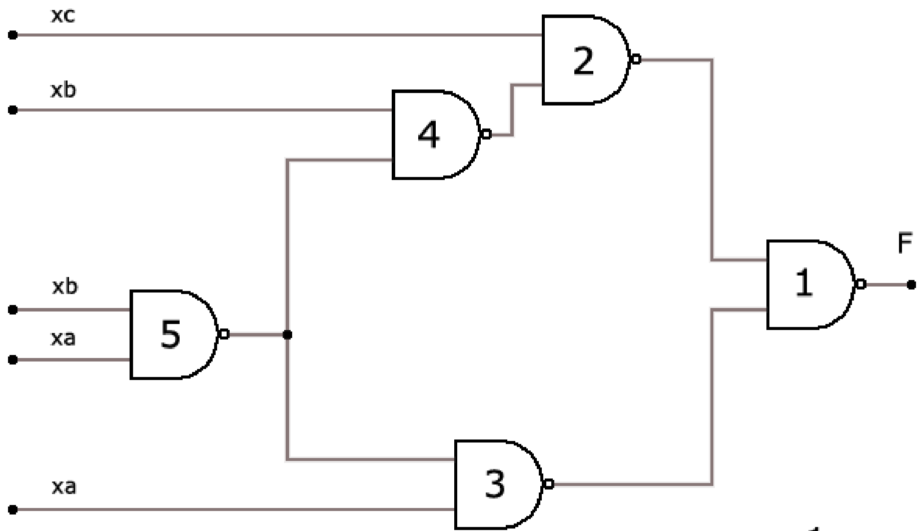
<table>
<tr><td colspan="4">Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
LABORATORIUM Teoria Automatów</td></tr>
<tr><td colspan="2">Temat ćwiczenia:</td><td colspan="2">Hazardy</td></tr>
<tr><td colspan="2">Grupa ćwiczeniowa:</td><td colspan="2">Poniedziałek 8.00</td></tr>
<tr><td>L.p.</td><td>Imię i nazwisko</td><td>Ocena</td><td>Podpis</td></tr>
<tr><td>1.
2.
3.
4.</td><td>Krzysztof Wesołowski
Paweł Górka
Łukasz Bondyra
Jakub Tutro</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Data wykonania ćwiczenia:</td><td colspan="2">03.11.2008</td></tr>
</table>

Wstęp

W naszym ćwiczeniu mieliśmy przeanalizować układ bramek zamieszczony poniżej, wykryć występujące w tym układzie, oraz zaobserwować je na oscyloskopie prezentującym przebiegi sygnałów wejściowych i wyjściowych dla naszych bramek.



rys 1

Przygotowanie teoretyczne

Hazardy to zjawiska mogące występować, gdy sygnały wchodzące na jedną bramkę idą różnymi drogami i nie są w pełni zsynchronizowane. Istnieje wtedy ryzyko chwilowego zachwiania się wyjścia z bramki przy przełączaniu się wejść. W celu zaznaczenia przejść które takich potencjalnych zaburzeń nie powodują stosujemy tak zwane pokrycia: grupy jedynek, które pochodząc z poprzednich bramek lub wejść mają jedynkę dla obu sąsiednich wejść. Zakończmy ten nie do końca jasny wstęp i przejdźmy do analizy powyższego układu. W tym celu najpierw numerujemy bramki, zaczynając od ostatniej wyjściowej, na której hazardy mamy zidentyfikować i ew. zlikwidować.
Analizę zaczynamy od strony lewej układu, zakładając że sygnały wejściowe są dokładne, i analizując zmiany wyjść poszczególnych bramek gdy zmienia się jeden bit wejściowy. Praktycznie niemożliwa jest zmiana dwóch, dlatego interesuje nas zawsze tylko przejście pomiędzy sąsiadami.

Bramka nr 5

W celu analizy układu zapiszmy tabelę Karnaugha dla tej bramki (wyjście jako funkcje wejść układu nie tylko pojedynczej bramki, nawet gdy wyjście bramki od niektórych z nich nie zależy). Bramka ta realizuje funkcję NAND, natomiast pokrycie dobrze analizuje się tylko gdy mamy postać alternatywy, dlatego zmieńmy postać naszej funkcji na alternatywę:

$(5) = \overline{xaxb} = \overline{xa} + \overline{xb}$

C \ AB	00	01	11	10
0	1	1	0	1
1	1	1	0	1

Jak widać wszystkie jedynki w tej bramce są pokryte, a pokrycia poza swoimi krawędziami albo maja zera, albo też pokrywają się z kolejnym pokryciem. Hazard wystąpiłby gdyby dwa pokrycia stykały się tylko krawędziami.

Warto w tym momencie zwrócić uwagę na dwie rzeczy – kolejność par bitów w pierwszym wierszu, oraz zastosowanie pokryć w syntezie układów kombinacyjnych używanych w każdym automacie.

Bity układamy w takiej kolejności, aby dwie sąsiednie kolumny różniły się pojedynczym bitem. Dzięki temu pola wokół każdego wyjścia oznaczają wyjście po zmianie tylko jednego bitu. Kolejność ta jest identyczna z kolejnością w kodzie Greya.

W trakcie projektowania układu, gdy mamy już tabelę Karnaugha z wpisanymi 0, 1 i stanami dowolnymi (oznaczanymi -), zakreślamy takie prostokąty aby nie generować hazardów, w tym celu prostokąty (bo tylko sensownie ułożony prostokąt da się zapisać jako prosty iloczyn funkcji logicznych) stykające się tylko krawędziami pokrywamy dodatkowym prostokątem, który zapewnia niewystąpienie hazardu.

Bramka nr 4

$(4) = \overline{5xb} = \overline{5} + \overline{xb}$

W celu analizy tej bramki możemy wspomóc się wypisując tabelki ~5 oraz ~xb i stosując operacje pole po polu, lub jeśli nabierzemy biegłości w pamięci.

Sygnał wejściowy ~5:

C \ AB	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	0	1	0

Sygnał wejściowy ~xb:

C \ AB	00	01	11	10
0	1	0	0	1
1	1	0	0	1

Po zsumowaniu otrzymujemy tabelke:

C \ AB	00	01	11	10
0	1	0	1	1
1	1	0	1	1

Jak widać gdy sygnał A wynosi 1, a sygnał B się zmienia, przechodzimy pomiędzy jedynkami nie mającymi wspólnego pokrycia: w miejscu tym wystąpić może hazard statyczny 1 – krótki spadek napięcia do poziomu sygnału 0 przy przełączaniu. Ponieważ sytuacja ta wystepuje niezależnie od sygnału xc, mówimy tutaj o 2 hazardach. Hazardy taki zaznaczamy w tabelce, i pamiętamy o nim w kolejnych krokach.

C \ AB	00	01	11	10
0	1	0	1	1
1	1	0	1	1

Bramka nr 3

$(3)=\overline{5xa}=\overline{5}+\overline{xa}$

I po zsumowaniu:

C \ AB	00	01	11	10
0	1	1	1	0
1	1	1	1	0

Zwracam tutaj uwagę że nie wykorzystywaliśmy tutaj sygnału z 4 bramki, po prostu uzyskaliśmy kolejne 2 hazardy statyczne 1.

Bramka nr 2

$(2)=\overline{4xc}=\overline{4}+\overline{xc}$

Tutaj narysuje tabelkę z funkcją ~4 i ~xc, aby pokazać w jaki sposób tworzą/likwidują/przenoszą się hazardy w tym połączeniu.

Sygnał wejściowy ~4:

C \ AB	00	01	11	10
0	0	1	0	0
1	0	1	0	0

Sygnał wejściowy ~xc:

C \ AB	00	01	11	10
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0

Po zsumowaniu powyższych tabel zlikwidowany zostanie hazard przy przejściu 110 do 100, przez pokrycie pochodzące z drugiej tabeli. Nic nie zlikwiduje jednak hazardu statycznego zera wiersz niżej, więc w efekcie otrzymamy:

C \ AB	00	01	11	10
0	1	1	1	1
1	0	1	0	0

Tabela ta pokazuje że jedyny hazard na wyjściu to hazard statyczny zera. Ewentualne zakłócenia w pierwszym wierszu połączono alternatywa z pokryciem jedynek, likwidując hazard. Pozostaje więc najważniejsza, ostatnia bramka.

Bramka nr 1

$(1) = \overline{23} = \overline{2} + \overline{3}$

Nasza bramka jest więc sumą zanegowanego wyjscia 2 i 3, które również dla czytelności tutaj zapisze:

Sygnał wejściowy ~2:

C \ AB	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	1	0	1	1

Sygnał wejściowy ~3:

C \ AB	00	01	11	10
0	0	0	0	1
1	0	0	0	1

Po zsumowaniu otrzymujemy układ poniżej:

C \ AB	00	01	11	10
0	0	0	0	1
1	1	0	1	1

Ostatecznie otrzymaliśmy funkcję logiczną z powyższej tabeli, obarczona bardzo wieloma hazardami. Poza dotychczas spotykanymi hazardami statycznymi, występuje również tutaj hazard dynamiczny, który dla zwrócenia uwagi pogrubiłem. Hazard taki jest skutkiem poprzedniego hazardu statycznego (to jedyne źródło hazardów dynamicznych).
Podsumowując w układzie zidentyfikowaliśmy analitycznie następujące hazardy:

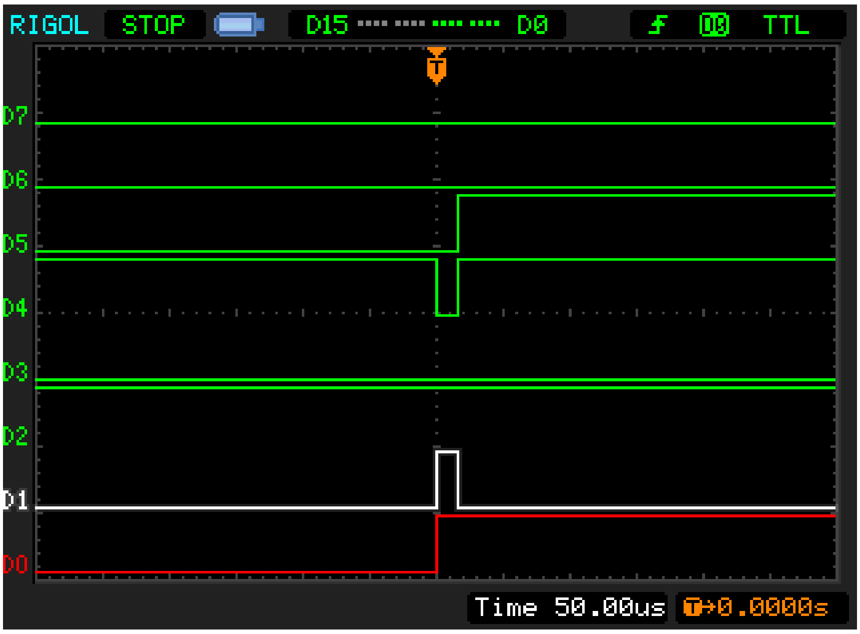
Lp.	Zmiana	Typ Hazardu	Opis
1	010<->110	Statyczny zera	Hazard statyczny zera przy ustalonym b i c i zmianie a
2	011<->111	Dynamiczny	Hazard dynamiczny przy ustalonym b i c i zmianie a
3	111<->101	Statyczny jedynki	Hazard statyczny jedynki przy ustalonym a i c i zmianie b

Realizacja ćwiczenia

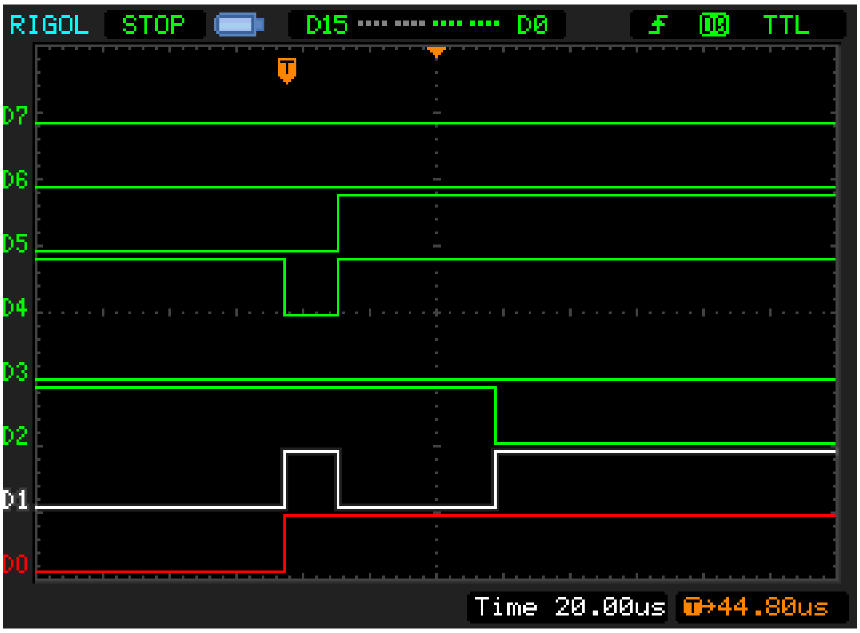
W trakcie ćwiczenia obserwowaliśmy przebiegi sygnału wyjściowego na oscyloskopie, wraz z sygnałami to wyjście tworzącymi. Układ bramek dodatkowo pospinaliśmy z układami opóźniającymi, które zwiększały nieuniknione opóźnienia na bramkach do poziomu obserwowalnego na oscyloskopie.

Poniżej zapisy przebiegów z oscyloskopu dla kolejnych hazardów:

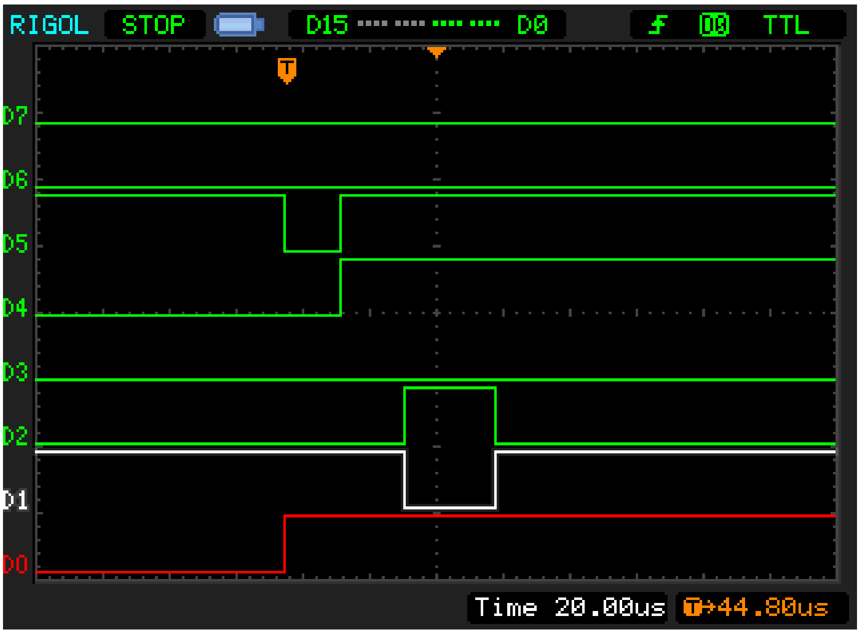
Hazard numer 1:



Hazard numer 2:



Hazard numer 3:



Jak widać opisane zjawiska rzeczywiście występują.

Usunięcie hazardów

Kolejnym krokiem po identyfikacji hazardów jest modyfikacji funkcji logicznych – pokryć w tabeli Karnaugha tak aby uniknąć wszystkich standardów statycznych. Dynamiczne zaś jako skutek hazardów statycznych znikną automatycznie.

W tym celu zmodyfikowano funkcje gdzie występowały hazardy:

Funkcję $(4) = \overline{5xb} = \overline{5} + \overline{xb}$,

Oraz odpowiadającą im tabele:

C \ AB	00	01	11	10
0	1	0	1	1
1	1	0	1	1

Zastąpiono:

Funkcją $(4) = \overline{xb} + xa = \overline{xb\,\overline{xa}}$,

Oraz tabelą:

C \ AB	00	01	11	10
0	1	0	1	1
1	1	0	1	1

Jak widać hazardy na 4 bramce zostały zlikwidowane.

Kolejną bramką z występującymi na niej problemami jest bramka numer 3:
Zastąpiono w niej funkcję: $(3) = \overline{5xa} = \overline{5} + \overline{xa}$
i tabelę:

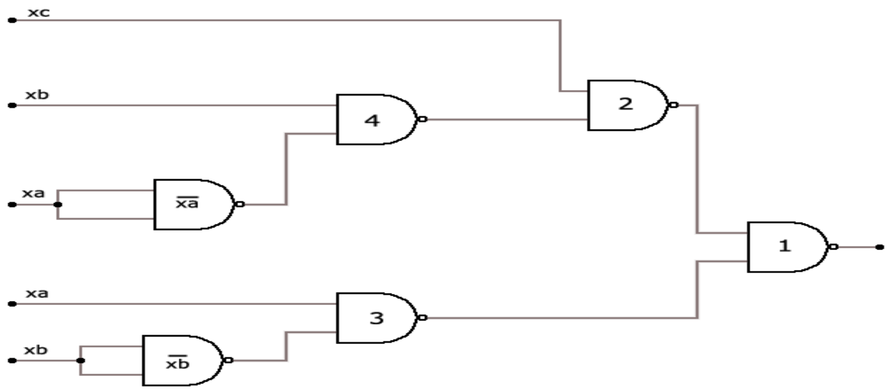
AB / C	00	01	11	10
0	1	1	1	0
1	1	1	1	0

Funkcją $(3) = \overline{xa} + xb = \overline{xa\,\overline{xb}}$
oraz tabelą:

AB / C	00	01	11	10
0	1	1	1	0
1	1	1	1	0

Tu również nie zostały żadne hazardy.

Na bramkach 2 i 1 występowały tylko hazardy pochodzące z poprzednich bramek, wiec i one zostały zlikwidowane.
Po tych niewielkich zmianach nasz bezpieczny, pozbawiony hazardów układ prezentuje się następująco:



Wnioski z wykonanego ćwiczenia

W trakcie ćwiczenia nauczyliśmy się analizować istniejący układ pod kątem występowania hazardów, znajdować je, przewidywać ich występowanie w kolejnych bramkach oraz likwidować. Poznaliśmy również podstawowe zasady tworzenia pokryć w tabelach Karnaugha, które przed hazardami zabezpieczają nas już na etapie wczesnego projektowania układu.