

Technika Cyfrowa - ćwiczenie 3

Fortuna Wojciech, Ramut Michał, Styłski Bartłomiej, Tendaj Konrad

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

28 Maja 2024

1 Treść ćwiczenia 3

Proszę zaproponować, zbudować i przetestować układ sterujący windą w przykładowym trzykondygnacyjnym budynku.

Winda posiada:

- wskaźnik ruchu windy
- wskaźnik kierunku ruchu windy
- trzy czujniki otwarcia drzwi, po jednym na każdej kondygnacji
- trzy przyciski przywołania windy, po jednym na każdej kondygnacji
- trzy przyciski wyboru piętra w kabinie windy.

Winda powinna posiadać stale aktualizowany wskaźnik aktualnego piętra.

Rzeczy niedopowiedziane w treści zadania, proszę ustalić, doprecyzować i opisać samodzielnie.

2 Użyte w zadaniu przerzutniki

W zadaniu zostały użyte 2 typu przerzutników:

- Typu SR
- Typu D

Poniżej znajdują się dla nich tabele prawdy.

S	R	Q_{n+1}	$\sim Q_{n+1}$
0	0	Q_n	$\sim Q_n$
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	-	-

Tabela 1: Tabela prawdy dla przerzutnika typu SR

D	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Tabela 2: Tabela prawdy dla przerzutnika typu D

3 Przyciski

W układzie znajdują się przyciski używane na zewnątrz windy (przywołują windy na dane piętro, na którym jest użytkownik), jaki i przyciski wewnątrz windy (wyznaczają piętro, na które użytkownik chce się dostać).

W układzie występują następujące przyciski:

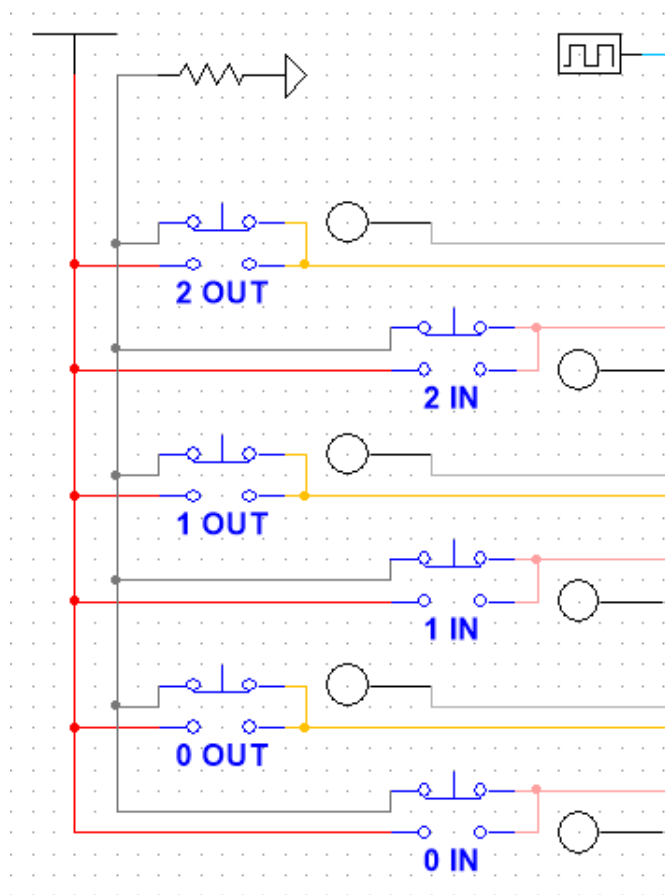
- 0 IN
- 1 IN
- 2 IN
- 0 OUT
- 1 OUT
- 2 OUT

IN oznacza, że przycisk znajduje się wewnątrz windy, OUT, że poza nią.

W zależności od tego, czy przycisk jest włączone, czy też nie wysyłany jest odpowiedni sygnał:

- Włączony -> Sygnał 1,
- Wyłączony -> Sygnał 0.

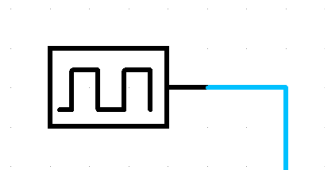
Ta zasada obowiązuje dla każdego z 6 przycisków.



Rysunek 1: Przyciski w windzie

4 Zegar

Zegar jest uniwersalnym źródłem czasu dla całego układu. Jest nim urządzenie `DIGITAL_CLOCK` ustawione na 15 Hz.



Rysunek 2: Zegar

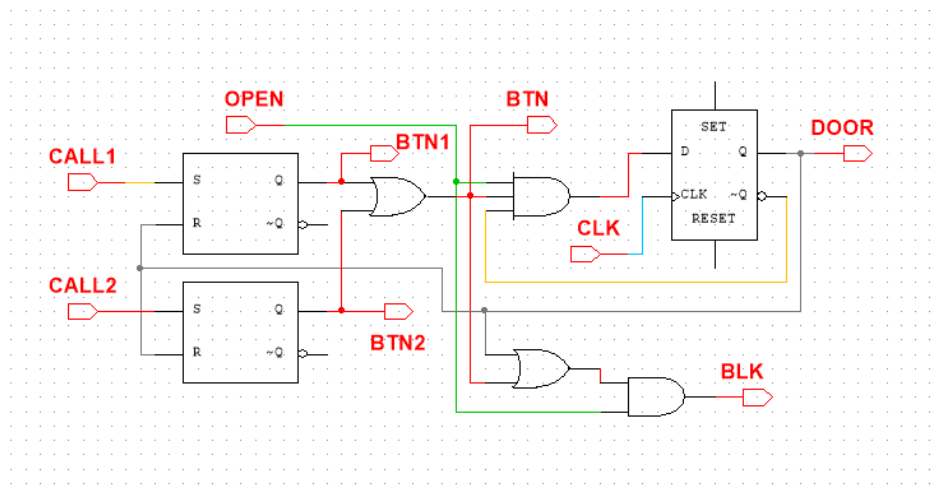
5 Button subcircuit

W całym układzie znajdują się 3 takie podukłady o nazwach:

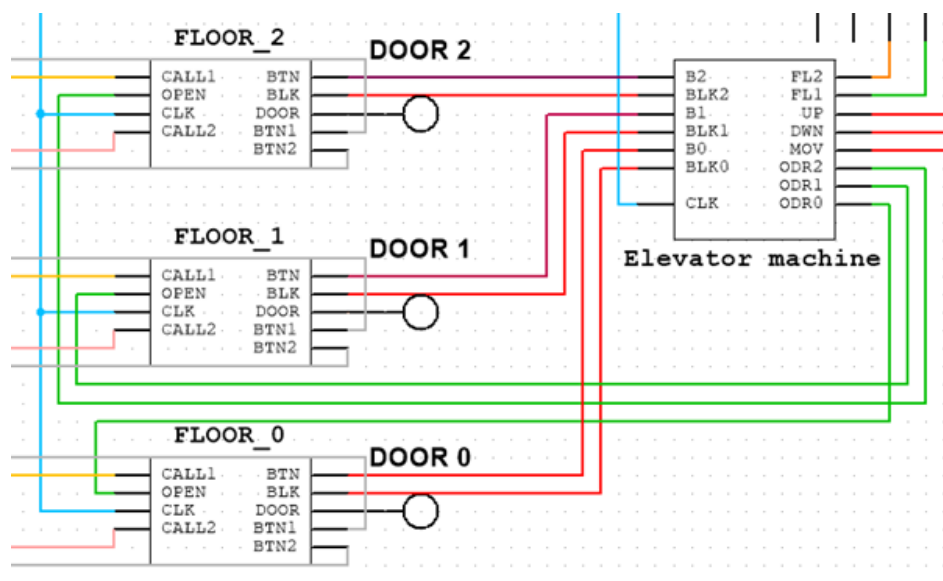
- `FLOOR_2`
- `FLOOR_1`
- `FLOOR_0`

Ich celem jest przekazanie informacji:

- czy jest aktywna prośba o udanie się na dane piętro,
- czy drzwi są otwarte, albo czy mają się zaraz otworzyć.



Rysunek 3: Podukład Button subcircuit



Rysunek 4: Podukład Button subcircuit

Oznaczenia sygnałów:

Nazwa	Rola w podukładzie	Dodatkowe informacje
OPEN	Wejście	Sygnał z ODR2/ODR1/ODR0. W zależności od piętra. Sygnały te pochodzą z podukładu Elevator machine (rodział poniżej)
CALL1	Wejście	Sygnał z przycisku na zewnątrz windy dla tego piętra
CALL2	Wejście	Sygnał z przycisku z wnętrza windy dla tego piętra
CLK	Wejście	Sygnał z zegara
BTN1	Wyjście	Informuje o aktywnym żądaniu udania się na to piętro przez przycisk na zewnątrz windy
BTN2	Wyjście	Informuje o aktywnym żądaniu udania się na to piętro przez przycisk wewnątrz windy
BTN	Wyjście	Informuje o aktywnym żądaniu udania się na to piętro
BLK	Wyjście	Informuje, że drzwi są otwarte lub mają się otworzyć
DOOR	Wyjście	Informuje, że drzwi są otwarte
S_SRFF1	Wewnętrzny	S w przerzutniku typu SR przy sygnale CALL1
R_SRFF1	Wewnętrzny	R w przerzutniku typu SR przy sygnale CALL1
Q_SRFF1	Wewnętrzny	Q w przerzutniku typu SR przy sygnale CALL1
S_SRFF2	Wewnętrzny	S w przerzutniku typu SR przy sygnale CALL2
R_SRFF2	Wewnętrzny	R w przerzutniku typu SR przy sygnale CALL2
Q_SRFF2	Wewnętrzny	Q w przerzutniku typu SR przy sygnale CALL2
D_DFF	Wewnętrzny	D w przerzutniku typu D
CLK_DFF	Wewnętrzny	CLK w przerzutniku typu D
Q_DFF	Wewnętrzny	Q w przerzutniku typu D
NQ_DFF	Wewnętrzny	$\sim Q$ w przerzutniku typu D

Tabela 3: Oznaczenia sygnałów w podukładzie Button subcircuit

Poniżej wzory logiczne i tabele dla poszczególnych sygnałów:

$$S_SRFF1 = CALL1$$

CALL1	S_SRFF1
0	0
1	1

Tabela 4: Tabela prawdy dla S_SRFF1

$$R_SRFF1 = Q_DFF$$

Q_DFF	R_SRFF1
0	0
1	1

Tabela 5: Tabela prawdy dla R_SRFF1

$$S_SRFF2 = CALL2$$

CALL2	S_SRFF2
0	0
1	1

Tabela 6: Tabela prawdy dla S_SRFF2

$$R_SRFF2 = Q_DFF$$

Q_DFF	R_SRFF2
0	0
1	1

Tabela 7: Tabela prawdy dla R_SRFF2

$$BTN1 = Q_SRFF1$$

Q_SRFF1	BTN1
0	0
1	1

Tabela 8: Tabela prawdy dla BTN1

$$BTN2 = Q_SRFF2$$

Q_SRFF2	BTN2
0	0
1	1

Tabela 9: Tabela prawdy dla BTN2

$$D_DFF = OPEN \ Q_SRFF \ NQ_DFF$$

OPEN	Q_SRFF	NQ_DFF	D_DFF
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Tabela 10: Tabela prawdy dla D_DFF

$$\text{CLK_DFF} = \text{CLK}$$

CLK	CLK_DFF
0	0
1	1

Tabela 11: Tabela prawdy dla CLK_DFF

$$\text{BTN} = \text{Q_SRFF}$$

Q_SRFF	BTN
0	0
1	1

Tabela 12: Tabela prawdy dla BTN

$$\text{BLK} = (\text{Q_DFF} + \text{Q_SRFF}) \text{ OPEN}$$

Q_DFF	Q_SRFF	OPEN	BLK
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

Tabela 13: Tabela prawdy dla BLK

$$\text{DOOR} = \text{Q_DFF}$$

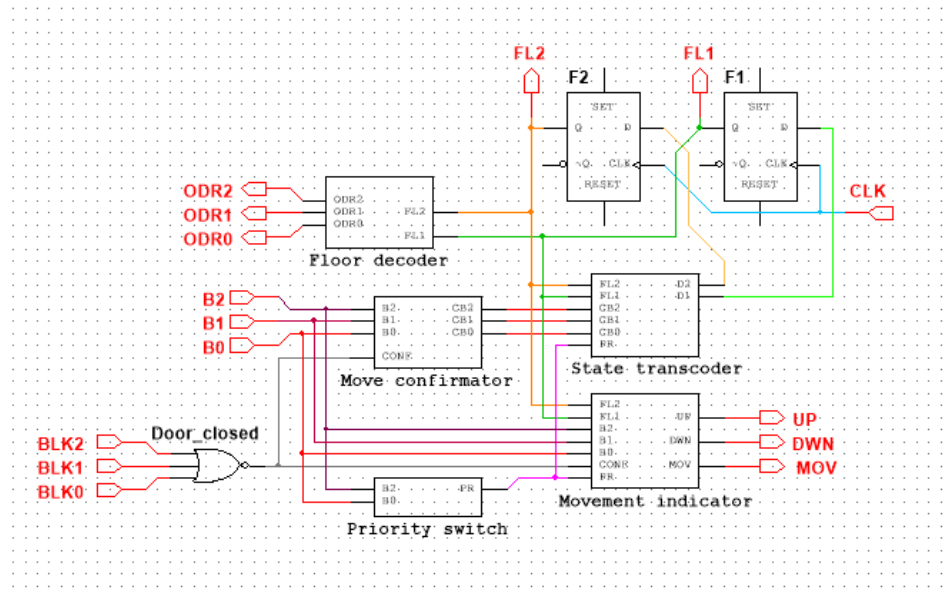
DOOR	Q_DFF
0	0
1	1

Tabela 14: Tabela prawdy dla DOOR

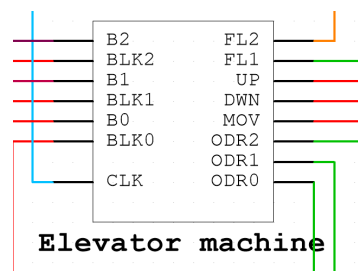
6 Elevator machine

Układ ten ma za zadanie przekazanie informacji:

- na którym piętrze znajduje się winda,
- czy na którymś z 3 pięter mają się otworzyć drzwi,
- czy winda porusza się do góry lub na dół,
- czy winda się porusza.



Rysunek 5: Podukład Elevator machine



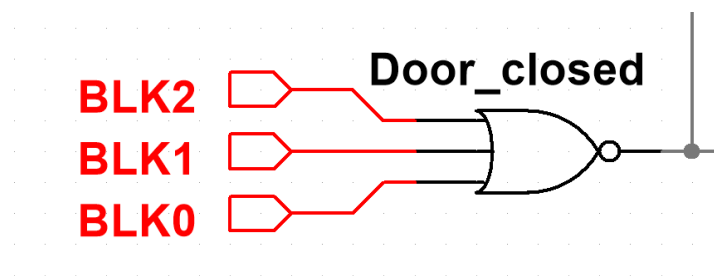
Rysunek 6: Podukład Elevator machine w układzie

Oznaczenia sygnałów:

Nazwa	Rola w podukładzie	Dodatkowe informacje
B2	Wejście	Sygnał żądania udania się na 2 piętro (z sygnału BTN dla FLOOR_2)
B1	Wejście	Sygnał żądania udania się na 1 piętro (z sygnału BTN dla FLOOR_1)
B0	Wejście	Sygnał żądania udania się na 0 piętro (z sygnału BTN dla FLOOR_0)
BLK2	Wejście	Czujnik otwarcia drzwi na 2. piętrze (z sygnału BLK dla FLOOR_2)
BLK1	Wejście	Czujnik otwarcia drzwi na 1. piętrze (z sygnału BLK dla FLOOR_1)
BLK0	Wejście	Czujnik otwarcia drzwi na 0. piętrze (z sygnału BLK dla FLOOR_0)
CLK	Wejście	Z zegara
ODR2	Wyjście	Informuje o konieczności otwarcia drzwi dla piętra 2
ODR1	Wyjście	Informuje o konieczności otwarcia drzwi dla piętra 1
ODR0	Wyjście	Informuje o konieczności otwarcia drzwi dla piętra 0
FL2	Wyjście	Informuje, że winda znajduje się na 2 piętrze
FL1	Wyjście	Informuje, że winda znajduje się na 1 piętrze
UP	Wyjście	Informuje, że winda jedzie do góry
DWN	Wyjście	Informuje, że winda jedzie do dołu
MOV	Wyjście	Informuje, że winda jedzie
CONF	Wewnętrzny	Wychodzi z bramki Door_closed (informuje czy choć jedno z drzwi są otwarte)
PR	Wewnętrzny	Wychodzi z podukładu Priority switch (później dokładniej opisane)
CB2	Wewnętrzny	Wychodzi z podukładu Move confirmator (później dokładniej opisane)
CB1	Wewnętrzny	Wychodzi z podukładu Move confirmator (później dokładniej opisane)
CB0	Wewnętrzny	Wychodzi z podukładu Move confirmator (później dokładniej opisane)
D2	Wewnętrzny	Wychodzi z podukładu State transcoder (później dokładniej opisane)
D1	Wewnętrzny	Wychodzi z podukładu State transcoder (później dokładniej opisane)
D_F2	Wewnętrzny	D dla przerzutnika F2
CLK_F2	Wewnętrzny	CLK dla przerzutnika F2
Q_F2	Wewnętrzny	Q dla przerzutnika F2
D_F1	Wewnętrzny	D dla przerzutnika F2
CLK_F1	Wewnętrzny	CLK dla przerzutnika F1
Q_F1	Wewnętrzny	Q dla przerzutnika F1

Tabela 15: Oznaczenia sygnałów w podukładzie Elevator machine

Poniżej wzory logiczne i tabele dla poszczególnych sygnałów:



Rysunek 7: Bramka Door_closed

Sygnały przychodzące kolejno z wejść BLK2, BLK1 oraz BLK0 oznacza blokadę windy na wybranym piętrze 2, 1 lub 0.

Następnie łączymy te wszystkie wejścia przez jedną bramkę logiczną NOR3:

$$CONF = \overline{BLK2 + BLK1 + BLK0}$$

BLK2	BLK1	BLK0	CONF
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

Tabela 16: Tabela prawdy dla CONF

Widzimy że sygnał przejdzie przez tą bramkę tylko w sytuacji gdy wszystkie blokady są nieaktywne.

$$D_F2 = D2$$

D2	D_F2
0	0
1	1

Tabela 17: Tabela prawdy dla D_F2

$$CLK_F2 = CLK$$

CLK	CLK_F2
0	0
1	1

Tabela 18: Tabela prawdy dla CLK_F2

$$D_F1 = D1$$

D1	D_F1
0	0
1	1

Tabela 19: Tabela prawdy dla D_F1

$$CLK_F1 = CLK$$

CLK	CLK_F1
0	0
1	1

Tabela 20: Tabela prawdy dla CLK_F1

$$FL2 = Q_F2$$

Q_F2	FL2
0	0
1	1

Tabela 21: Tabela prawdy dla FL2

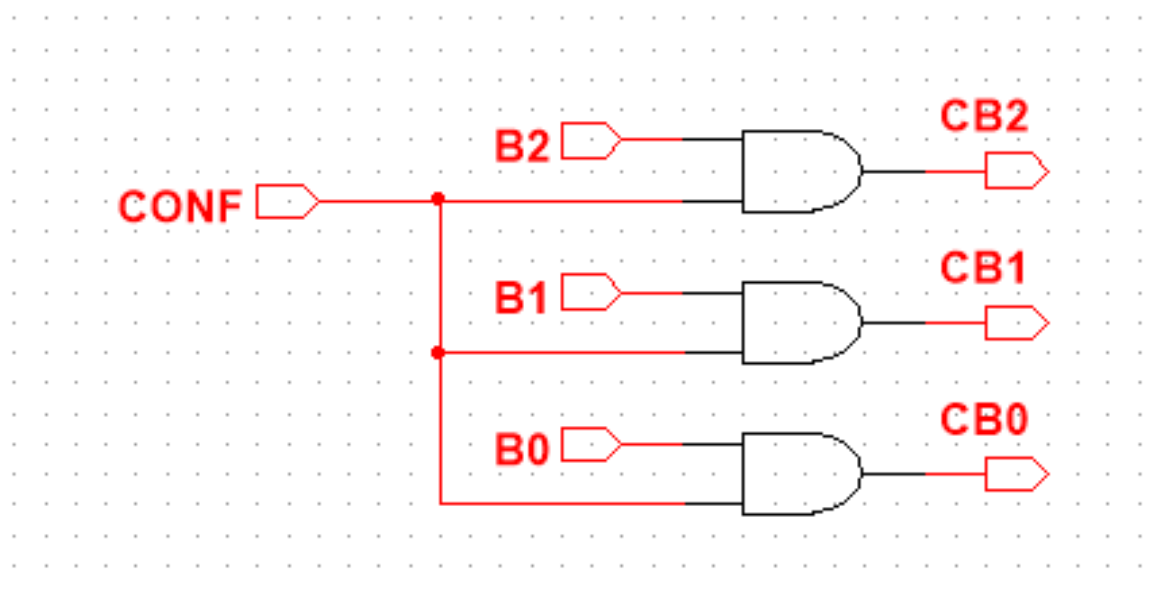
$$FL1 = Q_F1$$

Q_F1	FL1
0	0
1	1

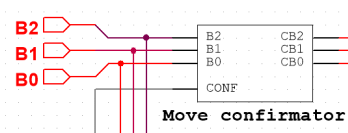
Tabela 22: Tabela prawdy dla FL1

6.1 Move confirmator

Układ ten wykorzystuje potwierdzenie możliwości ruchu windy (brak blokad piętra) z podpunktu 2.3. i potwierdza polecenie z przycisków do windy B2, B1 oraz B0 z kolejnym pięter 2, 1 oraz parteru.



Rysunek 8: Podukład Move confirmator



Rysunek 9: Podukład Move confirmator w układzie

Oznaczenia sygnałów:

Nazwa	Rola w podukładzie	Dodatkowe informacje
CONF	Wejście	Informuje czy wszystkie drzwi są zamknięte
B2	Wejście	Sygnał żądania udania się na 2 piętro (z sygnału BTN dla FLOOR_2)
B1	Wejście	Sygnał żądania udania się na 1 piętro (z sygnału BTN dla FLOOR_1)
B0	Wejście	Sygnał żądania udania się na 0 piętro (z sygnału BTN dla FLOOR_0)
CB2	Wyjście	Sygnał żądania udania się na 2 piętro przy zamkniętych drzwiach
CB1	Wyjście	Sygnał żądania udania się na 1 piętro przy zamkniętych drzwiach
CB0	Wyjście	Sygnał żądania udania się na 0 piętro przy zamkniętych drzwiach

Tabela 23: Oznaczenia sygnałów w podukładzie Move confirmator

Poniżej wzory logiczne i tabele dla poszczególnych sygnałów:

$$CB2 = B2 \text{ CONF}$$

B2	CONF	CB2
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tabela 24: Tabela prawdy dla CB2

$$CB1 = B1 \text{ CONF}$$

B1	CONF	CB1
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tabela 25: Tabela prawdy dla CB1

$$CB0 = B0 \text{ CONF}$$

B0	CONF	CB0
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

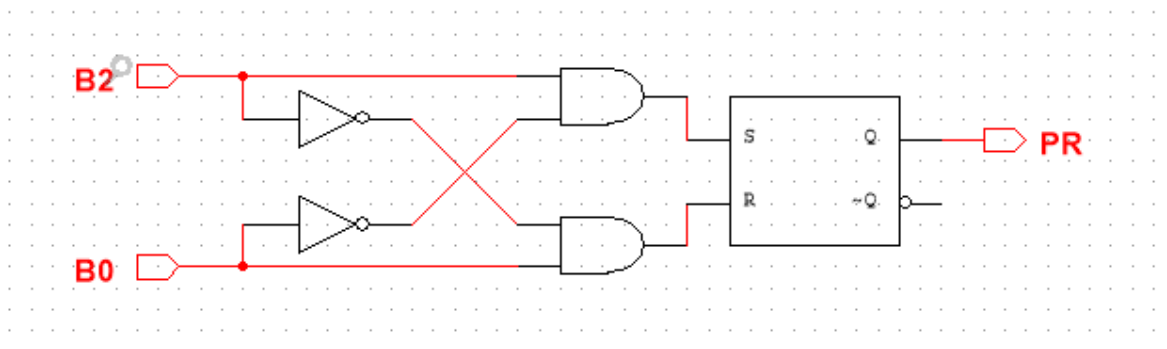
Tabela 26: Tabela prawdy dla CB0

6.2 Priority switch

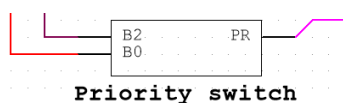
Układ powyższy jest układem decyzyjnym dotyczącym ruchu windy. Jest on pomocny w sytuacji, gdy winda w jednym momencie zostanie przywołana na piętro 2 i parter, a znajduje się aktualnie na piętrze 1.

Wykorzystuje on informacje z przycisku na parterze „B0” oraz na 2 piętrze „B2”. Układ zwraca sygnał priorytetu „PR”.

Układ ten zapamiętuje, na które piętro winda została szybciej przywołana i na to piętro pojedzie pierwsze.



Rysunek 10: Podukład Priority switch



Rysunek 11: Podukład Priority switch w układzie

Oznaczenia sygnałów:

Nazwa	Rola w podukładzie
B2	Wejście
B0	Wejście
PR	Wejście
S_SRFF	Wewnętrzne
R_SRFF	Wewnętrzne
Q_SRFF	Wewnętrzne

Tabela 27: Oznaczenia sygnałów w podukładzie Priority

Poniżej wzory logiczne i tabele dla poszczególnych sygnałów:

$$S_SRFF = B2 \overline{B1}$$

B2	B0	S_SRFF
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

Tabela 28: Tabela prawdy dla S_SRFF

$$R_SRFF = B2 \overline{B1}$$

B2	B0	R_SRFF
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	0

Tabela 29: Tabela prawdy dla R_SRFF

$$PR = S_SRFF$$

S_SRFF	PR
0	0
1	1

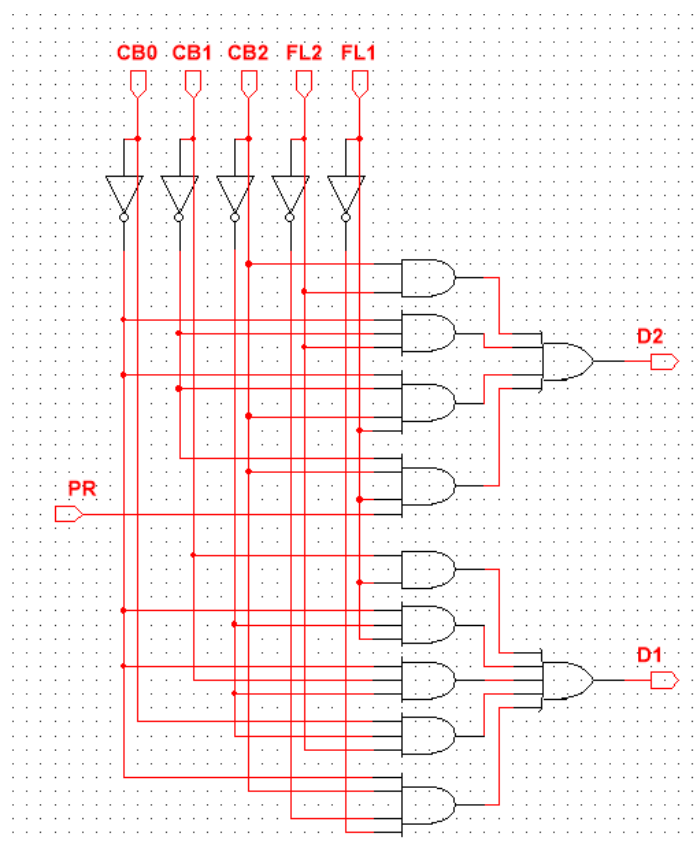
Tabela 30: Tabela prawdy dla PR

6.3 State transcoder

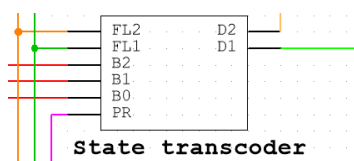
Układ ten decyduje, na które piętro powinna udać się winda.

Korzysta ona z potwierdzonego ruchu z przycisków „B2” , „B1”, „B0”, informacje o aktualnym piętrze z podpunktu 2.1. oraz priorytet „PR”.

Układ zwraca sygnał do przerzutników na zmianę stanu do wejścia „D”.



Rysunek 12: Podukład State transcoder



Rysunek 13: Podukład State transcoder w układzie

Oznaczenia sygnałów:

Nazwa	Rola w podukładzie	Dodatkowe informacje
CB0	Wejście	Wezwanie na piętro 0
CB1	Wejście	Wezwanie na piętro 1
CB2	Wejście	Wezwanie na piętro 2
FL2	Wejście	Informacja, czy winda jest na piętrze 2
FL1	Wejście	Informacja, czy winda jest na piętrze 1
PR	Wejście	Informacja, czy winda została wcześniej wezwana na piętro 2 niż na piętro 0
D2	Wyjście	Informacja, czy winda powinna przenieść się na 2 piętro
D1	Wyjście	Informacja, czy winda powinna przenieść się na 1 piętro

Tabela 31: Oznaczenia sygnałów w podukładzie State transcoder

Poniżej wzory logiczne i tabele dla poszczególnych sygnałów:

$$D2 = I2 \cdot Q1 + \overline{I0} \cdot \overline{I1} \cdot Q2 + \overline{I0} \cdot \overline{I1} \cdot I2 \cdot Q1 + \overline{I1} \cdot I2 \cdot Q1 \cdot PR$$

Na zielono zaznaczone wiersze, gdzie sygnał PR jest znaczący.

CB0	CB1	CB2	FL2	FL1	PR	D2
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	1	0
0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	1	0	1	1
0	0	0	1	1	0	X
0	0	0	1	1	1	X
0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	1	0	1
0	0	1	0	1	1	1
0	0	1	1	0	0	1
0	0	1	1	0	1	1
0	0	1	1	1	0	X
0	0	1	1	1	1	X
0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0	0
0	1	0	0	1	1	0
0	1	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	1	0
0	1	0	1	1	0	X
0	1	0	1	1	1	X
0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	1	0
0	1	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	1	1
0	1	1	1	1	0	X
0	1	1	1	1	1	X

Tabela 32: Tabela prawdy dla D2 (1)

CB0	CB1	CB2	FL2	FL1	PR	D2
1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	1	1	0
1	0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	0	1	0
1	0	0	1	1	0	X
1	0	0	1	1	1	X
1	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0
1	0	1	0	1	0	0
1	0	1	0	1	1	1
1	0	1	1	0	0	1
1	0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	1	0	X
1	0	1	1	1	1	X
1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0
1	1	0	1	0	0	0
1	1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	1	0	X
1	1	0	1	1	1	X
1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	1	0
1	1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	0	X
1	1	1	1	1	1	X

Tabela 33: Tabela prawdy dla D2 (2)

Możemy zauważyć, że w zależności od ustawionego priorytetu, winda możemy pojechać zarówno w dół, jak i w górę.

$$D1 = I1 \ Q1 + \overline{I0} \ \overline{I2} \ Q1 + \overline{I0} \ I1 \ \overline{I2} + I0 \ \overline{I2} \ Q2 + \overline{I0} \ I2 \ \overline{Q2} \ \overline{Q1}$$

CB0	CB1	CB2	FL2	FL1	PR	D1
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	1	0	X
0	0	0	1	1	1	X
0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	0	1	1	0
0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	1	0	1	0
0	0	1	1	1	0	X
0	0	1	1	1	1	X
0	1	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1
0	1	0	0	1	0	1
0	1	0	0	1	1	0
0	1	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	1	1
0	1	0	1	1	0	X
0	1	0	1	1	1	X
0	1	1	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1
0	1	1	0	1	1	0
0	1	1	1	0	0	0
0	1	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0	X
0	1	1	1	1	1	X

Tabela 34: Tabela prawdy dla D1 (1)

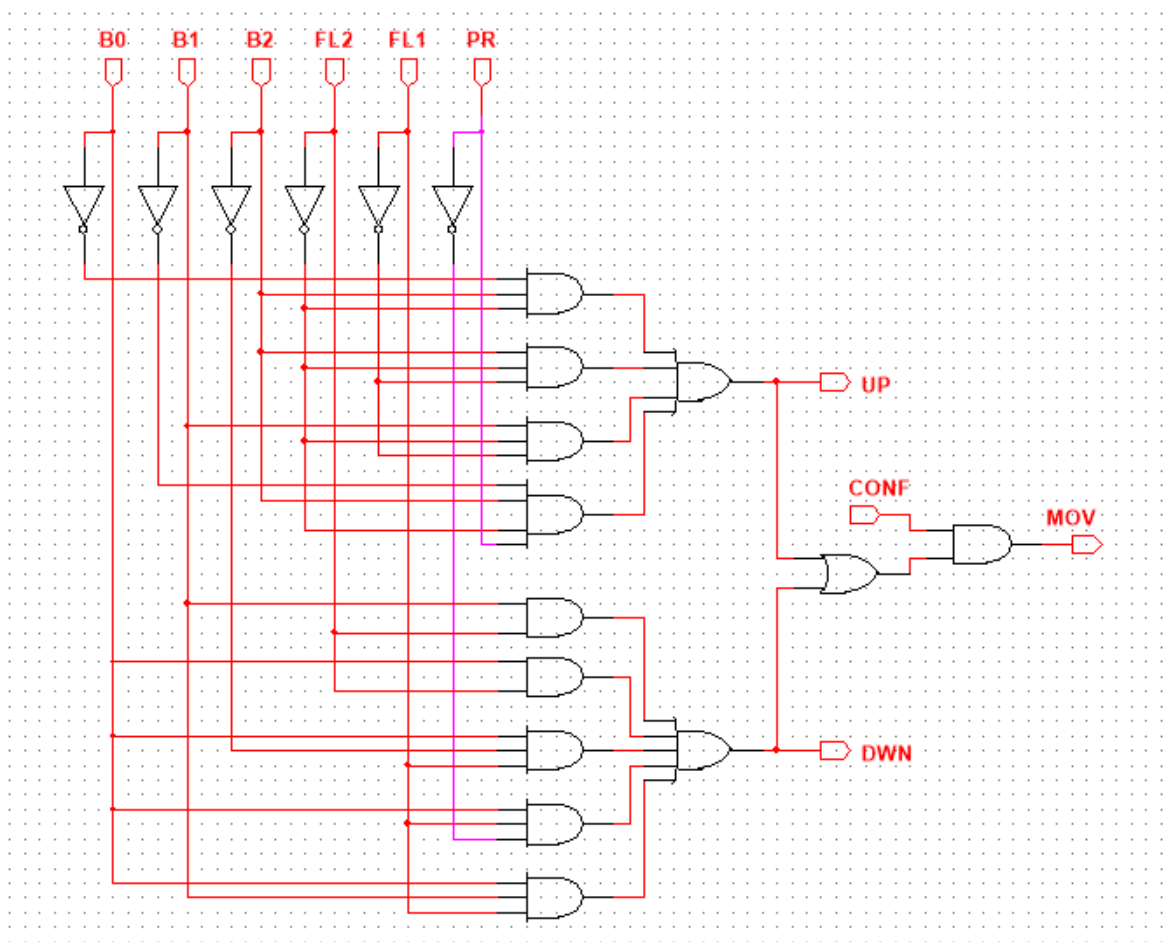
CB0	CB1	CB2	FL2	FL1	PR	D1
1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	1	1	0
1	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	1	1
1	0	0	1	1	0	X
1	0	0	1	1	1	X
1	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0
1	0	1	0	1	0	0
1	0	1	0	1	1	0
1	0	1	1	0	0	0
1	0	1	1	0	1	0
1	0	1	1	1	0	X
1	0	1	1	1	1	X
1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	1	0	1
1	1	0	0	1	1	1
1	1	0	1	0	0	1
1	1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	1	0	X
1	1	0	1	1	1	X
1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	1	0
1	1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	1	0
1	1	1	1	1	0	X
1	1	1	1	1	1	X

Tabela 35: Tabela prawdy dla D1 (2)

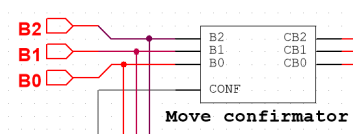
6.4 Movement indicator

Podukład ten służy do oznaczania kierunku, w którym nasza winda będzie się poruszać oraz aktualnego ruchu.

Podukład ten wykorzystuje dane o aktualnym piętrze („FL2” oraz „FL1”), dane z przycisków („B2”, „B1”, „B0”), potwierdzenie braku blokady drzwi („CONF”) oraz priorytet („PR”). Układ zwraca informacje, czy winda zamierza (lub jedzie) jechać w górę („UP”), w dół („DWN”) lub czy w danym momencie się porusza („MOV”).



Rysunek 14: Podukład Movement indicator



Rysunek 15: Podukład Movement indicator w układzie

Oznaczenia sygnałów:

Nazwa	Rola w podukładzie	Dodatkowe informacje
B0	Wejście	Wezwanie na piętro 0
B1	Wejście	Wezwanie na piętro 1
B2	Wejście	Wezwanie na piętro 2
FL2	Wejście	Informacja, czy winda jest na piętrze 2
FL1	Wejście	Informacja, czy winda jest na piętrze 1
PR	Wejście	Informacja, czy winda została wcześniej wezwana na piętro 2 niż na piętro 0
UP	Wyjście	Informacja, czy winda porusza się w górę
DWN	Wyjście	Informacja, czy winda porusza się w dół
MOV	Wyjście	Informacja, czy winda się porusza

Tabela 36: Oznaczenia sygnałów w podukładzie Movement indicator

Poniżej wzory logiczne i tabele dla poszczególnych sygnałów:

$$UP = \overline{I0} I2 \overline{Q2} + I2 \overline{Q2} \overline{Q1} + I1 \overline{Q2} \overline{Q1} + \overline{I1} I2 \overline{Q2} PR$$

Na zielono zaznaczone wiersze, gdzie sygnał PR jest znaczący.

B0	B1	B2	FL2	FL1	PR	UP
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	1	0
0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	1	0	X
0	0	0	1	1	1	X
0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	1	0	1
0	0	1	0	1	1	1
0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	1	0	1	0
0	0	1	1	1	0	X
0	0	1	1	1	1	X
0	1	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1
0	1	0	0	1	0	0
0	1	0	0	1	1	0
0	1	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	1	0
0	1	0	1	1	0	X
0	1	0	1	1	1	X
0	1	1	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1
0	1	1	0	1	1	1
0	1	1	1	0	0	0
0	1	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0	X
0	1	1	1	1	1	X

Tabela 37: Tabela prawdy dla UP (1)

B0	B1	B2	FL2	FL1	PR	UP
1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	1	1	0
1	0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	0	1	0
1	0	0	1	1	0	X
1	0	0	1	1	1	X
1	0	1	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1	1
1	0	1	0	1	0	0
1	0	1	0	1	1	1
1	0	1	1	0	0	0
1	0	1	1	0	1	0
1	0	1	1	1	0	X
1	0	1	1	1	1	X
1	1	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	1	1
1	1	0	0	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0
1	1	0	1	0	0	0
1	1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	1	0	X
1	1	0	1	1	1	X
1	1	1	0	0	0	1
1	1	1	0	0	1	1
1	1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	1	0
1	1	1	1	1	0	X
1	1	1	1	1	1	X

Tabela 38: Tabela prawdy dla UP (2)

Możemy zauważyć, że w zależności od ustawionego priorytetu, winda możemy pojechać zarówno w dół, jak i w górę.

$$DWN = I1 Q2 + I0 Q2 + I0 \overline{I2} Q1 + I0 Q1 \overline{PRI2} + I0 I1 Q1$$

B0	B1	B2	FL2	FL1	PR	DWN
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	1	0
0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	1	0	X
0	0	0	1	1	1	X
0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	0	1	1	0
0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	1	0	1	0
0	0	1	1	1	0	X
0	0	1	1	1	1	X
0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0	0
0	1	0	0	1	1	0
0	1	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	1	1
0	1	0	1	1	0	X
0	1	0	1	1	1	X
0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	1	0
0	1	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	1	1
0	1	1	1	1	0	X
0	1	1	1	1	1	X

Tabela 39: Tabela prawdy dla DWN (1)

B0	B1	B2	FL2	FL1	PR	DWN
1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	1	0	1
1	0	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	1	1
1	0	0	1	1	0	X
1	0	0	1	1	1	X
1	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1
1	0	1	0	1	1	0
1	0	1	1	0	0	1
1	0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	1	0	X
1	0	1	1	1	1	X
1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	1	0	1
1	1	0	0	1	1	1
1	1	0	1	0	0	1
1	1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	1	0	X
1	1	0	1	1	1	X
1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	1	0
1	1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	0	X
1	1	1	1	1	1	X

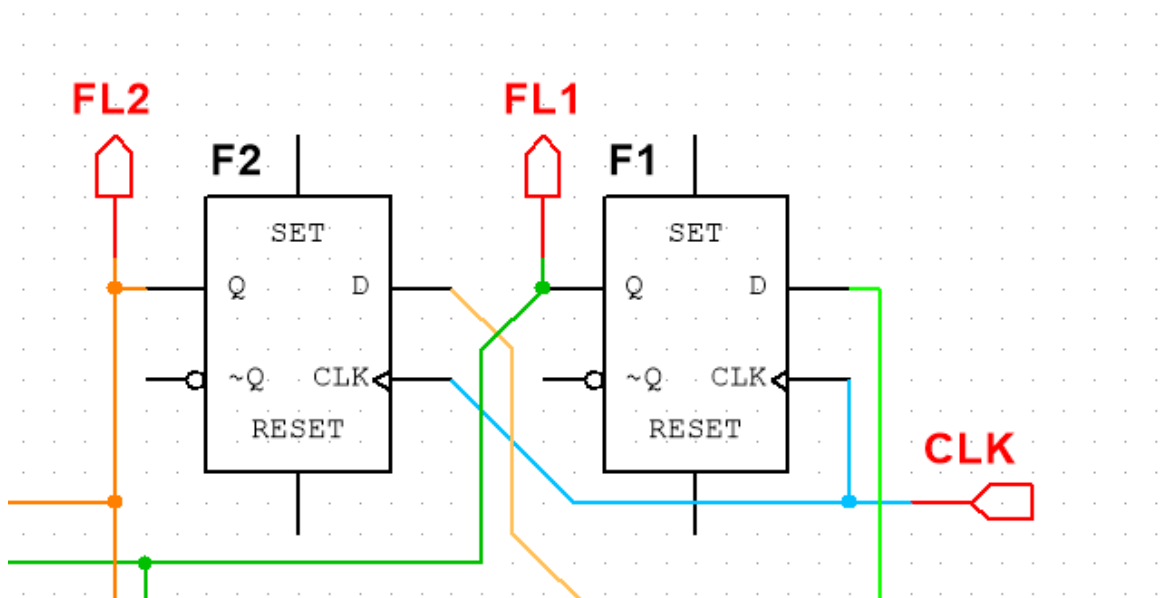
Tabela 40: Tabela prawdy dla DWN (2)

$$\text{MOV} = (\text{UP} + \text{DWN}) \text{ CONF}$$

UP	DWN	CONF	MOV
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

Tabela 41: Tabela prawdy dla MOV

7 Przechowywanie aktualnego piętra



Rysunek 16: Schemat przechowywanie aktualnego piętra

Do przechowywania danych o aktualnym piętrze, na którym znajduje się winda korzystamy z dwóch przerzutników synchronicznych typu D.

Przerzutniki kolejno F2 oraz F1 przechowują bity oznaczające piętro 2 i 1:

Stan F2	Stan F1	Aktualne piętro
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	X

Tabela 42: Tabela określająca pozycję windy

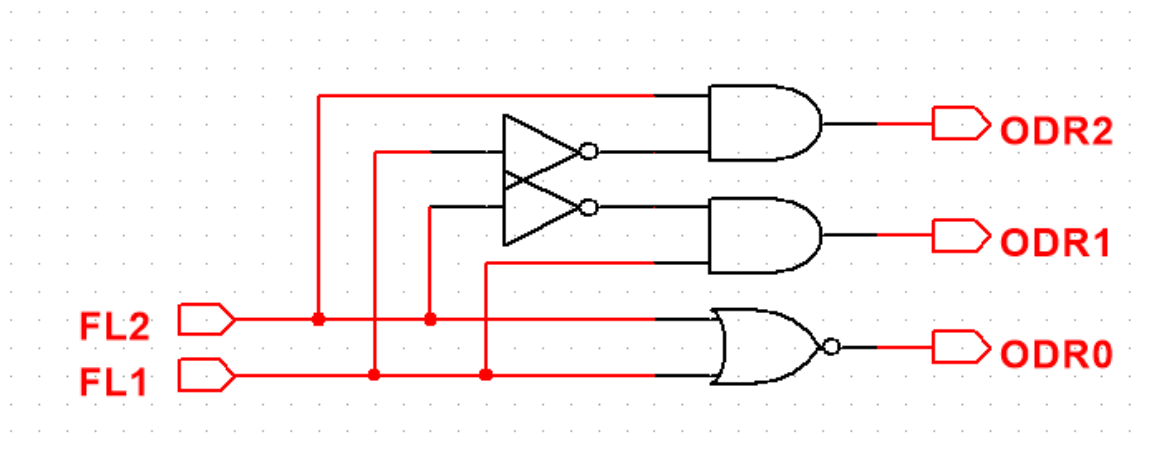
Do zmiany stanu przerzutników, czyli do obu wejść „D” podłączony jest sygnał z transkodera piętra.

Zmieniamy wartości na przerzutnikach dopiero przy cyklu zegara, co symuluje naturalny ruch windy.

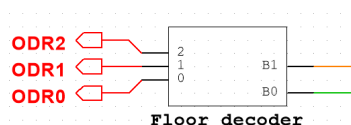
8 Floor decoder

Do wysyłania informacji do kontrolerów drzwi na którym piętrze winda aktualnie się znajduje służy ten układ, który przekształca liczbę dwubitową na odpowiednie piętro.

Do wejścia układu wykorzystujemy FL2 (jako B1) oraz FL1 (jako B0).



Rysunek 17: Podukład Floor decoder



Rysunek 18: Podukład Floor decoder w układzie

Oznaczenia sygnałów:

Nazwa	Rola w podukładzie	Dodatkowe informacje
FL2	Wejście	Informuje, czy winda znajduje się na 2 piętrze
FL1	Wejście	Informuje, czy winda znajduje się na 1 piętrze
ODR2	Wyjście	Informuje o konieczności otwarcia drzwi dla piętra 2
ODR1	Wyjście	Informuje o konieczności otwarcia drzwi dla piętra 1
ODR0	Wyjście	Informuje o konieczności otwarcia drzwi dla piętra 0

Tabela 43: Oznaczenia sygnałów w podukładzie Floor decoder

$$ODR2 = FL2 \overline{FL1}$$

FL2	FL1	ODR2
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

Tabela 44: Tabela prawdy dla ODR2

$$ODR1 = \overline{FL2} FL1$$

FL2	FL1	ODR1
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	0

Tabela 45: Tabela prawdy dla ODR1

$$ODR0 = \overline{FL1 + FL2}$$

FL2	FL1	ODR0
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Tabela 46: Tabela prawdy dla ODR0

9 Wskaźniki

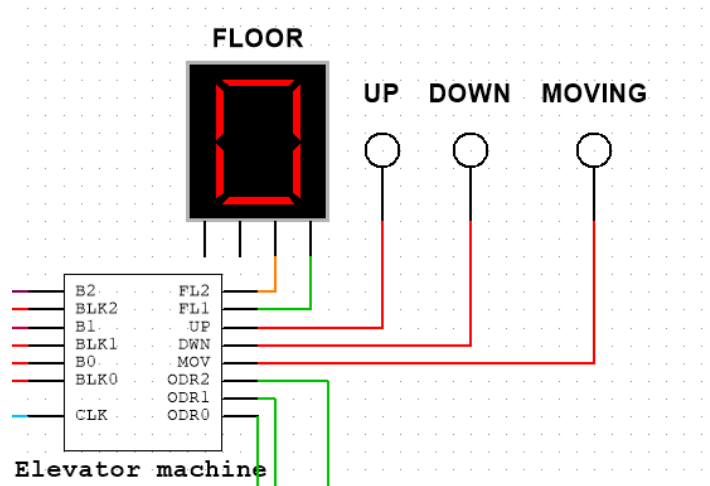
W układzie występują następujące wskaźniki:

- wskaźnik aktualnego piętra (podłączony do sygnałów FL2 oraz FL1)
- wskaźniki ruchu windy w górę (podłączony do sygnału UP)
- wskaźniki ruchu windy w dół (podłączony do sygnału DWN)
- wskaźnik ruchu windy (podłączony do sygnału MOV)
- trzy czujniki otwarcia drzwi, po jednym na każdej kondygnacji (podłączone do sygnałów DOOR dla każdego piętra)
- sześć wskaźniki przywołania windy przy każdym z pięter (podłączone do sygnałów BTN1 (przyciski na zewnątrz windy) lub podłączone do sygnałów BTN2 (przyciski wewnątrz windy) dla każdego z pięter)
- czujnik zegara (podłączony do sygnału CLK)

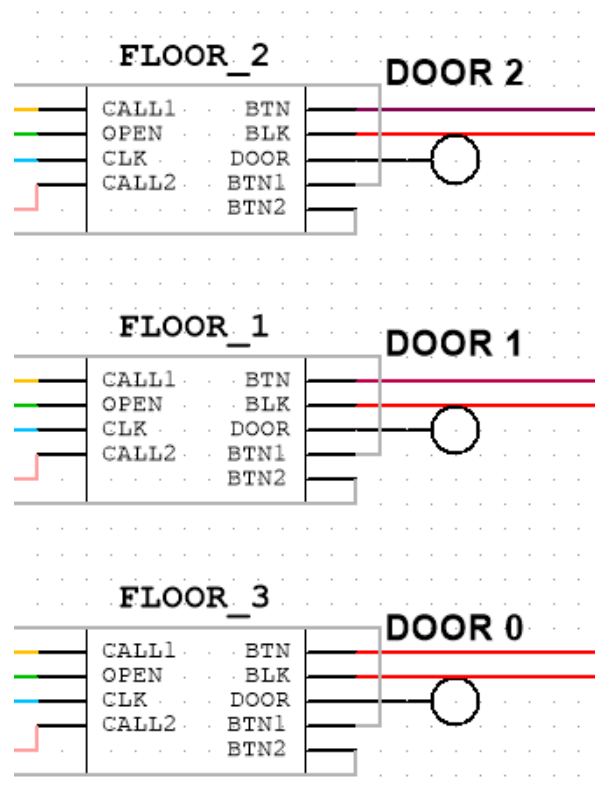
Za wskaźnik aktualnego piętra odpowiada komponent HEX_DISPLAY;

Za wskaźnik zegara odpowiada komponent PROBE_DIG_BLUE;

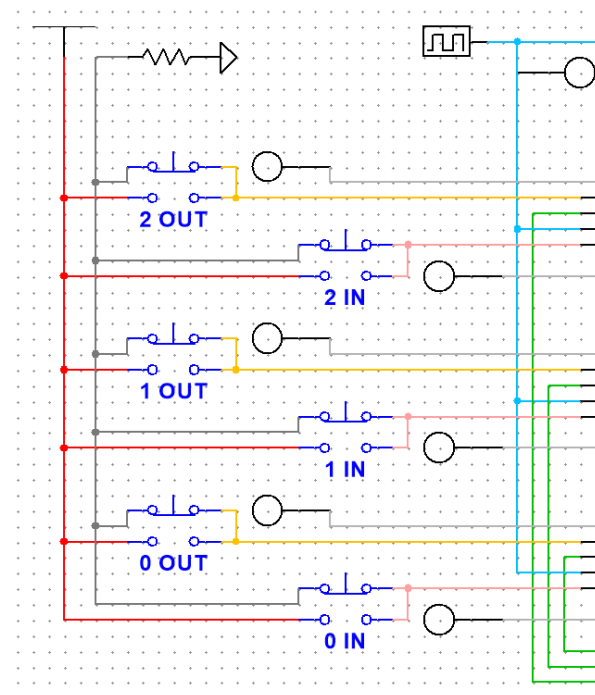
Za pozostałe wskaźniki odpowiadają komponenty PROBE_DIG_RED.



Rysunek 19: Wskaźnik aktualnego piętra i wskaźniki ruchu lub kierunku ruchu windy



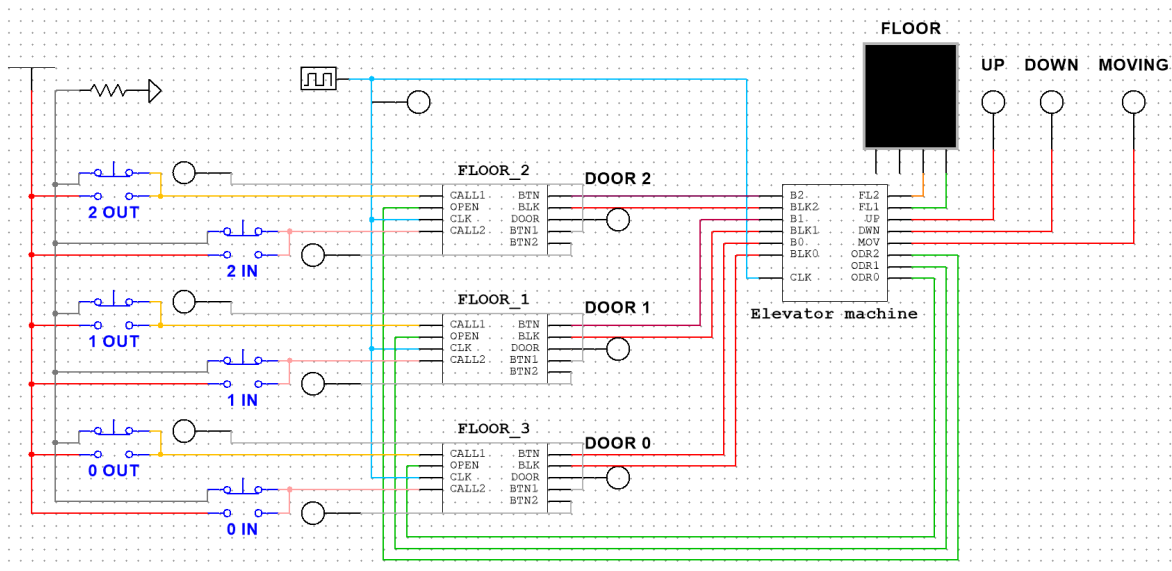
Rysunek 20: Czujniki otwarcia drzwi



Rysunek 21: Wskaźniki przywołania windy i czujnik zegara

10 Cały układ

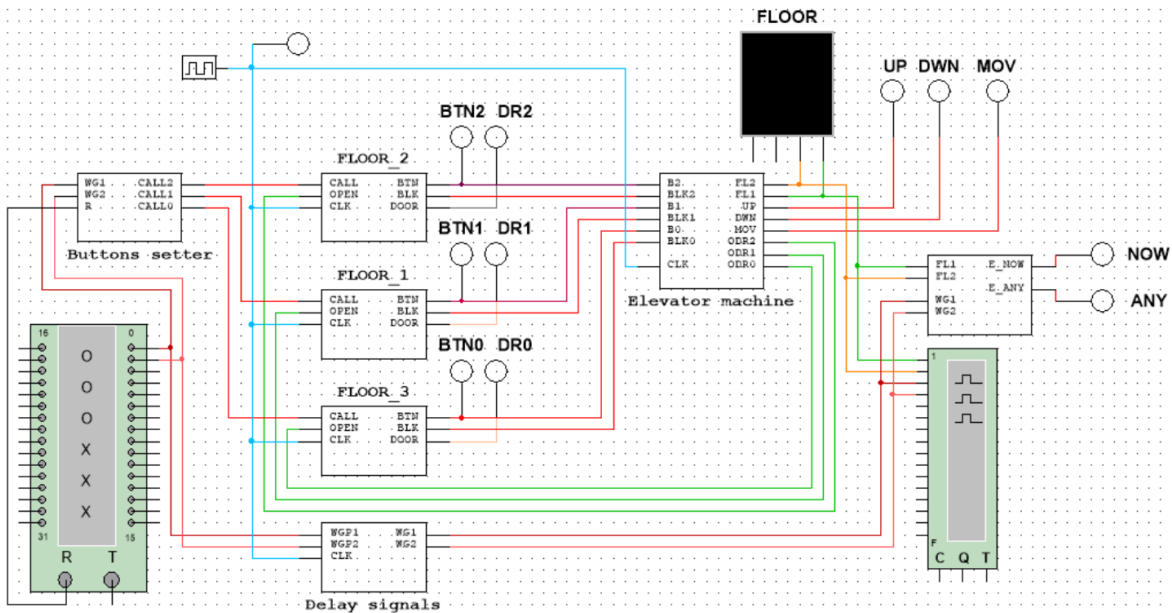
Tak prezentuje się cały nasz system trzykondygnacyjnej windy:



Rysunek 22: Cały układ

11 Układ testujący

Tak prezentuje się cały układ testujący:



Rysunek 23: Cały układ testujący

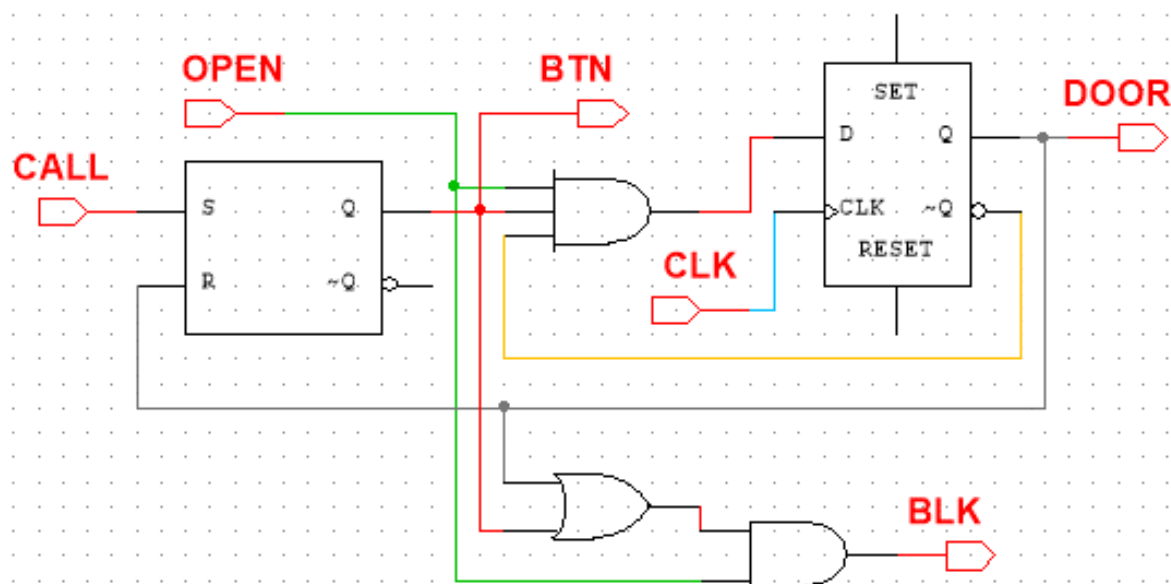
Układ ten będzie wysyłać kolejno sygnały z Word Generators zgodnie ze wzorem:

0 -> 1 -> 2 -> 1 -> 0 -> 1 -> ...

Sygnały ten będą symulować wciśnięcie przez użytkownika danego piętra.

Do układu testującego nie potrzebujemy zestawu przycisków, ponieważ sygnał przycisków będzie generował „Word generator”. Natomiast w układach na piętrach mamy tylko jedną diodę do sygnalizacji aktywacji przycisku.

Ogólnie układ zarządzający drzwiami i przyciskami na piętrze jest trochę uproszczony:



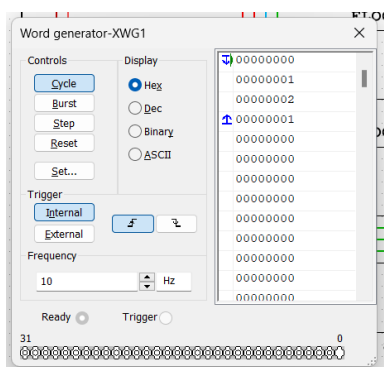
Rysunek 24: Podukład Button subcircuit dla układu testującego

W układzie tym mamy tylko jeden przerzutnik, zamiast dwóch, ponieważ mamy tylko jeden przycisk. Poza tym jest niemalże taki sam.

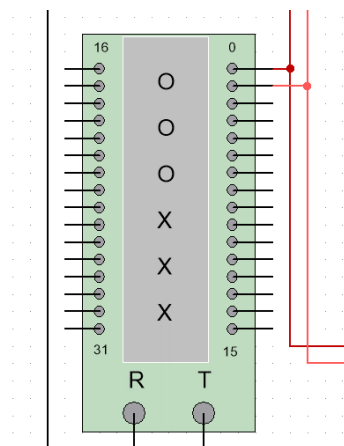
W skład całego układu testującego wchodzi:

- Word generator – generator przywołań windy na piętra,
- Buttons setter – układ do uruchamiania przycisków,
- Logic analyzer – analizowanie sygnałów binarnych o piętrze z dwóch źródeł,
- Delay signals – opóźniacz sygnału z generatora słów do ich synchronizacji z systemem windy,
- Signal comparator – układ do porównania sygnałów oraz wykrywania potencjalnych różnic, w przypadku nieprawidłowości.

11.1 Word generator



Rysunek 25: Word generator w układzie



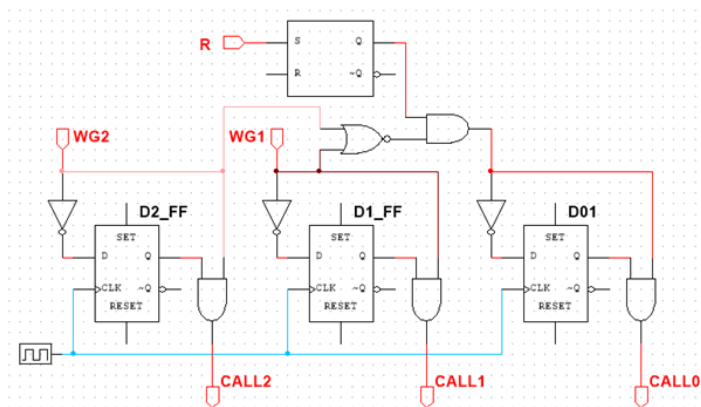
Rysunek 26: Ustawienia Word generator'a

Generator słów ustawiony jest na cykliczne przejście pomiędzy piętrami od 0 do 2 w górę i od 2 do 0 w dół.

Częstotliwość jego zegara wynosi 10 Hz.

11.2 Buttons setter

Wejścia układu kolejne bity liczby binarnej z generatora słów oraz do wejścia „R” wchodzi wyjście data-ready (również „R”) z word generatora.



Rysunek 27: Podukład Buttons setter

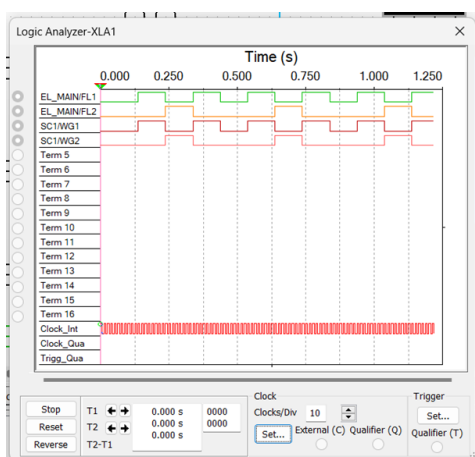
WG2 i WG1 to sygnały informujące na jakie piętro ma się udać winda.

Jeżeli oba są ustawione na 0, to oznacza, że winda ma się udać na 0. piętro.

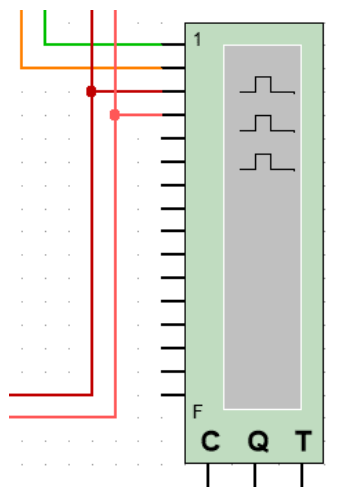
Sygnał ten jest następnie podłączony do przerzutnika typu D, do którego jest podłączony zegar ustawiony na 80 Hz, sygnał wychodzący z tego przerzutnika będzie więc nie znacznie opóźniony. Bramka AND łącząca sygnały WG2 i sygnał Q wychodzący z przerzutnika typu D powoduje, że przy zmianie wartości WG z 0 na 1 CALL otrzyma krótki sygnał, co symuluje naciśnięcie przycisku przez użytkownika.

Jako, że pierwszym sygnałem w naszym teście będzie sygnał udania się na piętro 0, także sygnał ten zostanie wysłany dopiero po uruchomieniu się Word Generatora, co sygnalizuje sygnał R (data-ready).

11.3 Logic analyzer

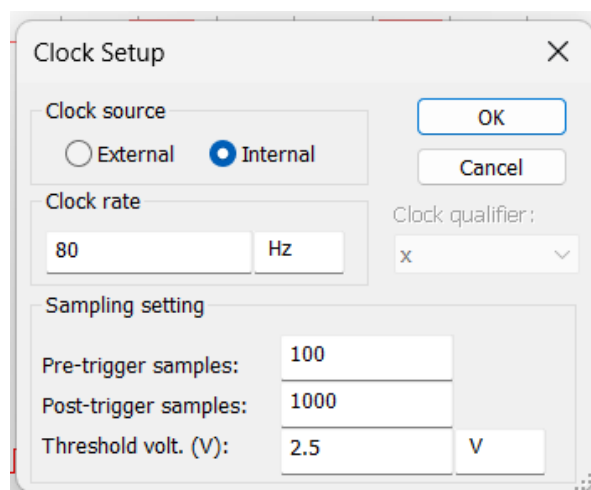


Rysunek 28: Logic analyzer w układzie



Rysunek 29: Wizualizacja Logic analyzer'a

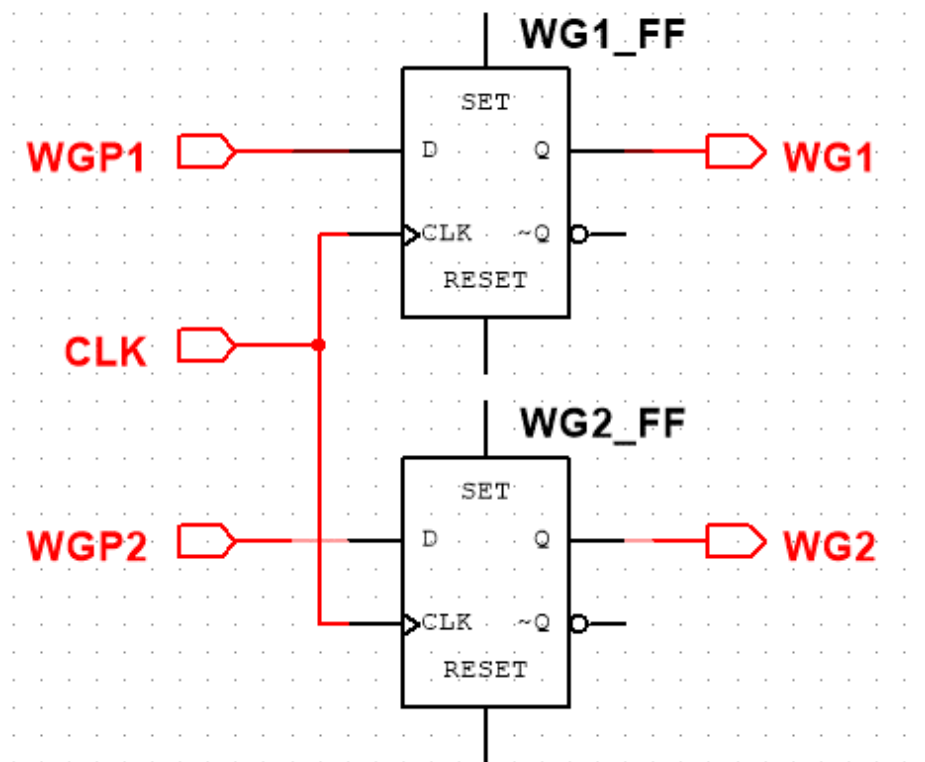
Oczywiście zegar w analizatorze jest ustawiony na ośmiokrotność częstotliwości „Word generator’a”:



Rysunek 30: Ustawienia Logic analyzer'a

11.4 Delay signals

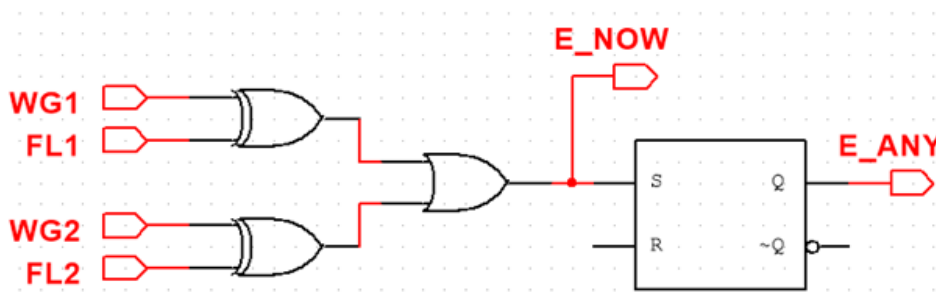
Układ ten służy do synchronizacji zmiany sygnału z generatora słów z zegarem całego układu. Jest on potrzebny do skuteczniejszego porównania tego sygnału z sygnałem piętra z windy, ponieważ winda też zmienia swój stan dopiero przy cyklu zegara.



Rysunek 31: Podukład Delay signals

11.5 Signals comperator

Wejściami do układu są oba bity aktualnego stanu windy oraz opóźniony sygnał z generatora słów. Zwracamy sygnał „E_NOW” jeśli w danym momencie występuje błąd oraz „E_ANY”, jeśli wystąpił jakikolwiek błąd do tej pory.



Rysunek 32: Podukład Signals comperator

Wykorzystujemy tutaj bramkę XOR, która pokazuje sygnał kiedy sygnały wejściowe są różne. Łączymy wejścia tych bramek bramką OR. Do zapisywania występowania błędu używamy przerzutnika typu RS.

12 Wnioski

Co można by było zrobić inaczej:

- Zamiast przechowywania informacji w postaci binarnej na dwóch przerzutnikach, każde piętro mogło być mieć swój własny przerzutnik, przechowujący informacje, że winda jest na tym piętrze.

Wykorzystania opracowanego układu:

- System windy w trzykondygnacyjnym budynku;
- System szybu górniczego w trzykondygnacyjnej kopalni;
- System trzykondygnacyjnej wieży widokowej