

Akademia ETI edycja 2019

Programowalne układy cyfrowe FPGA

Autorzy:

- Maciej Brzeski
- Jakub Gierowski
- Mikołaj Barcikowski
- Jan Olencki

Opiekun:

- dr hab. inż. Bogdan Pankiewicz,
prof. nadzwyczajny PG



Plan wykładu

1. Czym jest sygnał cyfrowy?

- Jak wygląda sygnał cyfrowy?
- Sygnał cyfrowy w układach synchronicznych

2. Algebra Boole'a w elektronice cyfrowej

3. Wybrane układy cyfrowe

- Układy kombinacyjne – bramka NOT, AND i OR
- Układy sekwencyjne – przerzutnik RS i JK

4. System binarny i jego zastosowanie w technice cyfrowej

- Podstawowe informacje o systemie binarnym
- Układ licznika modulo n

5. Elementarne informacje o układach FPGA

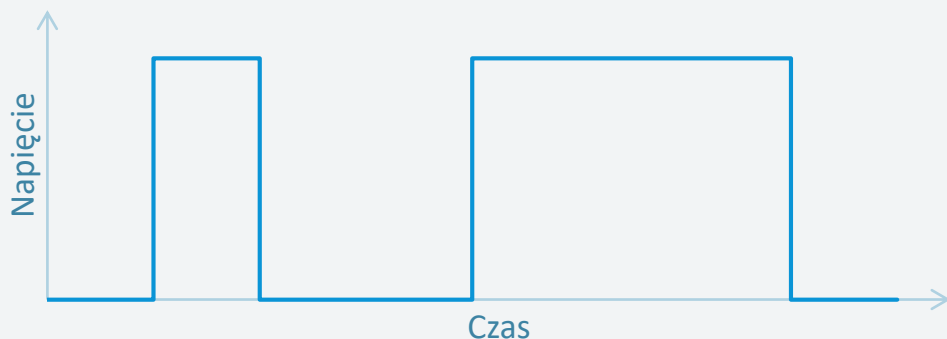
- Czym są układy FPGA?
- Kluczowe informacje o budowie układów FPGA
- Wykorzystanie schematu do opisu układów cyfrowych

Czym jest sygnał cyfrowy? – *Jak wygląda sygnał cyfrowy?*

Sygnał to funkcja czasu przenosząca informację. Sygnał cyfrowy przyjmuje tylko skończoną liczbę wartości (dyskretna przeciwdziedzina).

W elektronice cyfrowej sygnały są binarne (przyjmują dwie wartości) oraz najczęściej są reprezentowane przez napięcie zmieniające się w czasie.

Przykładowy sygnał cyfrowy

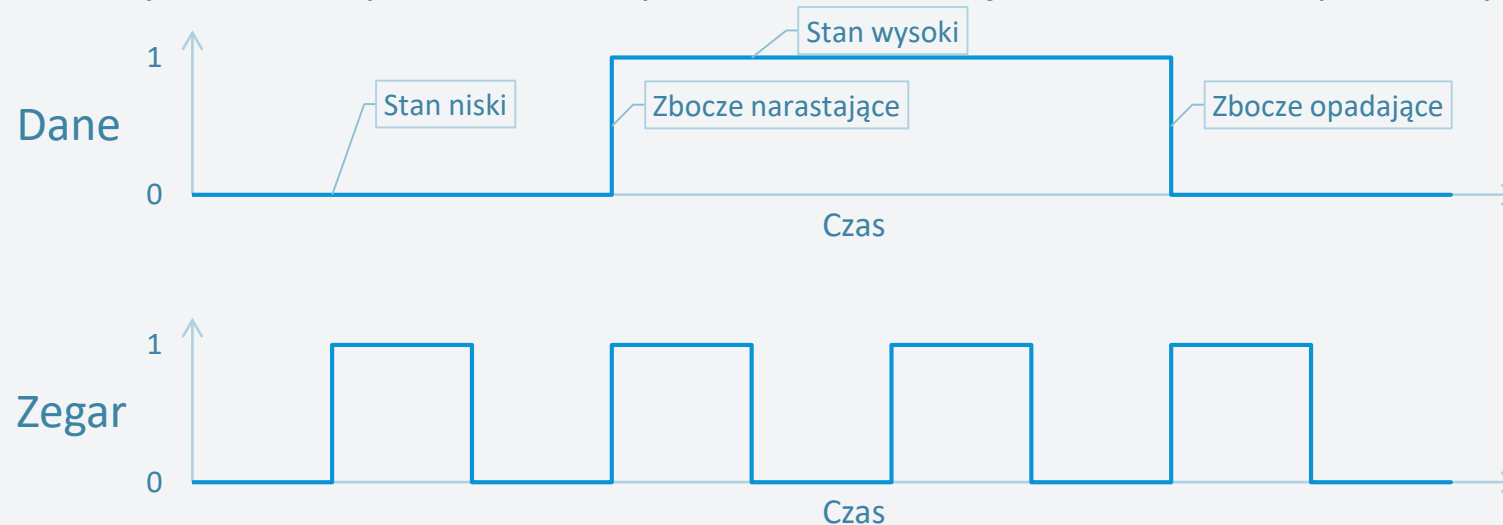


Czym jest sygnał cyfrowy? – *Sygnał cyfrowy w układach synchronicznych*

Stan wysoki – 1 – jedynka – prawda

Stan niski – 0 – zero – fałsz

Układ synchroniczny to taki w którym stan zmienia się w momentach wyznaczanych przez sygnał zegara.



Algebra Boole'a w elektronice cyfrowej

Iloczyn logiczny – $a \cdot b$

$$a \cdot a = a$$

$$a \cdot 0 = 0$$

$$a \cdot 1 = a$$

Suma logiczna – $a + b$

$$a + a = a$$

$$a + 0 = a$$

$$a + 1 = 1$$

Negacja – \bar{a}

$$\overline{\bar{a}} = a$$

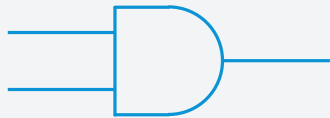
a	b	$a \cdot b$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

a	b	$a + b$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

a	\bar{a}
0	1
1	0

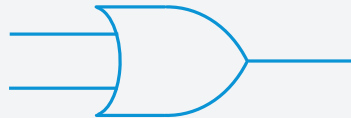
Wybrane układy cyfrowe – *Układy kombinacyjne – bramka NOT, AND i OR*

Bramka AND – Iloczyn logiczny



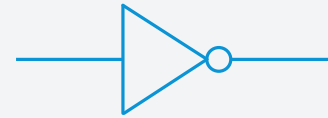
a	b	$a \cdot b$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Bramka OR – Suma logiczna



a	b	$a + b$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

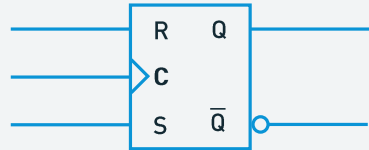
Bramka NOT – Negacja



a	\bar{a}
0	1
1	0

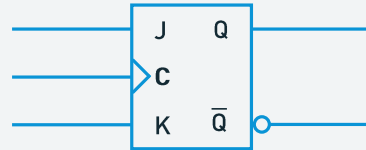
Wybrane układy cyfrowe – *Układy sekwencyjne – przerzutnik RS i JK*

Przerzutnik RS



R	S	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	1
1	0	0
1	1	—

Przerzutnik JK



J	K	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_n}$

System binarny i jego zastosowanie w technice cyfrowej –

Podstawowe informacje o systemie binarnym

Najbardziej popularnym systemem pozycyjnym jest system dziesiętny wykorzystujący do zapisu liczb cyfry od 0 do 9. W elektronice szeroko stosowany jest system dwójkowy (binarny) wykorzystujący dwie cyfry 0 i 1, które odpowiadają stanowi wysokiemu i niskiemu w sygnale cyfrowym.

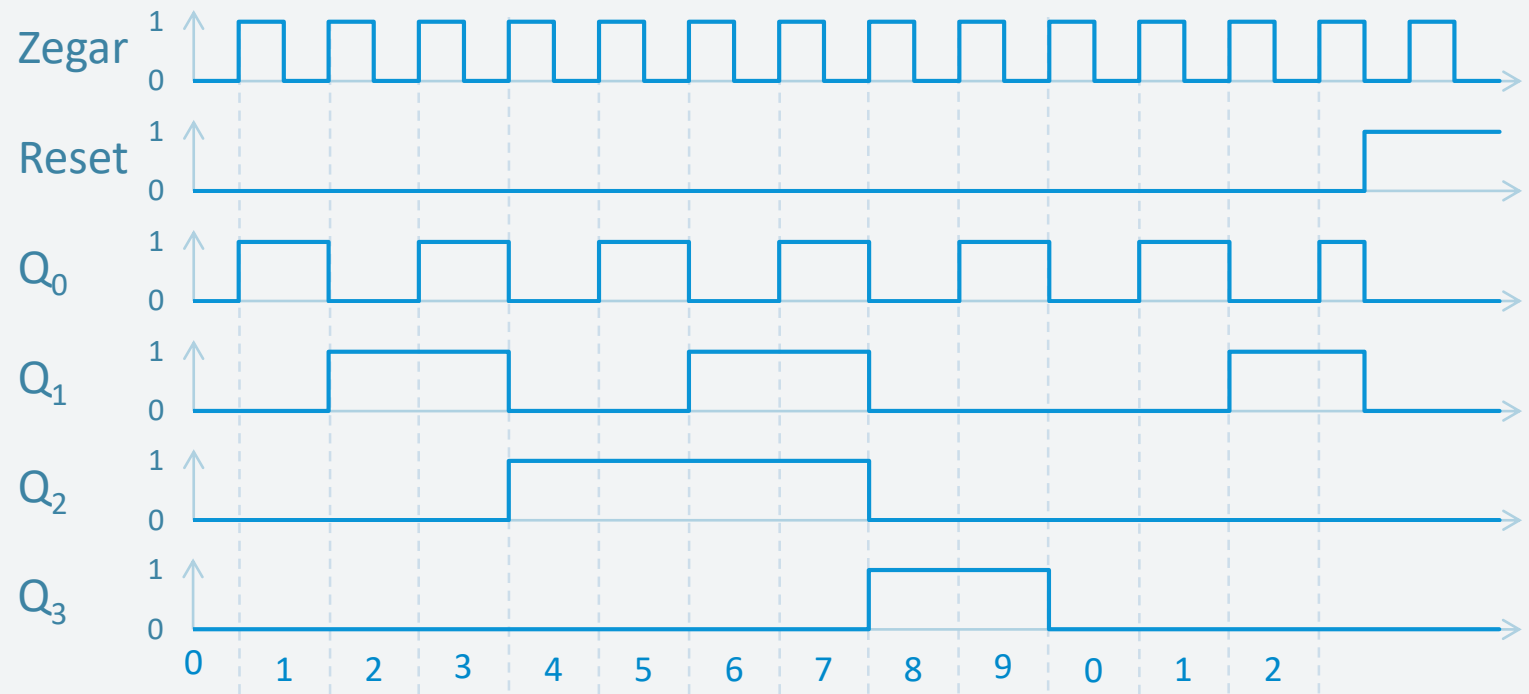
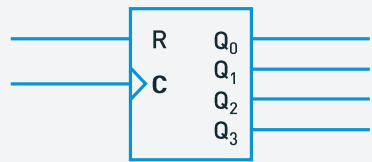
$$183_{10} = 1 \cdot 10^2 + 8 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0 = 100 + 80 + 3$$

$$\begin{aligned} 10110111_2 &= 1 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = \\ &= 128 + 0 + 32 + 16 + 0 + 4 + 2 + 1 = 183_{10} \end{aligned}$$

System binarny i jego zastosowanie w technice cyfrowej

– Układ licznika modulo n

Licznik modulo 10



Elementarne informacje o układach FPGA – *Czym są układy FPGA?*

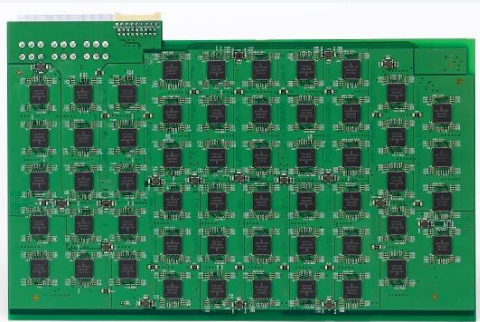
Układy FPGA to programowalne układy logiczne pozwalające na tworzenie dowolnego układu cyfrowego (synchronicznego). Składają się z od tysięcy do nawet kilku milionów programowalnych bloków logicznych. Są wykorzystywane w prototypowaniu układów scalonych (szczególnie wyspecjalizowanych – ASIC) oraz wszędzie tam gdzie potrzebna jest duża wydajność lub energooszczędność przy przetwarzaniu równoległym.

Przy projektowaniu układu cyfrowego z wykorzystaniem układu FPGA wykorzystujemy języki opisu sprzętu (HDL), takie jak VHDL lub Verilog. Można również tworzyć schematy, jednakże jest to skrajnie nieefektywne.

Elementarne informacje o układach FPGA – *Czym są układy FPGA? – Porównanie na podstawie kopania bitcoinów*

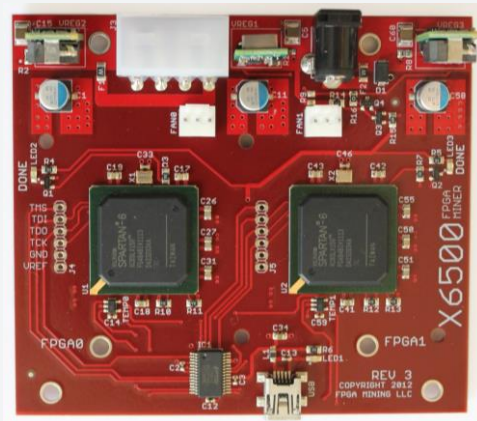
ASIC – Bitmain BM1385

$$38750 \frac{\text{MHash}}{\text{s}} \text{ przy } 10,2 \text{ W}$$
$$3802 \frac{\text{MHash}}{\text{J}}$$



FPGA – Xilinx Spartan-6 LX150

$$200 \frac{\text{MHash}}{\text{s}} \text{ przy } 8,6 \text{ W}$$
$$23,25 \frac{\text{MHash}}{\text{J}}$$



GPU – Nvidia GeForce GTX460

$$158 \frac{\text{MHash}}{\text{s}} \text{ przy } 240 \text{ W}$$
$$0,658 \frac{\text{MHash}}{\text{J}}$$



CPU – Intel Core i7 2600

$$23,9 \frac{\text{MHash}}{\text{s}} \text{ przy } 95 \text{ W}$$
$$0,25 \frac{\text{MHash}}{\text{J}}$$

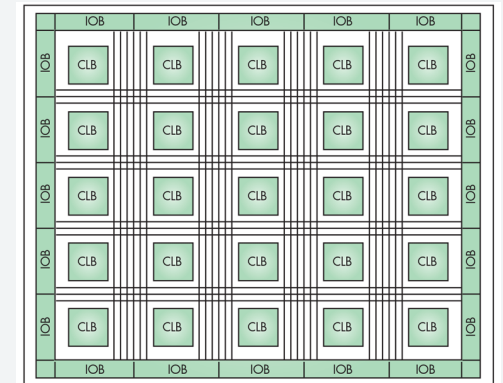


Elementarne informacje o układach FPGA – *Kluczowe informacje o budowie układów FPGA*

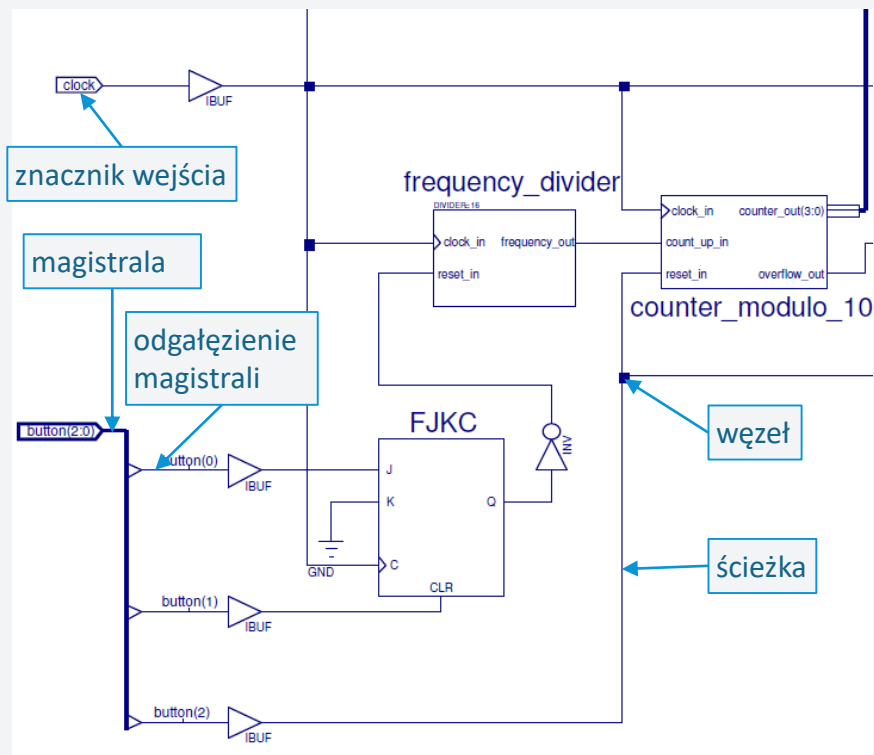
Układy FPGA zbudowane są z:

- konfigurowalnych bloków logicznych (CLB) zawierających zazwyczaj m. in. przerzutnik D oraz układ kombinacyjny realizujący dowolną funkcję logiczną,
- bloków wejść/wyjść (IOB)
- ścieżek oraz połączeń pomiędzy nimi pozwalających na łączenie bloków
- dodatkowych bloków pamięci, mnożenia, operacji zmiennoprzecinkowych itp.

Wejścia zegarowe przerzutników D w CLB są podłączone do sieci dystrybucji sygnału zegarowego. Ilość ścieżek w sieci dystrybucji sygnału zegarowego jest ograniczona i stosunkowo mała, co wymusza wykorzystanie małej ilości różnych sygnałów zegarowych.



Elementarne informacje o układach FPGA – *Wykorzystanie schematu do opisu układów cyfrowych*



Akademia ETI edycja 2019

Programowalne układy cyfrowe FPGA

Autorzy:

- Maciej Brzeski
- Jakub Gierowski
- Mikołaj Barcikowski
- Jan Olencki

Opiekun:

- dr hab. inż. Bogdan Pankiewicz,
prof. nadzwyczajny PG

