

Akademia ETI edycja 2019

Programowalne układy cyfrowe FPGA

Autorzy:

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



Opiekun koła:

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

Plan wykładu

1. Czym jest sygnał cyfrowy?
2. Algebra Boole'a w elektronice cyfrowej
3. Wybrane układy cyfrowe
4. System binarny i jego zastosowanie w technice cyfrowej
5. Elementarne informacje o układach FPGA

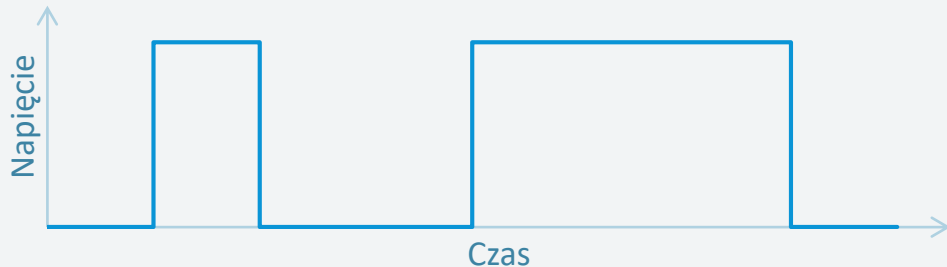
Czym jest sygnał cyfrowy?

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



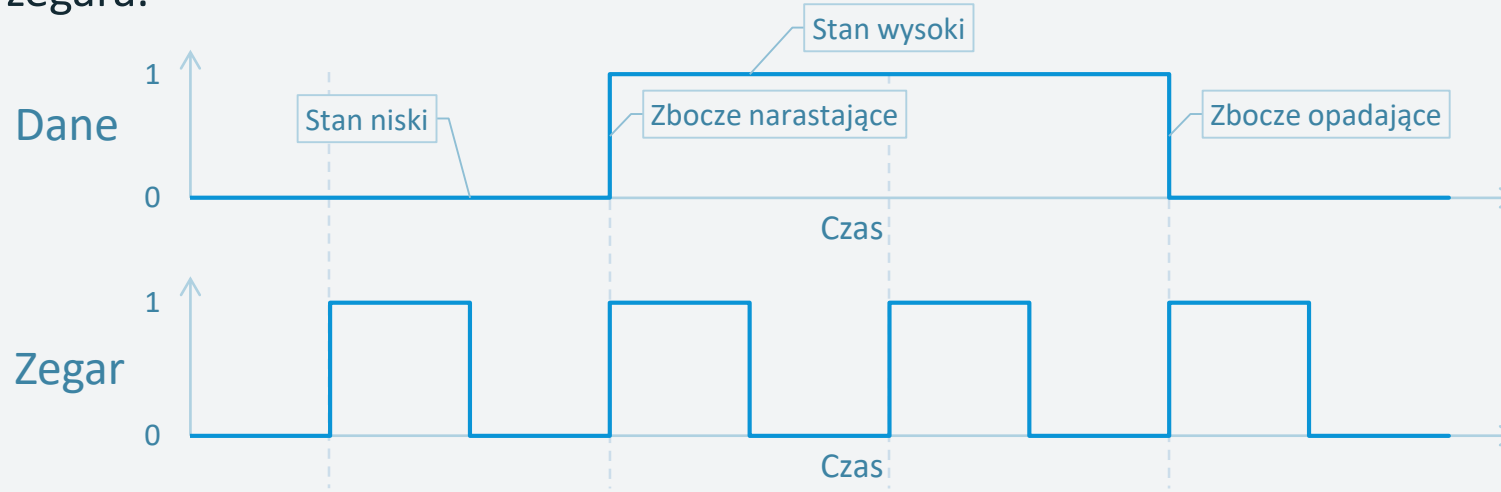
Czym jest sygnał cyfrowy?

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 – $a \cdot b$

$$a \cdot a = a$$

$$a \cdot 0 = 0$$

$$a \cdot 1 = a$$

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

Suma logiczna – $a + b$

$$a + a = a$$

$$a + 0 = a$$

$$a + 1 = 1$$

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

Negacja – \bar{a}

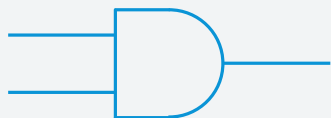
$$\overline{\bar{a}} = a$$

a	\bar{a}
0	1
1	0

Wybrane układy cyfrowe

Układy kombinacyjne – bramka AND, OR i NOT

Bramka AND – Iloczyn logiczny



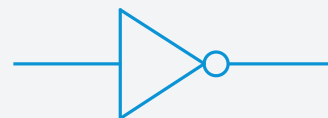
a	b	$a \cdot b$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Bramka OR – Suma logiczna



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

Bramka NOT – Negacja

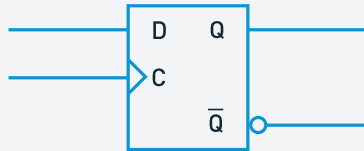


a	\bar{a}
0	1
1	0

Wybrane układy cyfrowe

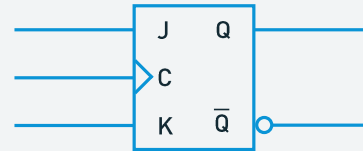
Układy sekwencyjne – przerzutnik RS i JK

Przerzutnik D



D	Q_{n+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 niskiemu i wysokiemu w sygnale cyfrowym.

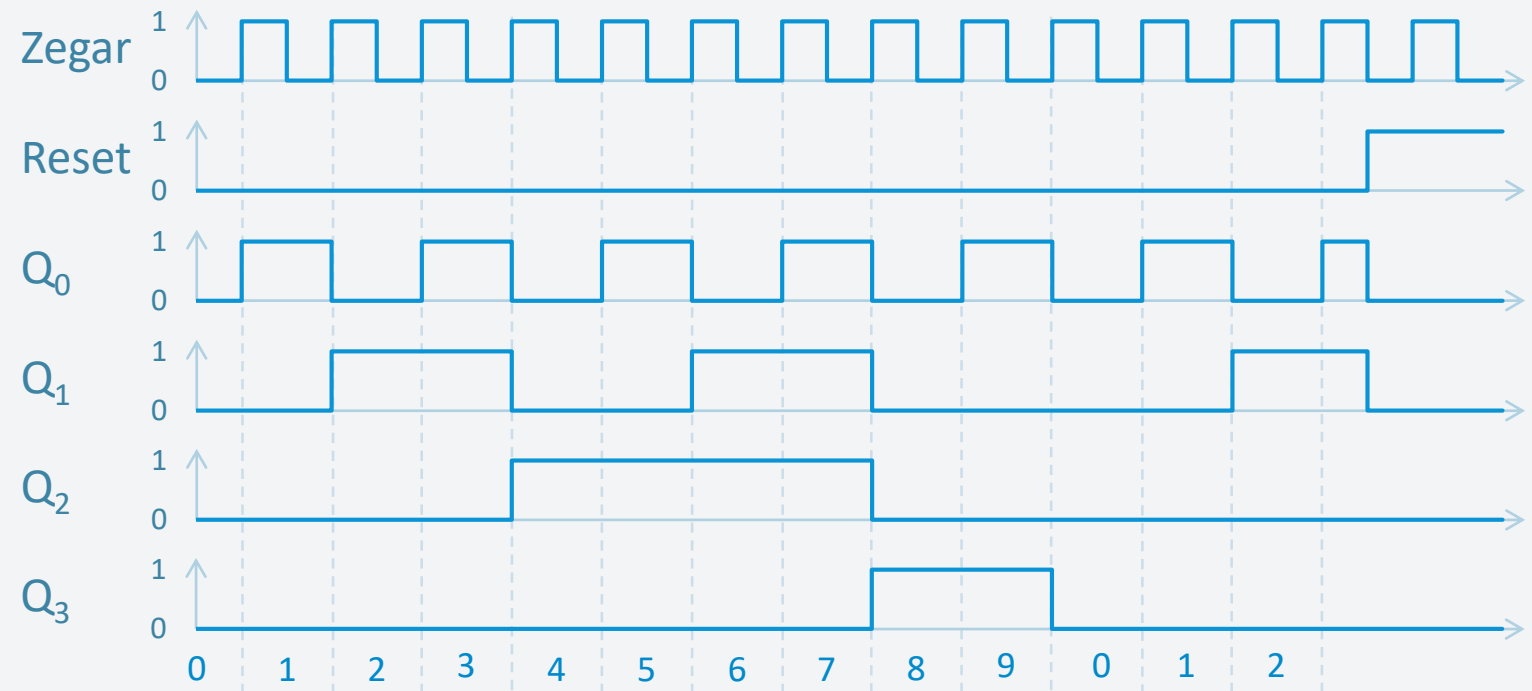
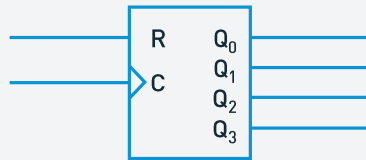
$$183_{10} = 1 \cdot 10^2 + 8 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0 = 100 + 80 + 3$$

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

System binarny i jego zastosowanie w technice cyfrowej

Układ licznika modulo n – na przykładzie modulo 10

Licznik modulo 10



Elementarne informacje o układach FPGA

Czym są układy FPGA?

- programowalnymi układami logicznymi pozwalającymi na tworzenie dowolnego układu cyfrowego (synchronicznego)
- złożonym z programowalnych bloków logicznych w ilości do nawet kilku milionów
- wykorzystywanym w prototypowaniu układów scalonych oraz wszędzie tam gdzie potrzeba dużej wydajności lub energooszczędności przy przetwarzaniu równoległym
- przy projektowaniu ich wykorzystywane są języki opisu sprzętu (HDL) takie jak VHDL lub Verilog

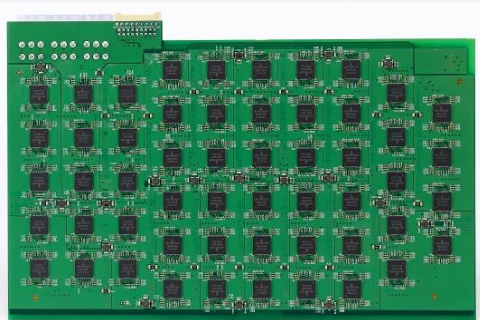
Elementarne informacje o układach FPGA

Porównanie na podstawie kopania bitcoinów

ASIC – Bitmain BM1385

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

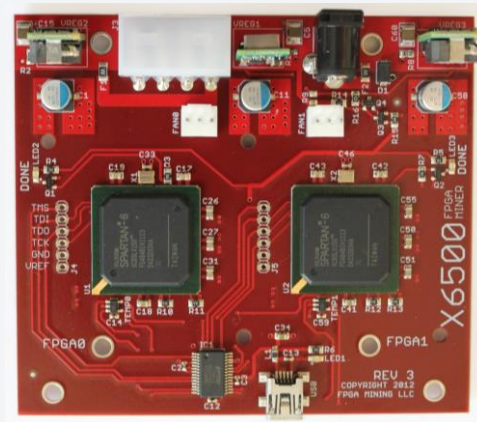
$$3802 \frac{\text{MHash}}{\text{J}}$$



FPGA – Xilinx Spartan-6 LX150

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

$$23,25 \frac{\text{MHash}}{\text{J}}$$



GPU – Nvidia GeForce GTX460

$158 \frac{\text{MHash}}{\text{s}}$ przy 240 W

$$0,658 \frac{\text{MHash}}{\text{J}}$$



CPU – Intel Core i7 2600

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

$$0,25 \frac{\text{MHash}}{\text{J}}$$

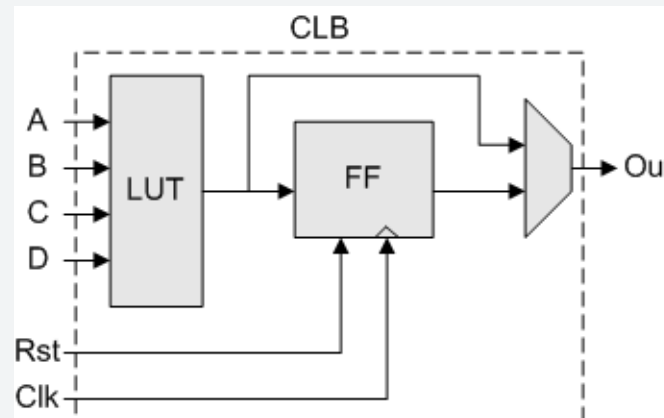
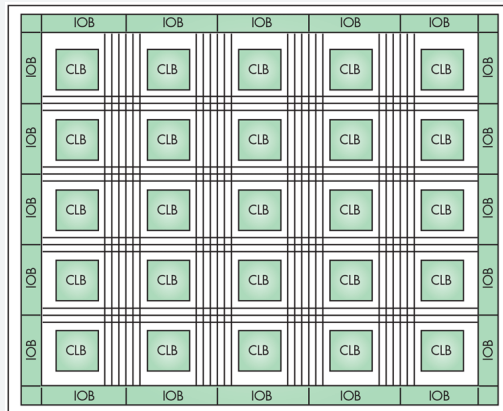


Elementarne informacje o układach FPGA

Kluczowe informacje o budowie układów FPGA

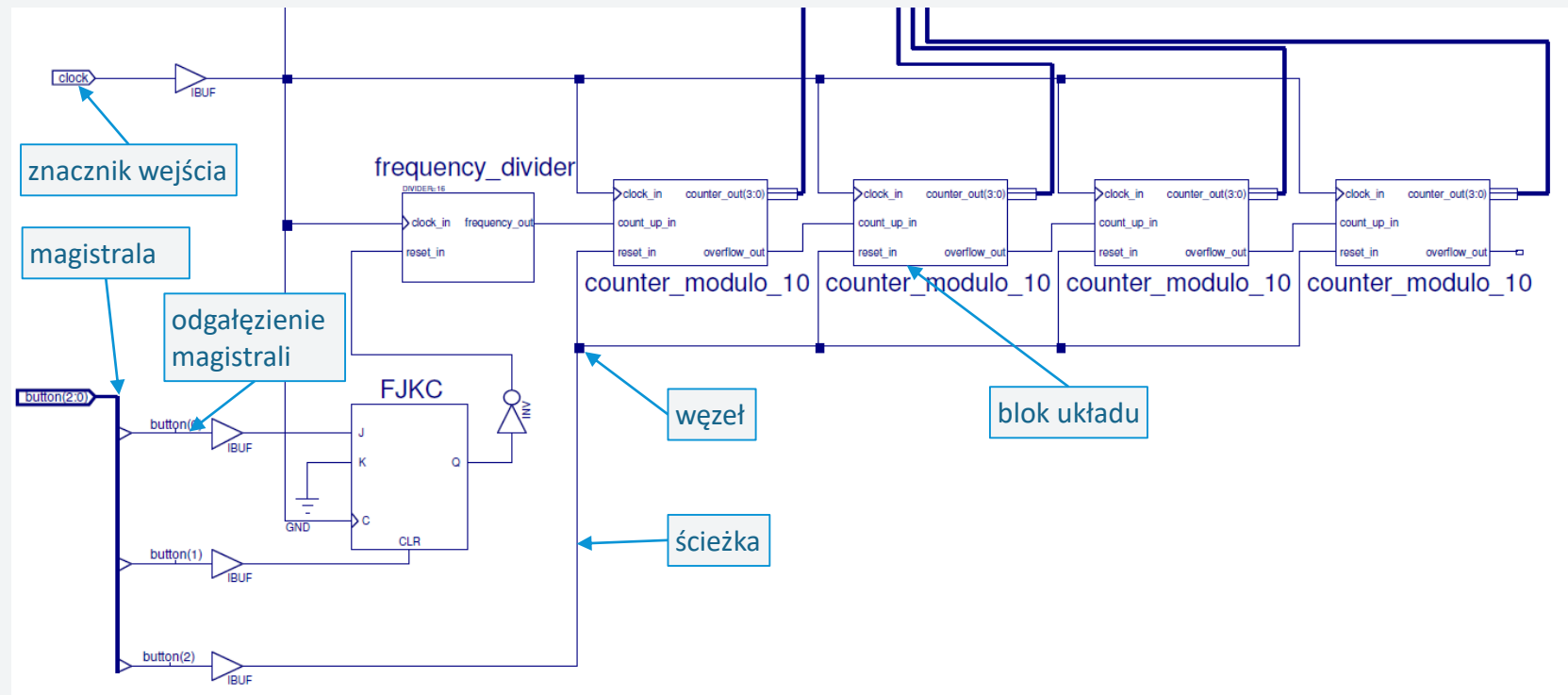
Układy FPGA zbudowane są z:

- konfigurowalnych bloków logicznych (CLB)
- bloków wejść/wyjść (IOB)
- ścieżek oraz połączeń pomiędzy nimi pozwalających na łączenie bloków
- dodatkowych bloków pamięci, mnożenia, operacji zmiennoprzecinkowych itp.



Elementarne informacje o układach FPGA

Wykorzystanie schematu do opisu układów cyfrowych



Dziękuję za uwagę!

Część laboratoryjna Akademii ETI odbywa się w budynku Nowego ETI w sali EA 337.