ASK_03	Romaniak Hubert	Informatyka niestacjonarna III rok	Semestr zimowy 2024/25

Wstęp teoretyczny

Celem zadania jest zaprojektowanie układu sterującego pracą dwóch grzałek. Sterowanie odbywa się na zasadzie sprzężenia zwrotnego, gdzie sygnały zwrotne są podawane z trzech czujników. Czujniki działają binarnie, to znaczy podają wartość **0** gdy zmierzona temperatura jest niższa niż temperatura wykrywana przez czujnik, i wartość **1** gdy temperatura jest równa lub wyższa.

Dodatkowo, układ powinien mieć możliwość wykrywania i odpowiedniego reagowania na awarię jednego z czujników. W przypadku gdy awaria zostanie wykryta, dodatkowa lampka powinna się zaświecić.

Zadania

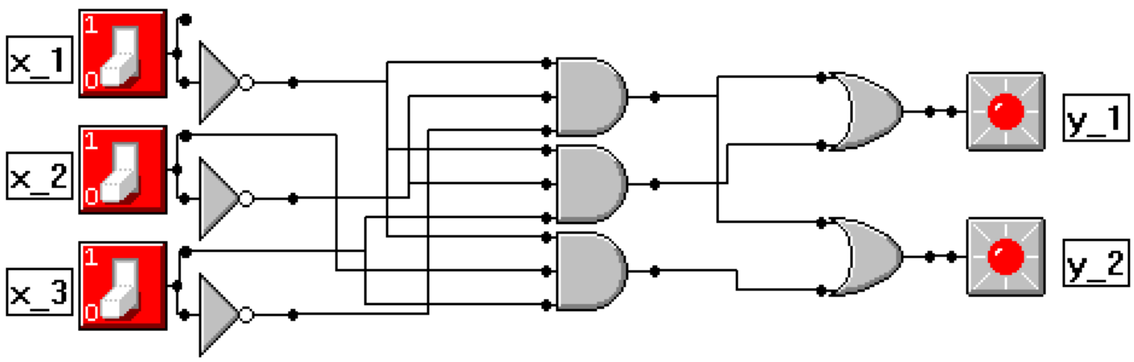
1. Wariant nieoptymalny bez minimalizacji

x_1	x_2	x_3	y_1	y_2
0	0	0	1	1
0	0	1	1	0
0	1	0	x	x
0	1	1	0	1
1	0	0	x	x
1	0	1	x	x
1	1	0	x	x
1	1	1	0	0

$$y_1 = (\overline{x_1} \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_3}) + (\overline{x_1} \cdot \overline{x_2} \cdot x_3)$$

$$y_2 = (\overline{x_1} \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_3}) + (\overline{x_1} \cdot x_2 \cdot x_3)$$

Tabela 1 - tabela prawdy opisująca działanie grzałek (y_n) w zależności od stanu czujników (x_n)



Rysunek 1 - schemat logiczny układu realizujący funkcje logiczne y_1 i y_2 bezpośrednio z tabeli prawdy

x_1	x_2	x_3	$\overline{x_1}$	$\overline{x_2}$	$\overline{x_3}$	$\overline{x_1} \cdot \overline{x_2}$	$x_2 \cdot x_3$	$\overline{x_1} \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_3}$	$\overline{x_1} \cdot \overline{x_2} \cdot x_3$	$\overline{x_1} \cdot x_2 \cdot x_3$
0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0

Tabela 2 - sprawdzenie poprawności realizacji funkcji logicznych y_1 i y_2 bezpośrednio z tabeli prawdy (część 1)

$(\overline{x_1} \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_3}) + (\overline{x_1} \cdot \overline{x_2} \cdot x_3) / y_1$	$(\overline{x_1} \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_3}) + (\overline{x_1} \cdot x_2 \cdot x_3) / y_2$
1	1
1	0
0	0
0	1
0	0
0	0
0	0
0	0

Tabela 3 - sprawdzenie poprawności realizacji funkcji logicznych y_1 i y_2 bezpośrednio z tabeli prawdy (część 2)

2. Wariant minimalny zoptymalizowany metodą Karnaugh

Tablice Karnaugh zostały wypisane na podstawie tabeli prawdy z podpunktu 1 (TABELA 1).

x_1 \ x_2x_3	**00**	**01**	**11**	**10**
0	1	1	0	x
1	x	x	0	x

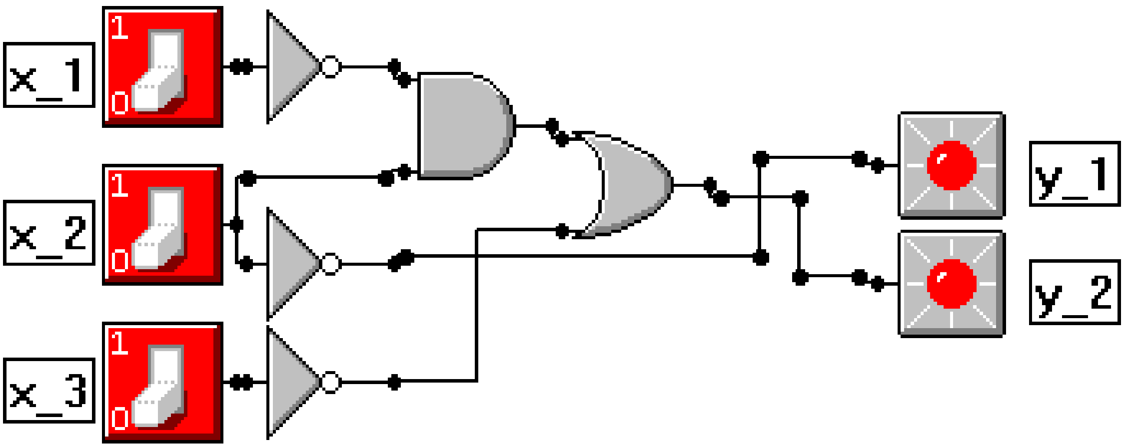
$y_1 = \overline{x_2}$

Tabela 4 - tablica Karnaugh z zaznaczonymi grupami jedynek dla funkcji y_1

x_1 \ x_2x_3	**00**	**01**	**11**	**10**
0	1	0	1	x
1	x	x	0	x

$y_2 = (\overline{x_1} \cdot x_2) + \overline{x_3}$

Tabela 5 - tablica Karnaugh z zaznaczonymi grupami jedynek dla funkcji y_2



Rysunek 2 - schemat logiczny układu realizujący funkcje logiczne y_1 i y_2 zminimalizowane za pomocą metody Karnaugh

x_1	x_2	x_3	$\overline{x_1}$	$\overline{x_2}/y_1$	$\overline{x_3}$	$\overline{x_1}\cdot x_2$	$(\overline{x_1}\cdot x_2)+\overline{x_3}/y_2$
0	0	0	1	1	1	0	1
0	0	1	1	1	0	0	0
0	1	0	1	0	1	1	1
0	1	1	1	0	0	1	1
1	0	0	0	1	1	0	1
1	0	1	0	1	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0	1
1	1	1	0	0	0	0	0

Tabela 6 - sprawdzenie poprawności realizacji funkcji logicznych y_1 i y_2 zminimalizowane za pomocą metody Karnaugh

3. Wariant minimalny zbudowany za pomocą jednego typu bramek

Do jednego typu bramek można doprowadzić za pomocą przekształceń algebraicznych.

$$y_1 = \overline{x_2} = \overline{x_2 \oplus 0}$$

$$y_2 = (\overline{x_1}\cdot x_2) + \overline{x_3} = 1 + (\overline{x_1}\cdot x_2) + \overline{x_3} = \left\{\begin{matrix} w\ tablicy\ Karnaugh\ x_1\cdot\overline{x_2} \\ opisuje\ dwa\ stany\ nieokreślone \\ więc\ x_1\cdot\overline{x_2} = 1 \end{matrix}\right\} =$$

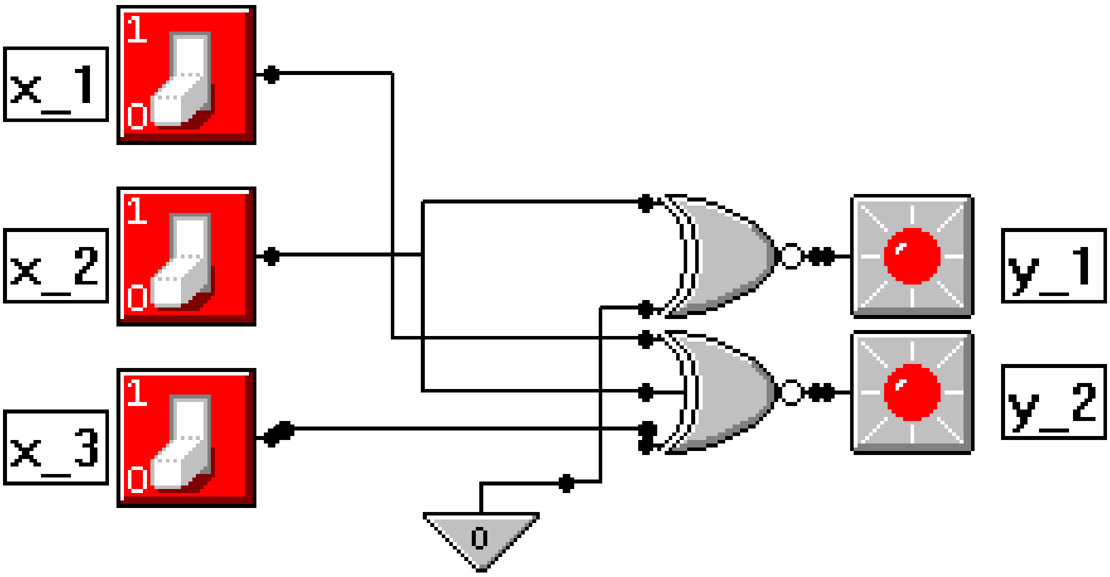
$$= (x_1\cdot\overline{x_2}) + (\overline{x_1}\cdot x_2) + \overline{x_3} = (x_1 \oplus x_2) + \overline{x_3} = \big((x_1 \oplus x_2) + \overline{x_3}\big)\cdot 1 =$$

$$= \big((x_1 \oplus x_2) + \overline{x_3}\big)\cdot\big(1 + (x_1\cdot x_2) + x_3\big) = \left\{\begin{matrix} w\ tablicy\ Karnaugh\ \overline{x_1}\cdot\overline{x_2} \\ opisuje\ 1\ i\ stan\ nieokreślony \\ więc\ \overline{x_1}\cdot\overline{x_2} = 1 \end{matrix}\right\} =$$

$$= \big((x_1 \oplus x_2) + \overline{x_3}\big)\cdot\big((\overline{x_1}\cdot\overline{x_2}) + (x_1\cdot x_2) + x_3\big) = \big((x_1 \oplus x_2) + \overline{x_3}\big)\cdot\big((\overline{x_1 \oplus x_2}) + x_3\big) =$$

$$= \big(\overline{(\overline{x_1 \oplus x_2})\cdot x_3}\big)\cdot\big((\overline{x_1 \oplus x_2}) + x_3\big) = \big(\overline{(\overline{x_1 \oplus x_2})\cdot x_3}\big)\cdot\big(\overline{(x_1 \oplus x_2)\cdot\overline{x_3}}\big) =$$

$$= \overline{\big((\overline{x_1 \oplus x_2})\cdot x_3\big) + \big((x_1 \oplus x_2)\cdot\overline{x_3}\big)} = \overline{x_1 \oplus x_2 \oplus x_3}$$



Rysunek 3 - schemat logiczny układu realizujący funkcje logiczne y_1 i y_2 za pomocą jednego rodzaju bramek

x_1	x_2	x_3	0	$x_2 \oplus 0$	$\overline{x_2 \oplus 0} / y_1$	$x_1 \oplus x_2$	$x_1 \oplus x_2 \oplus x_3$	$\overline{x_1 \oplus x_2 \oplus x_3} / y_2$
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0	1	0	1
1	0	0	0	0	1	1	1	0
1	0	1	0	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	0	0	0	1
1	1	1	0	1	0	0	1	0

Tabela 7 - sprawdzenie poprawności realizacji funkcji logicznych y_1 i y_2 za pomocą jednego rodzaju bramek

4. Wariant uwzględniający możliwość awarii czujników

Uszkodzony może być tylko jeden czujnik. Pokazuje on wtedy trwale stan **0** lub **1**. Awaria rozpoznawana jest, gdy czujnik wyższej temperatury wskazuje, że temperatura została osiągnięta, a czujnik niższej temperatury – że nie została osiągnięta. W sytuacji niejednoznacznej najważniejsze jest, aby nie przekroczyć mocy grzania odpowiadającej danej temperaturze. W przypadku awarii powinna dodatkowo zaświecić się dioda sygnalizująca ten stan ($y_3 = 1$).

x_1	x_2	x_3	y_1	y_2	y_3
0	0	0	1	1	0
0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	1
1	1	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0

Tabela 8 - tabela prawdy opisująca działanie grzałek (y_n) w zależności od stanu czujników (x_n)

x_1 \ x_2x_3	***00***	***01***	***11***	***10***
0	1	1	0	0
1	1	0	0	0

$$y_1 = (\overline{x_1} \cdot \overline{x_2}) + (\overline{x_2} \cdot \overline{x_3}) =$$

$$= (\overline{x_1 + x_2}) + (\overline{x_2 + x_3})$$

Tabela 9 - tablica Karnaugh z zaznaczonymi grupami jedynek dla funkcji y_1

x_1 \ x_2x_3	***00***	***01***	***11***	***10***
0	1	0	1	1
1	1	0	0	0

$$y_2 = (\overline{x_1} \cdot x_2) + (\overline{x_2} \cdot \overline{x_3}) =$$

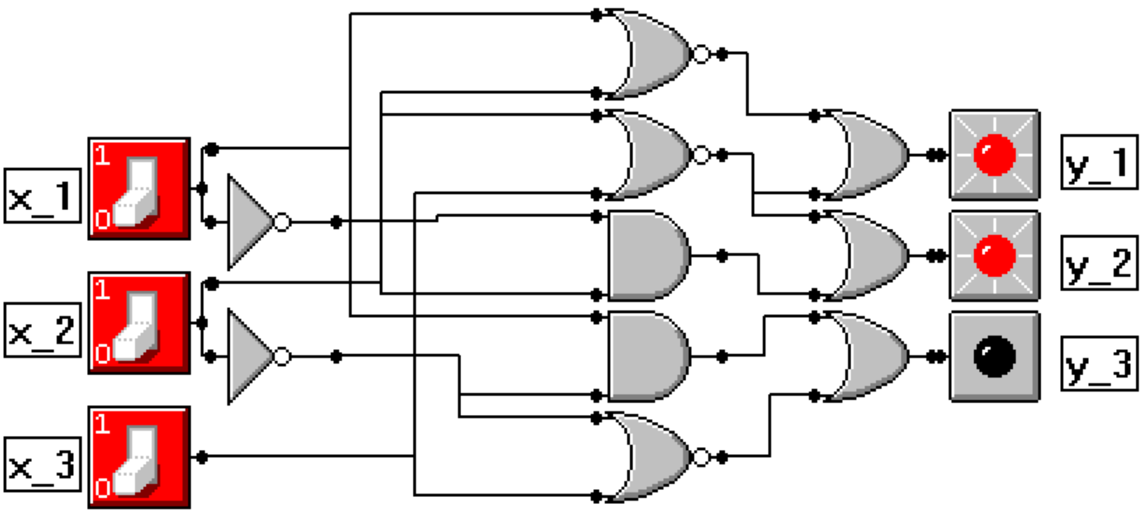
$$= (\overline{x_1} \cdot x_2) + (\overline{x_2 + x_3})$$

Tabela 10 - tablica Karnaugh z zaznaczonymi grupami jedynek dla funkcji y_2

x_1 \ x_2x_3	00	01	11	10
0	0	0	0	1
1	1	1	0	1

$$y_3 = (x_1 \cdot \overline{x_2}) + (x_2 \cdot \overline{x_3}) =$$
$$= (x_1 \cdot \overline{x_2}) + \overline{(\overline{x_2} + x_3)}$$

Tabela 11 - tablica Karnaugh z zaznaczonymi grupami jedynek dla funkcji y_3



Rysunek 4 - schemat logiczny układu realizujący funkcje logiczne y_1, y_2 i y_3

x_1	x_2	x_3	$\overline{x_1}$	$\overline{x_2}$	$x_1 + x_2$	$x_2 + x_3$	$\overline{x_1} \cdot x_2$	$x_1 \cdot \overline{x_2}$	$\overline{x_2} + x_3$	$\overline{x_1 + x_2}$	$\overline{x_2 + x_3}$
0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1
0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0
0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1
1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0

Tabela 12 - sprawdzenie poprawności realizacji funkcji logicznych y_1, y_2 i y_3 (część 1)

$\overline{\overline{x_2} + x_3}$	$\overline{(x_1 + x_2)} + \overline{(x_2 + x_3)} \,/\, y_1$	$(\overline{x_1} \cdot x_2) + \overline{(\overline{x_2} + x_3)} \,/\, y_2$	$(x_1 \cdot \overline{x_2}) + \overline{(\overline{x_2} + x_3)} \,/\, y_3$
0	1	1	0
0	1	0	0
1	0	1	1
0	0	1	0
0	1	1	1
0	0	0	1
1	0	0	1
0	0	0	0

Tabela 13 - sprawdzenie poprawności realizacji funkcji logicznych y_1, y_2 i y_3 (część 2)

Wnioski

Minimalizacja układu przy użyciu metody Karnaugh pozwala ograniczyć ilość bramek użytych w budowie układu. Dodatkowo, użycie tylko jednego typu bramek pozwala na dodatkową optymalizację, gdyż podczas fizycznej budowy układu pozwala to na wykorzystanie tylko jednego układu scalonego, posiadającego kilka sztuk jednego rodzaju bramek.

Wprowadzenie dodatkowego sygnalizatora awarii pozwala na szybkie wykrycie problemów związanych z działaniem czujników i podjęcie działań naprawczych. Ze względów bezpieczeństwa warto jest również wprowadzić zabezpieczenie polegające na minimalizowanie ryzyka niekontrolowanego wzrostu temperatury.

Układ zbudowany w ten sposób spełnia w maksymalnym możliwym stopniu wymagania dotyczące niezawodności i bezpieczeństwa.