

# **Sprawozdanie nr 4**

## **Układy Elektroniczne – Laboratoria**

### **Temat:**

#### **C-4. Logika kombinacyjna**



**WFİS AGH**

**30.05.2021**

**Łukasz Wajda**

## 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zaprojektowanie układów kombinacyjnych oraz sprawdzenie ich działania w praktyce za pomocą matrycy logicznej zasilanej napięciem pojedynczym +5[V] względem masy.

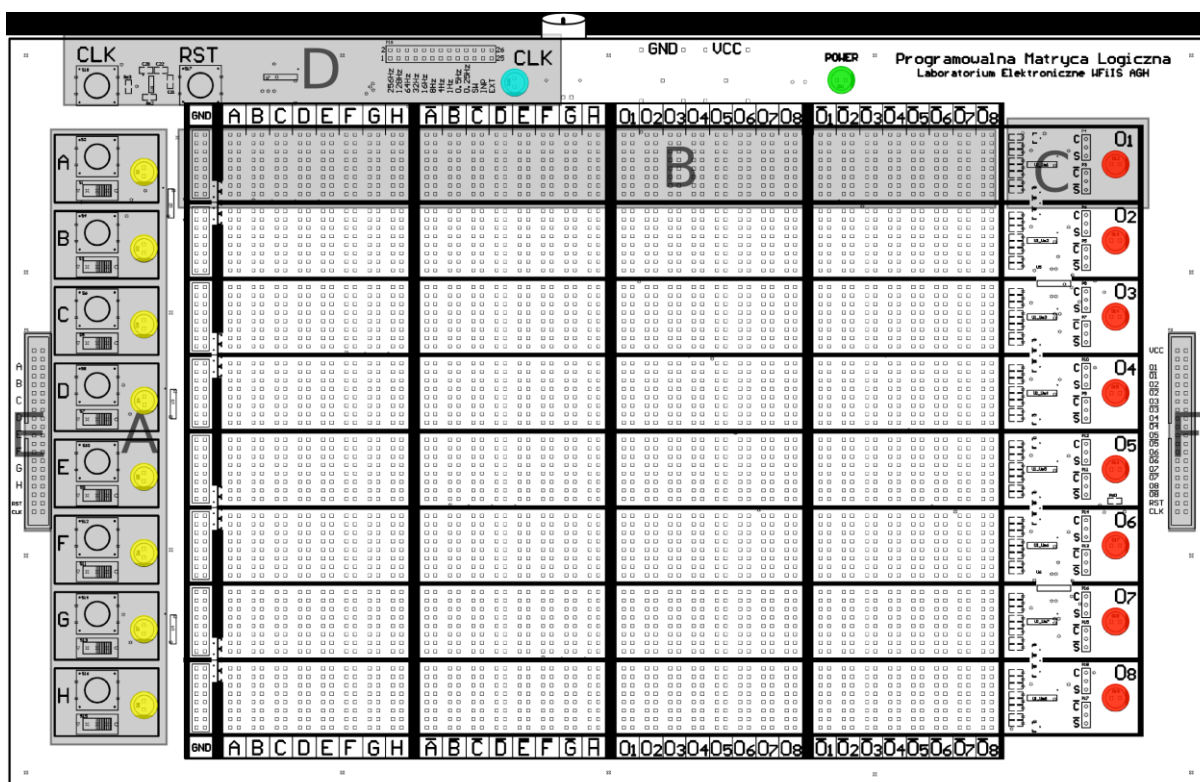
## 2. Przebieg ćwiczenia

- Zaprojektowanie w postaci sumy iloczynów następujących bramek logicznych: NOT, AND, NAND, OR, NOR, XOR, XNOR.
- Zmierzenie czasu przełączania jako zmiany stanu na wyjściu ze stanu niskiego do wysokiego i odwrotnie.
- Zbudowanie układu kombinacyjnego dekodującego liczby w kodzie binarnym na wyświetlacz 7-segmentowy prezentujący liczby w kodzie dziesiętnym.

## 3. Wyniki i opracowanie

### 3.1. Realizacja bramek logicznych

Korzystając z 7 wyjść matrycy zaprojektowano bramki logiczne: NOT, AND, NAND, OR, NOR, XOR oraz XNOR, każdą na osobnym wyjściu matrycy O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub> itd. Bramki zmontowano na matrycy logicznej, której schemat przedstawiono na poniższym rysunku.



Rys.1. Budowa programowalnej matrycy logicznej

Matryca umożliwia bezpośrednią implementację funkcji logicznych w postaci sumy iloczynów. Na każde wyjście przypada 8 bramek AND, których wyjścia są podpięte do jednej bramki OR. Każdy kolejny wiersz symbolizuje jedną bramkę AND, a jej wejścia zaznaczono zworkami w odpowiednich miejscach. Jeżeli w danym bloku logicznym któraś bramka AND powinna pozostać wyłączona należy wpiąć w tym rzędzie zworkę w kolumnie oznaczonej GND – powoduje to wyłączenie bramki AND.

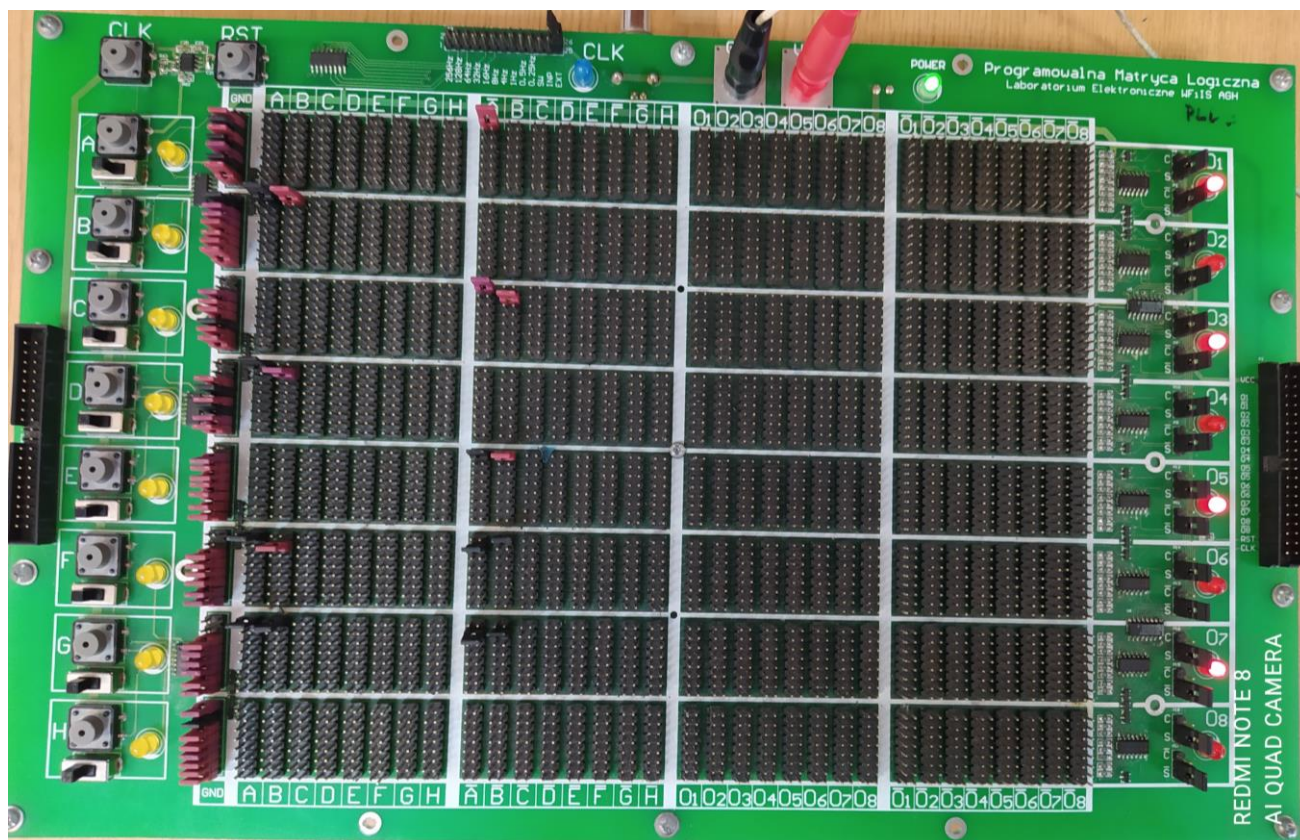
Poniżej przedstawiono schemat realizacji bramek logicznych na programowalnej matrycy logicznej. Na rysunku schematycznych kolorem niebieskim zaznaczono miejsca gdzie wpinano zworki.

Na poszczególnych wyjściach zaprojektowano odpowiednio:

- $O_1$  – NOT,
- $O_2$  – AND,
- $O_3$  – NAND,
- $O_4$  – OR,
- $O_5$  – NOR,
- $O_6$  – XOR,
- $O_7$  – XNOR.

**Tabela 1.** Tabela prawdy dla bramek logicznych

| A                | NOT           | AB | AND      | NAND                | OR          | NOR                    | XOR                       | XNOR                      |
|------------------|---------------|----|----------|---------------------|-------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0                | 1             | 00 | 0        | 1                   | 0           | 1                      | 0                         | 1                         |
| 1                | 0             | 01 | 0        | 1                   | 1           | 0                      | 1                         | 0                         |
|                  | $Y = \bar{A}$ | 10 | 0        | 1                   | 1           | 0                      | 1                         | 0                         |
|                  |               | 11 | 1        | 0                   | 1           | 0                      | 0                         | 1                         |
| Funkcja logiczna |               |    | $Y = AB$ | $Y = \overline{AB}$ | $Y = A + B$ | $Y = \overline{A + B}$ | $Y = A\bar{B} + \bar{A}B$ | $Y = AB + \bar{A}\bar{B}$ |



**Rys.2a)** Programowalna matryca logiczna z przedstawieniem implementacji bramek logicznych

|   | GND | A | B | C | D | E | F | G | H | $\bar{A}$ | $\bar{B}$ | $\bar{C}$ | $\bar{D}$ | $\bar{E}$ | $\bar{F}$ | $\bar{G}$ | $\bar{H}$ | O <sub>1</sub> | O <sub>2</sub> | O <sub>3</sub> | O <sub>4</sub> | O <sub>5</sub> | O <sub>6</sub> | O <sub>7</sub> | O <sub>8</sub> | $\bar{O}_1$ | $\bar{O}_2$ | $\bar{O}_3$ | $\bar{O}_4$ | $\bar{O}_5$ | $\bar{O}_6$ | $\bar{O}_7$ | $\bar{O}_8$ |  |  |
|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|--|
| A |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |                |                |                |                |                |                |                |                |             |             |             |             |             |             |             |             |  | Bramka NOT<br>$Y_1 = \bar{A}$              |
| B |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |                |                |                |                |                |                |                |                |             |             |             |             |             |             |             |             |  | Bramka AND<br>$Y_2 = AB$                   |
| C |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |                |                |                |                |                |                |                |                |             |             |             |             |             |             |             |             |  | Bramka NAND<br>$Y_3 = \bar{A} + \bar{B}$   |
| D |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |                |                |                |                |                |                |                |                |             |             |             |             |             |             |             |             |  | Bramka OR<br>$Y_4 = A+B$                   |
| E |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |                |                |                |                |                |                |                |                |             |             |             |             |             |             |             |             |  | Bramka NOR<br>$Y_5 = \bar{A}\bar{B}$       |
| F |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |                |                |                |                |                |                |                |                |             |             |             |             |             |             |             |             |  | Bramka XOR<br>$Y_6 = A\bar{B} + \bar{A}B$  |
| G |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |                |                |                |                |                |                |                |                |             |             |             |             |             |             |             |             |  | Bramka XNOR<br>$Y_7 = AB + \bar{A}\bar{B}$ |
| H |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |                |                |                |                |                |                |                |                |             |             |             |             |             |             |             |             |  |  |

**Rys.2b)** Rysunek schematyczny programowalnej matrycy logicznej z przedstawieniem bramek logicznych



Po zaprojektowaniu bramek wszystkie zostały przetestowane i wyjścia były zgodne z Tabelą 1 co wskazuje na poprawność wykonanego ćwiczenia.

### 3.2. Pomiar czasu propagacji

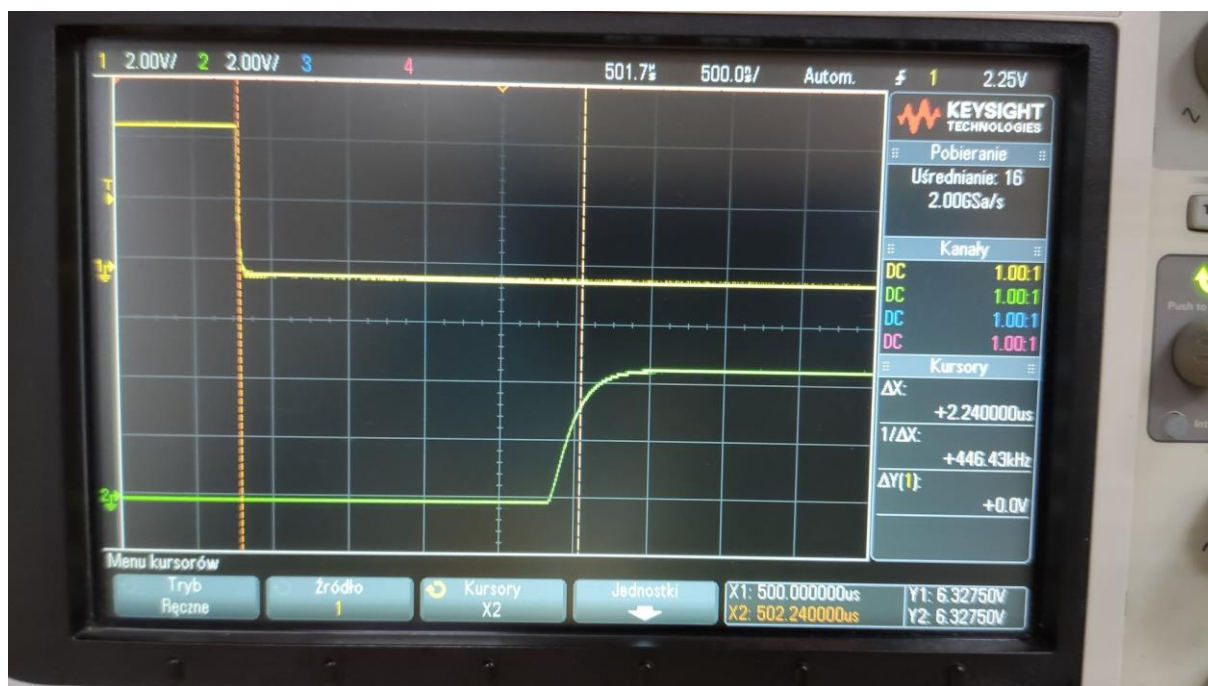
Na wejście bramki NOT podano sygnał prostokątny o niskim poziomie – *Low level* = 0[V] i wysokim – *High level* = 5[V] a następnie zmierzono czasy przełączania ze stanu niskiego do wysokiego  $T_{LH}$  oraz wysokiego do niskiego  $T_{HL}$ .



Rys.3. Parametry ustawione na generatorze



Rys.4. Opadanie sygnału



Rys.5. Narastanie sygnału

Z ekranu oscyloskopu odczytano następujące wartości:

$$t_{pLH} = 2,24[\mu s]$$

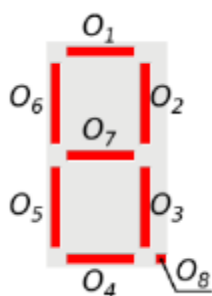
$$t_{pHL} = 370[ns] = 0,37[\mu s].$$

Jak widać, wartości te dość znacznie się od siebie różnią. Powodem tego jest budowa użytej rzeczywistej bramki. Taka sytuacja jest też związana z efektem hazardu, czyli zjawiskiem występującym w układach cyfrowych, spowodowanym niezerowym czasem propagacji. Skutkuje to chwilowym błędnym wynikiem na wyjściu, np. na Rys. 5 sygnał wejściowy (żółty) ma wartość 0, a sygnał wyjściowy (zielony) początkowo także ma wartość 0 (błędne wyjście dla bramki NOT), ale po czasie  $t_{pLH}$  wyjście jest już poprawne.

### 3.3. Dekoder kodu binarnego na wyświetlacz 7-segmentowy

W kolejnym etapie zajęć laboratoryjnych zbudowano układ kombinacyjny, który miał za zadanie dekodować liczby z kodu binarnego na wyświetlane na 7-segmentowym wyświetlaczu liczby w kodzie dziesiętnym. Użyto wejść A-D matrycy jako 4 bitów liczby binarnej oraz wyjść  $O_1 - O_8$  jako sygnałów sterujących poszczególnymi segmentami wyświetlacza. Należało ponadto tak zaprojektować układ, aby dla wartości na wejściu 10-15 (binarnie 1010-1111) wyświetlacz pokazywał tylko "-" symbolizując przekroczenie zakresu. Natomiast dla wartości wejściowych poniżej 10 kropka na wyświetlaczu świeci się dla liczb nieparzystych.

Na początku zaprojektowano tabelę stanów (Tabela 2), gdzie dla każdego z 16 stanów słowa wejściowego DCBA przypisano jednoznaczną wartość wszystkich 8 wyjść dekodera związanych z wyświetlaczem.



**Rys.6.** Wyjścia wyświetlacza

**Tabela 2.** Tabela prawdy (stanów)

|    | D | C | B | A |  | O <sub>1</sub> | O <sub>2</sub> | O <sub>3</sub> | O <sub>4</sub> | O <sub>5</sub> | O <sub>6</sub> | O <sub>7</sub> | O <sub>8</sub> |
|----|---|---|---|---|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |  | 1              | 1              | 1              | 1              | 1              | 1              | 0              | 0              |
| 1  | 0 | 0 | 0 | 1 |  | 0              | 1              | 1              | 0              | 0              | 0              | 0              | 1              |
| 2  | 0 | 0 | 1 | 0 |  | 1              | 1              | 0              | 1              | 1              | 0              | 1              | 0              |
| 3  | 0 | 0 | 1 | 1 |  | 1              | 1              | 1              | 1              | 0              | 0              | 1              | 1              |
| 4  | 0 | 1 | 0 | 0 |  | 0              | 1              | 1              | 0              | 0              | 1              | 1              | 0              |
| 5  | 0 | 1 | 0 | 1 |  | 1              | 0              | 1              | 1              | 0              | 1              | 1              | 1              |
| 6  | 0 | 1 | 1 | 0 |  | 1              | 0              | 1              | 1              | 1              | 1              | 1              | 0              |
| 7  | 0 | 1 | 1 | 1 |  | 1              | 1              | 1              | 0              | 0              | 0              | 0              | 1              |
| 8  | 1 | 0 | 0 | 0 |  | 1              | 1              | 1              | 1              | 1              | 1              | 1              | 0              |
| 9  | 1 | 0 | 0 | 1 |  | 1              | 1              | 1              | 1              | 0              | 1              | 1              | 1              |
| 10 | 1 | 0 | 1 | 0 |  | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              |
| 11 | 1 | 0 | 1 | 1 |  | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              |
| 12 | 1 | 1 | 0 | 0 |  | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              |
| 13 | 1 | 1 | 0 | 1 |  | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 0 |  | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              |

Następnie dokonano minimalizacji funkcji logicznych dla każdego z wyjść  $O_1 - O_8$  wykorzystując metodą tablic Karnaugh'a.

**I.** Tablica Karnaugh'a i funkcja logiczna dla  $O_1$

| DC/BA | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------|----|----|----|----|
| 00    | 1  | 0  | 1  | 1  |
| 01    | 0  | 1  | 1  | 1  |
| 11    | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 10    | 1  | 1  | 0  | 0  |

Zatem  $O_1 = \bar{C}\bar{B}\bar{A} + D\bar{C}\bar{B} + \bar{D}CA + \bar{D}B$ .

**II.** Tablica Karnaugh'a i funkcja logiczna dla  $O_2$

| DC/BA | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------|----|----|----|----|
| 00    | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 01    | 1  | 0  | 1  | 0  |
| 11    | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 10    | 1  | 1  | 0  | 0  |

Zatem  $O_2 = \bar{C}\bar{B} + \bar{D}\bar{B}\bar{A} + \bar{D}BA + \bar{D}\bar{C}$ .

**III.** Tablica Karnaugh'a i funkcja logiczna dla  $O_3$

| DC/BA | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------|----|----|----|----|
| 00    | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 01    | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 11    | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 10    | 1  | 1  | 0  | 0  |

Zatem  $O_3 = \bar{C}\bar{B} + \bar{D}A + \bar{D}C$ .

**IV.** Tablica Karnaugh'a i funkcja logiczna dla  $O_4$

| DC/BA | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------|----|----|----|----|
| 00    | 1  | 0  | 1  | 1  |
| 01    | 0  | 1  | 0  | 1  |
| 11    | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 10    | 1  | 1  | 0  | 0  |

Zatem  $O_4 = \bar{C}\bar{B}\bar{A} + \bar{C}D\bar{B} + \bar{D}\bar{C}B + \bar{D}B\bar{A} + C\bar{D}\bar{B}A$ .



**V.** Tablica Karnaugh'a i funkcja logiczna dla  $O_5$

| DC/BA | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------|----|----|----|----|
| 00    | 1  | 0  | 0  | 1  |
| 01    | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 11    | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 10    | 1  | 0  | 0  | 0  |

Zatem  $O_5 = \bar{C}\bar{B}\bar{A} + \bar{D}B\bar{A}$ .

**VI.** Tablica Karnaugh'a i funkcja logiczna dla  $O_6$

| DC/BA | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------|----|----|----|----|
| 00    | 1  | 0  | 0  | 0  |
| 01    | 1  | 1  | 0  | 1  |
| 11    | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 10    | 1  | 1  | 0  | 0  |

Zatem  $O_6 = \bar{C}\bar{B}\bar{A} + \bar{D}C\bar{A} + D\bar{C}\bar{B} + \bar{D}C\bar{B}$ .

**VII.** Tablica Karnaugh'a i funkcja logiczna dla  $O_7$

| DC/BA | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------|----|----|----|----|
| 00    | 0  | 0  | 1  | 1  |
| 01    | 1  | 1  | 0  | 1  |
| 11    | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 10    | 1  | 1  | 1  | 1  |

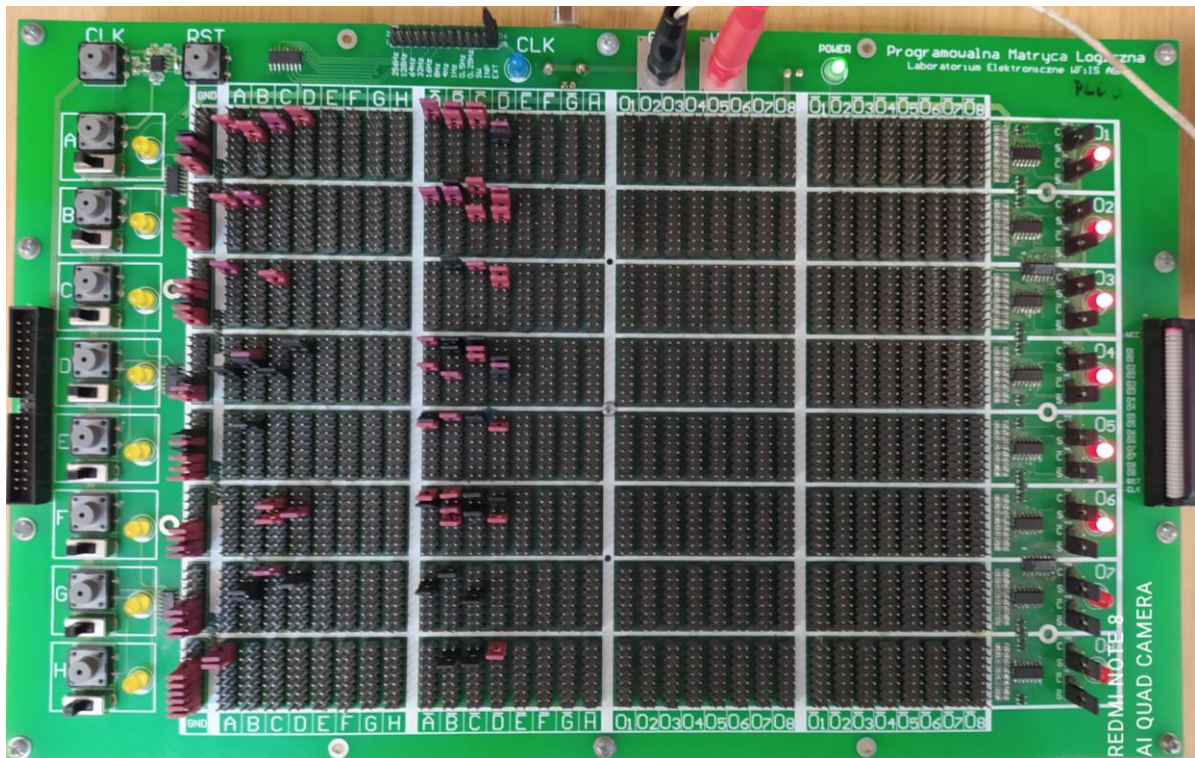
Zatem  $O_7 = C\bar{B} + D + B\bar{A} + \bar{C}B$ .

**VIII.** Tablica Karnaugh'a i funkcja logiczna dla  $O_8$

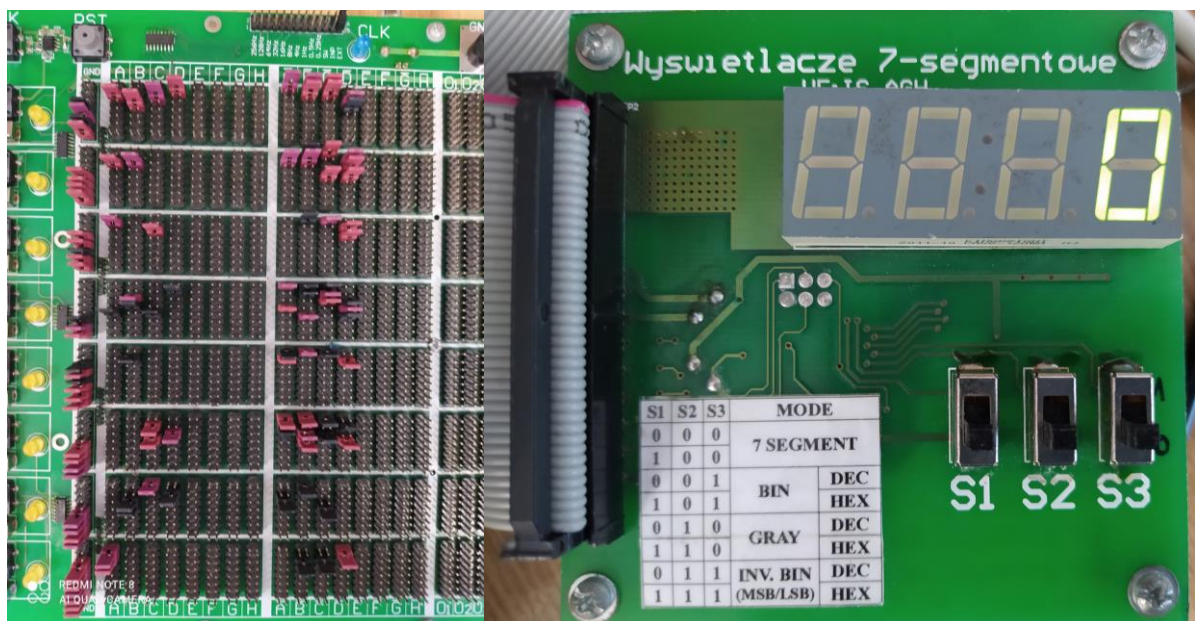
| DC/BA | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------|----|----|----|----|
| 00    | 0  | 1  | 1  | 0  |
| 01    | 0  | 1  | 1  | 0  |
| 11    | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 10    | 0  | 1  | 0  | 0  |

Zatem  $O_8 = \bar{D}A + \bar{C}\bar{B}A$ .

Powyższe funkcje logiczne zrealizowano również na matrycy co widać na poniższych rysunkach.

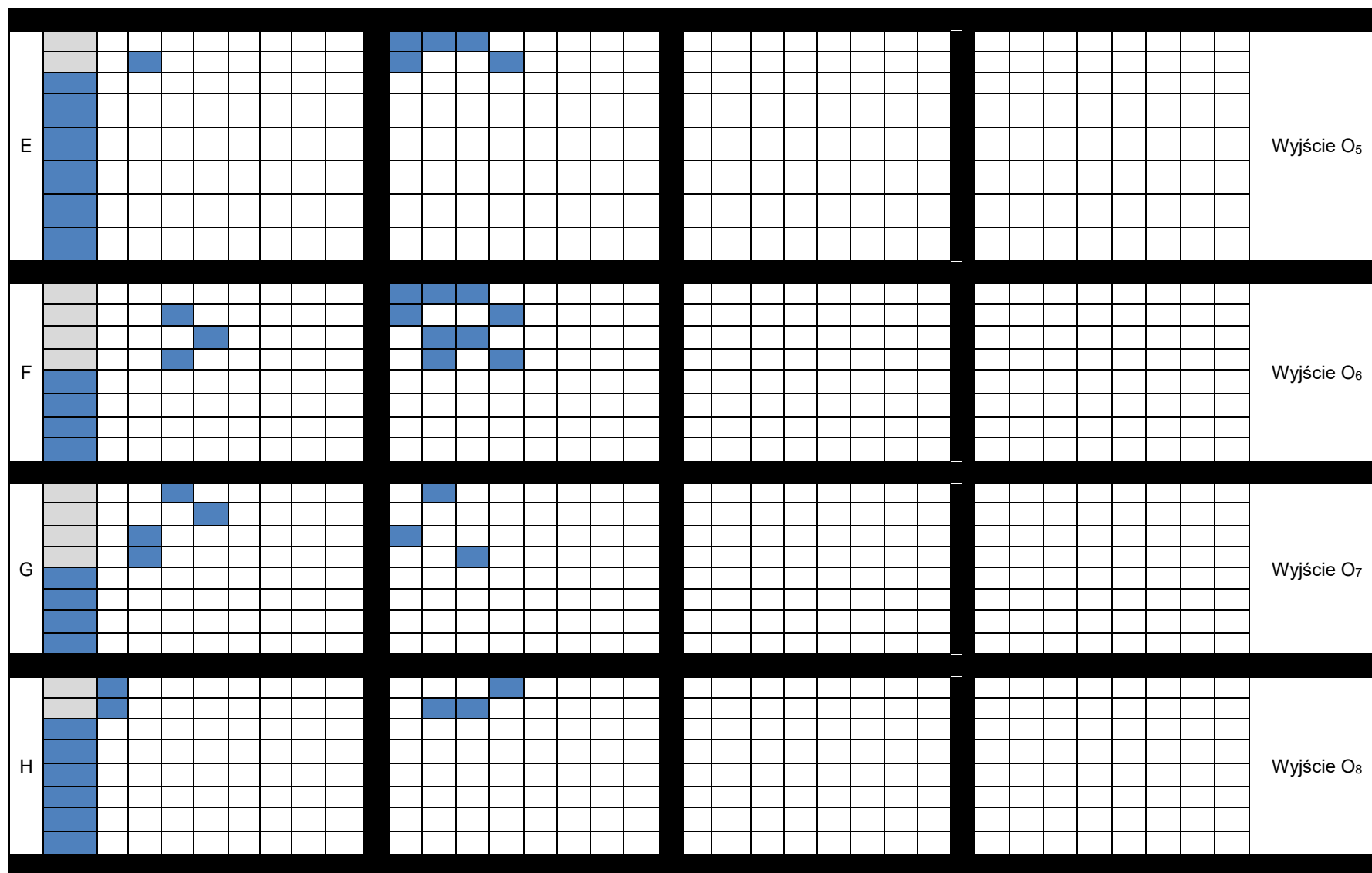


Rys.7a) Programowalna matryca logiczna z wpiętymi zworkami dla wyświetlacza 7-segmentowego



Rys.7b) Test dla wartości  $0000_B = 0_D$

|   | GND | A | B | C | D | E | F | G | H | $\bar{A}$ | $\bar{B}$ | $\bar{C}$ | $\bar{D}$ | $\bar{E}$ | $\bar{F}$ | $\bar{G}$ | $\bar{H}$ | O1 | O2 | O3 | O4 | O5 | O6 | O7 | O8 | $\overline{O_1}$ | $\overline{O_2}$ | $\overline{O_3}$ | $\overline{O_4}$ | $\overline{O_5}$ | $\overline{O_6}$ | $\overline{O_7}$ | $\overline{O_8}$ |  |                        |
|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|------------------------|
| A |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  | Wyjście O <sub>1</sub> |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
| B |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  | Wyjście O <sub>2</sub> |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
| C |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  | Wyjście O <sub>3</sub> |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
| D |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  | Wyjście O <sub>4</sub> |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |
|   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |           |           |           |           |           |           |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |                        |



**Rys.7c)** Rysunek schematyczny programowalnej matrycy logicznej z połączeniem zworek dla wyświetlacza 7-segmentowego

Wszystkie znaki wyświetlały się poprawnie, co świadczy o poprawnym wyznaczeniu funkcji logicznych oraz prawidłowym umiejscowieniu zwerek na programowalnej matrycy logicznej. Ćwiczenie zostało wykonane poprawnie.