 Punkte) Bestimme für die folgenden Schaltfunktionen je eine minimale Testmenge für eine schaltungsunabhängige Fehlerdiagnose.

i) (2 Punkte) $f : B^3 \to B, f(x_0, x_1, x_2) = x_0(x_1 + \neg x_2)$

ii) (1 Bonuspunkt) $f : B^n \to B, f(x_0, ..., x_{n-1}) = 0$ wobei $n \geq 1$.

iii) (1 Bonuspunkt) $f : B^n \to B, f(x_0, ..., x_{n-1}) = \neg x_0 + x_{n-1}$ wobei $n \geq 2$.

(c) (0.5 Punkte) Gib eine Schaltfunktion $f : B^3 \to B$ an, die für eine schaltungsunabhängige Fehlerdiagnose eine minimale Testmenge $\{(000), (010)\}$ hat. Begründe deine Antwort!

a) Fehler, der die Abhängigkeit von f von der i-ten Variable zerstört.

b) i)

x_0	x_1	x_2	$x_0(x_1+\neg x_2)$
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

für x_0: $\{(000),(100)\}, \{(010),(110)\}, \{(011),(111)\}$

für x_1: $\{(101),(111)\}$

für x_2: $\{(100),(101)\}$

Minimale Testmengen:

- $\{(100),(101),(111),(011)\}$
- $\{(100),(101),(111),(000)\}$

ii) triviale minimale Testmenge, da unabhängig von den Eingängen immer 0 ausgegeben wird. Jeder beliebige Testfall reicht aus. Bspw $\{(00...0)\}$.

iii) Minimale Testmenge enthalt immer 3 Elemente da die Beiden Bedingungen „überschneidend" getestet werden können.

für $\neg x_0$ – $\{(00..0),(10...0)\}$

für x_{n-1} – $\{(10..0),(10...1)\}$,

$\Rightarrow$ Minimale Testmengen: $\{(00..0),(10...0),(10...1)\}$

c) Der Einzige Eingang der das Ergebnis beeinflusst ist x_1. Deshalb könnte eine Funktion bspw. $\underline{\underline{f(x_0,x_1,x_2) = x_1}}$ lauten.

Lukas Batschelet, 16-499-733
Paulo Rangel Garcia, 23-111-461

2 Funktionshazards (3 Punkte)

(a) (0.5 Punkte) Gegeben sei eine Schaltung, die die Funktion $f(x_0, x_1, x_2) = x_0(x_1 + \neg x_2)$ realisiert. Nun soll von (011) auf (101) umgeschaltet werden. Welche Schaltfolge eignet sich besser, wenn möglichst kein Hazard auftreten soll? Begründe.

i. (011) → (001) → (101)
ii. (011) → (111) → (101)

(b) (2 Punkte) Gegeben sei eine Funktion mit dem folgenden Karnaughdiagramm.

$x_2x_3 \backslash x_0x_1$	00	01	11	10
00	1	0	0	0
01	0	1	0	0
11	1	0	0	1
10	0	1	0	1

Bestimme alle(!) Inputwechsel der Form

i. $x_a = (x_0, x_1, x_2, x_3) \leftrightarrow x_b = (x_0, x_1, \neg x_2, \neg x_3)$
ii. $x_a = (x_0, x_1, x_2, x_3) \leftrightarrow x_b = (x_0, \neg x_1, \neg x_2, \neg x_3)$

(mit $x_0, x_1, x_2, x_3 \in \{0, 1\}$) bei denen (statische) Funktionshazards vorliegen können. Gib auch jeweils einen "Zeugen" x_z für den Hazard an d.h. die (möglichst direkte) Umschaltung von x_a nach x_b findet über x_z statt und $f(x_a) = f(x_b) \neq f(x_z)$.

(c) (0.5 Punkte) Erkläre, warum bei einer Umschaltung des Inputs, bei der sich genau 2 Bits ändern, kein dynamischer Funktionshazard auftreten kann.

a)

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

$x_2 \backslash x_0x_1$	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	0	$\boxed{0}$	1	0

Variante i. eignet sich besser, da sich der Output nicht ändert.

b) i)

$x_2x_3 \backslash x_0x_1$	00	01	11	10
00	1	0	0	0
01	0	1	0	0
11	1	0	0	1
10	0	1	0	1

x_a	x_b	x_z ($\neq x_a$)
0000	0011	0001
		0010
0001	0010	0011
		0000
0100	0111	0101
		0110
0101	0110	0111
		0100

für alle weiteren Wechsel liegen keine Hazards vor.

ii)

x_a	x_b	x_z
1111	1000	1011
		1010
1110	1001	1010
		1011

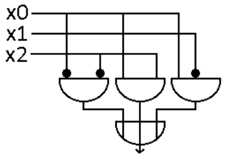
Bewegung nur innerhalb der Spaltenpaare (00,01) und (11,10)
Im ersten Spalten-paar können keine Hazards vorliegen, da sich der Output immer ändert.
Im zweiten Paar gibt es auch nur zwei mögliche Wechsel $x_a = x_b \neq x_z$

c) Wechsel findet immer über eine „diagonale" statt. Somit entsteht kein unsicherer Zustand, welcher sich erst nach einiger Zeit stabilisieren kann.

Lukas Batschelet, 16-499-733
Paulo Rangel Garcia, 23-111-461

3 Schaltungshazards (3 Punkte)

Gegeben sei die folgende Schaltung:

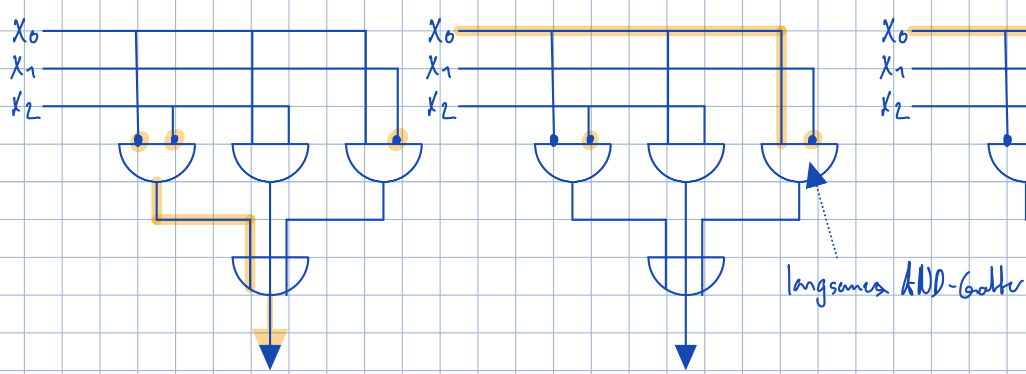


a) (1 Punkt) Erkläre anhand einer Skizze, wie bei dem Inputwechsel (000) ↔ (100) ein Schaltungshazard auftreten kann.

b) (0.5 Punkte) Bestimme mittels eines Karnaugh-Diagramms alle(!) Primimplikanten der durch die Schaltung berechneten Funktion.

c) (0.5 Punkte) Benutze den Satz von Eichelberger, um eine zweistufige Schaltung in disjunktiver Form zu konstruieren, die dieselbe Funktion berechnet, aber keine Schaltungshazards besitzt.

d) (1 Punkt) Erkläre anhand einer Skizze, warum die neue Schaltung bei dem Inputwechsel (000) ↔ (100) keinen Schaltungshazard mehr aufweist.



b) $(\overline{x_0}\,\overline{x_2}) + (x_0 x_2) + (x_0 \overline{x_1})$

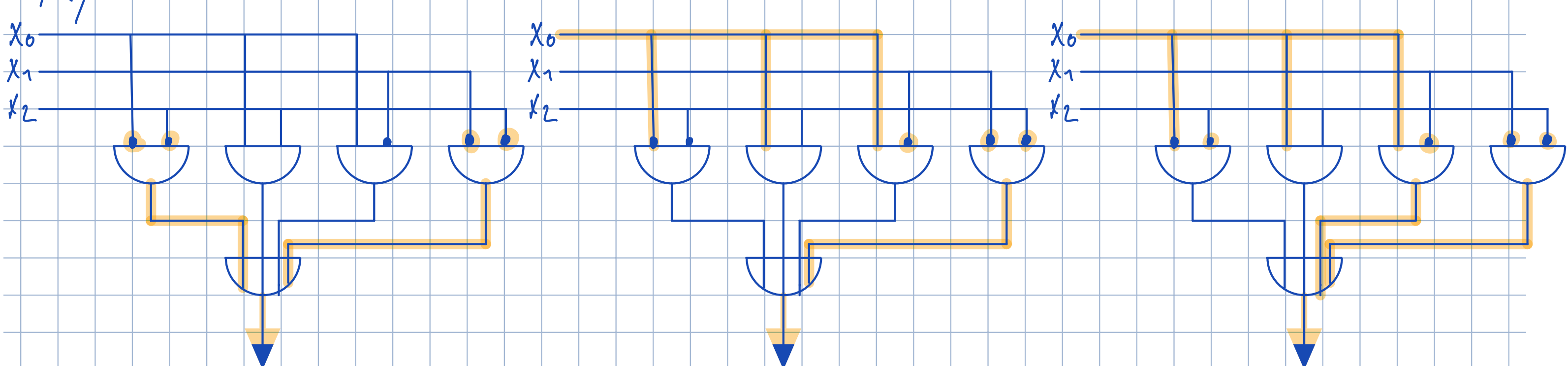
000	1
001	0
010	1
011	0
100	1
101	1
110	0
111	1

x_2 \ x_0x_1	00	01	11	10
0	1	1	0	1
1	0	0	1	1

$\overline{x_0}\,\overline{x_2} + x_0 x_2 + x_0 \overline{x_1}$

$\overline{x_1}\,\overline{x_2} + x_0 x_2 + \overline{x_0} x_1 \overline{x_2}$

c/d)



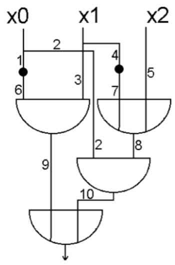
Lukas Batschelet, 16-499-733
Paulo Rangel Garcia, 23-111-461

4 Schaltungsabhängige Fehlerdiagnose (3 Punkte)

Gegeben sei folgende Funktion

$$f(x_0, x_1, x_2) = x_0(\neg x_1 + x_2) + \neg x_0 x_1$$

durch die Schaltung:



Führe unter der Fehlerannahme, dass höchstens ein Stuck-at-Zero-Fault vorliegt, eine Fehlerdiagnose wie folgt durch:

(a) (1 Punkt) Bestimme die Ausfalltafel für $f_1, ..., f_{10}$, wobei f_i die Funktion ist, die berechnet wird, wenn bei Draht i ein Stuck-at-Zero-Fehler vorliegt.

(b) (1 Punkt) Bestimme die Fehlermatrix.

(c) (0.5 Punkte) Gib eine ausreichende Testmenge an.

(d) (0.5 Punkte) Nenne alle nicht feststellbaren Fehler.

x_1	x_2	x_3	f	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0

b)

$f_1 = f_4$

$f_2 = f_8 = f_{10}$

$f_3 = f_6 = f_9$

f_5

f_7

x_1	x_2	x_3	f	1	2	3	5	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1	0	1	1
0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	1	1	0	1	1	0
1	0	1	1	1	0	1	1	1
1	1	0	0	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	1	0	1

x_0	x_1	x_2	$f \oplus f_1$	$f \oplus f_2$	$f \oplus f_3$	$f \oplus f_5$	$f \oplus f_7$
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1
1	0	1	0	1	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	1	0	1	0

c) Da wir uns nicht ganz sicher waren ob eine Testmenge möglichst auch eindeutig sein muss, notieren wir zwei Mengen, eine möglichst eindeutige und eine möglichst kurze

$$\{(011), (100), (101), (110), (111)\}$$

$$\{(011), (100), (110), (111)\}$$

d) Keiner der Fehler ist nicht feststellbar. Alle Fehler zeigen sich in min einem Fall.