

# 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?

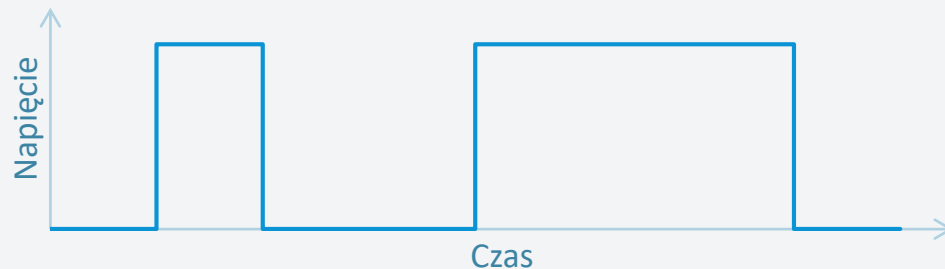
---

## 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



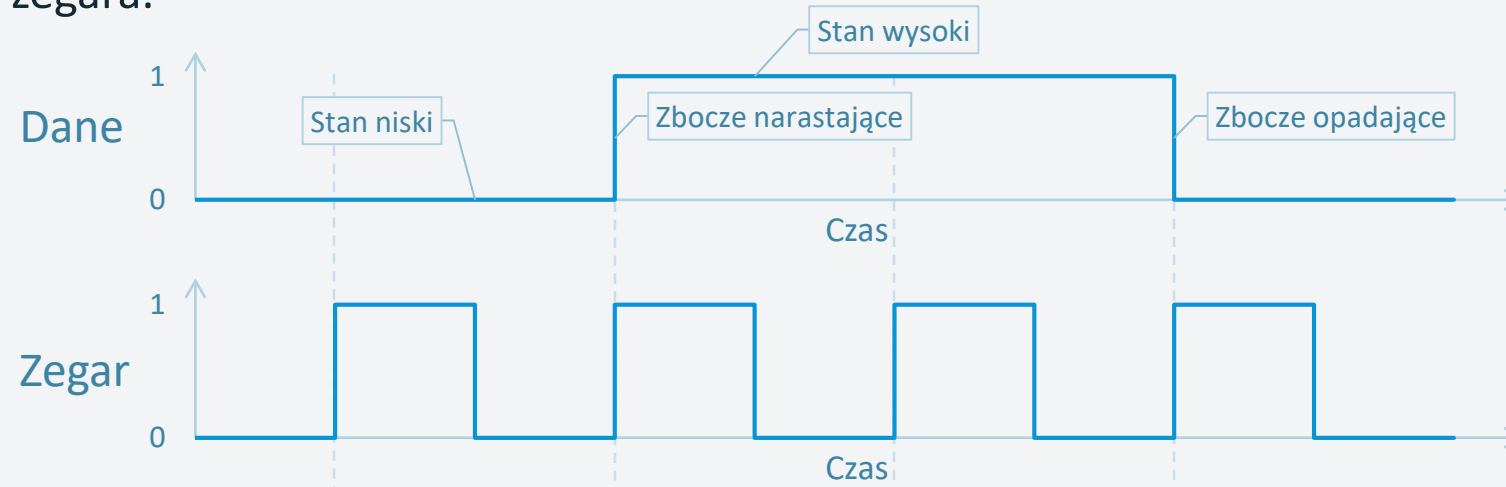
# Czym jest sygnał cyfrowy?

## 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 –  $\bar{a}$

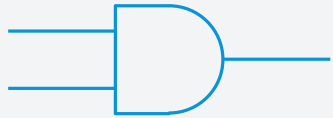
$$\overline{\bar{a}} = a$$

$a$	$\bar{a}$
0	1
1	0

# Wybrane układy cyfrowe

## Układy kombinacyjne – bramka AND, OR i NOT

Bramka AND – Iloczyn logiczny



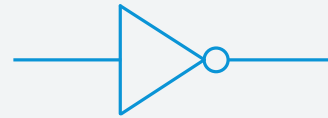
$a$	$b$	$a \cdot b$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Bramka OR – Suma logiczna



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

Bramka NOT – Negacja

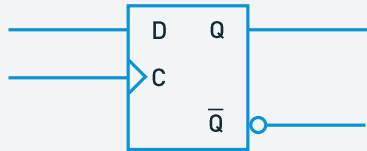


$a$	$\bar{a}$
0	1
1	0

# Wybrane układy cyfrowe

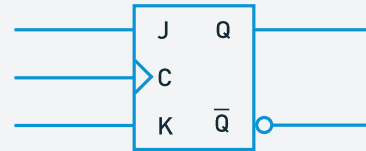
## Układy sekwencyjne – przerzutnik RS i JK

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.

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

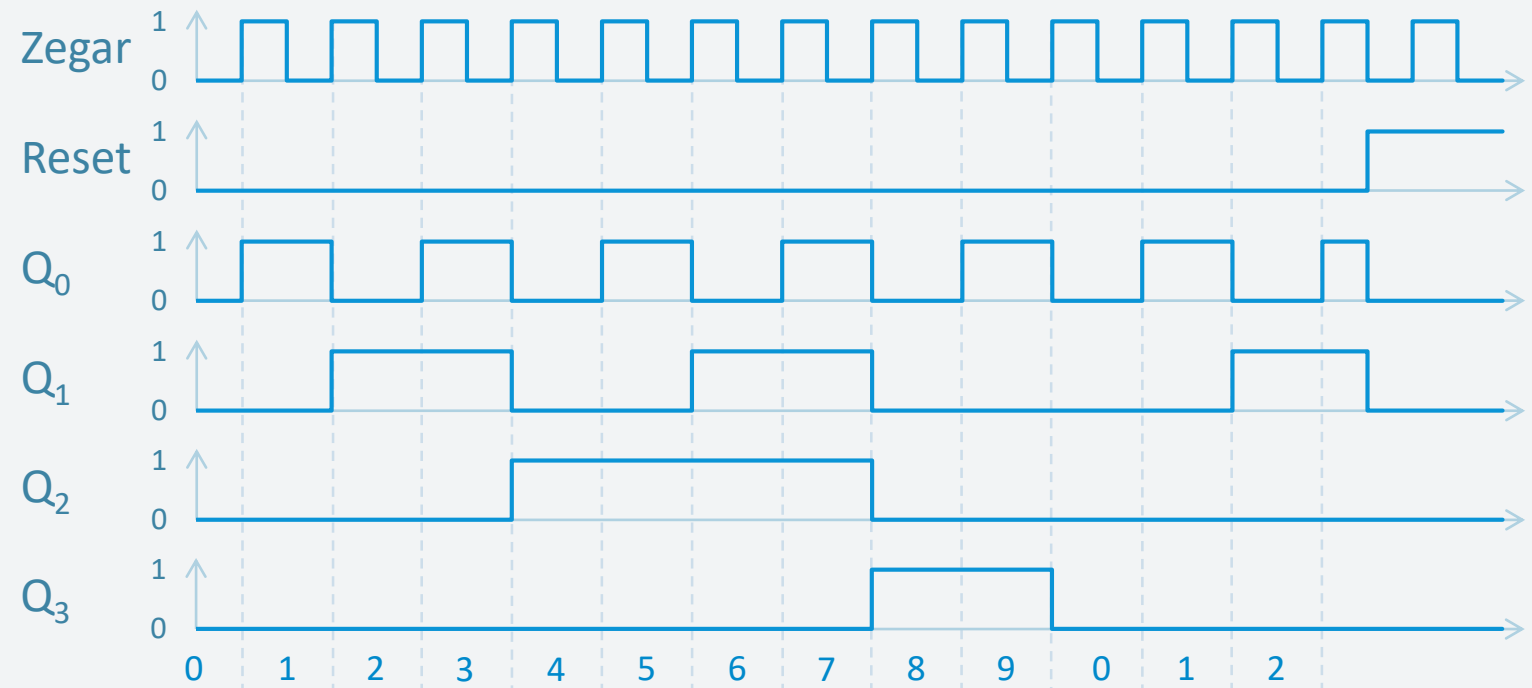
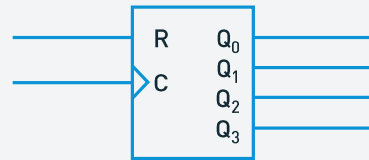
$$\begin{aligned} 10110111_2 &= 1 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = \\ &= 128 + 0 + 32 + 16 + 0 + 4 + 2 + 1 = 183_{10} \end{aligned}$$



# 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

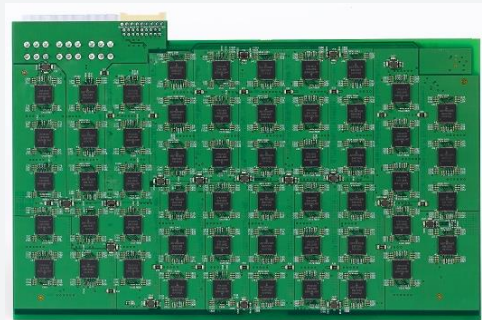
# Elementarne informacje o układach FPGA

## Porównanie na podstawie kopania bitcoinów

### ASIC – Bitmain BM1385

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

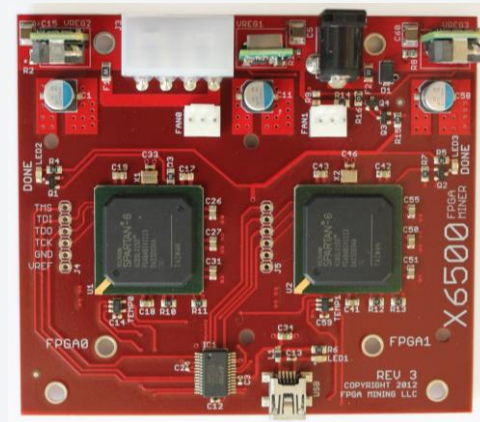
$$3802 \frac{\text{MHash}}{\text{J}}$$



### FPGA – Xilinx Spartan-6 LX150

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

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



### GPU – Nvidia GeForce GTX460

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

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



### CPU – Intel Core i7 2600

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

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

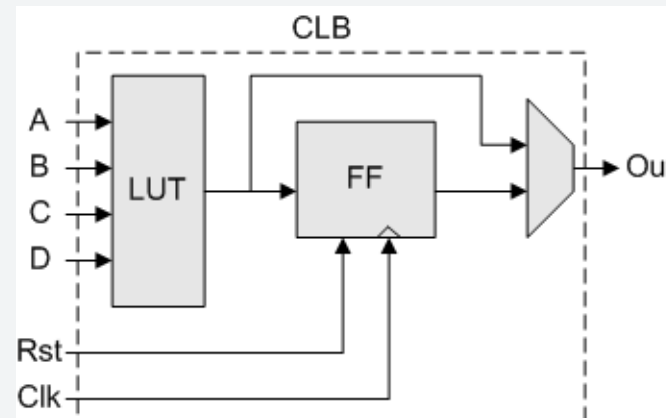
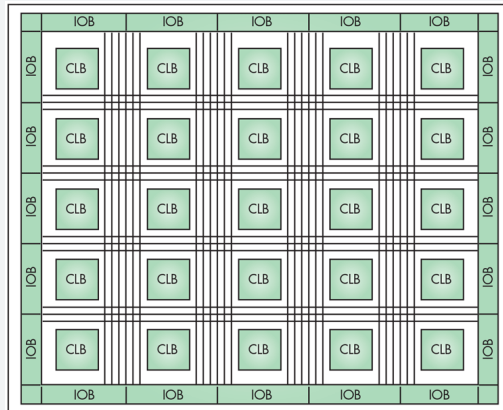


# Elementarne informacje o układach FPGA

## Kluczowe informacje o budowie układów FPGA

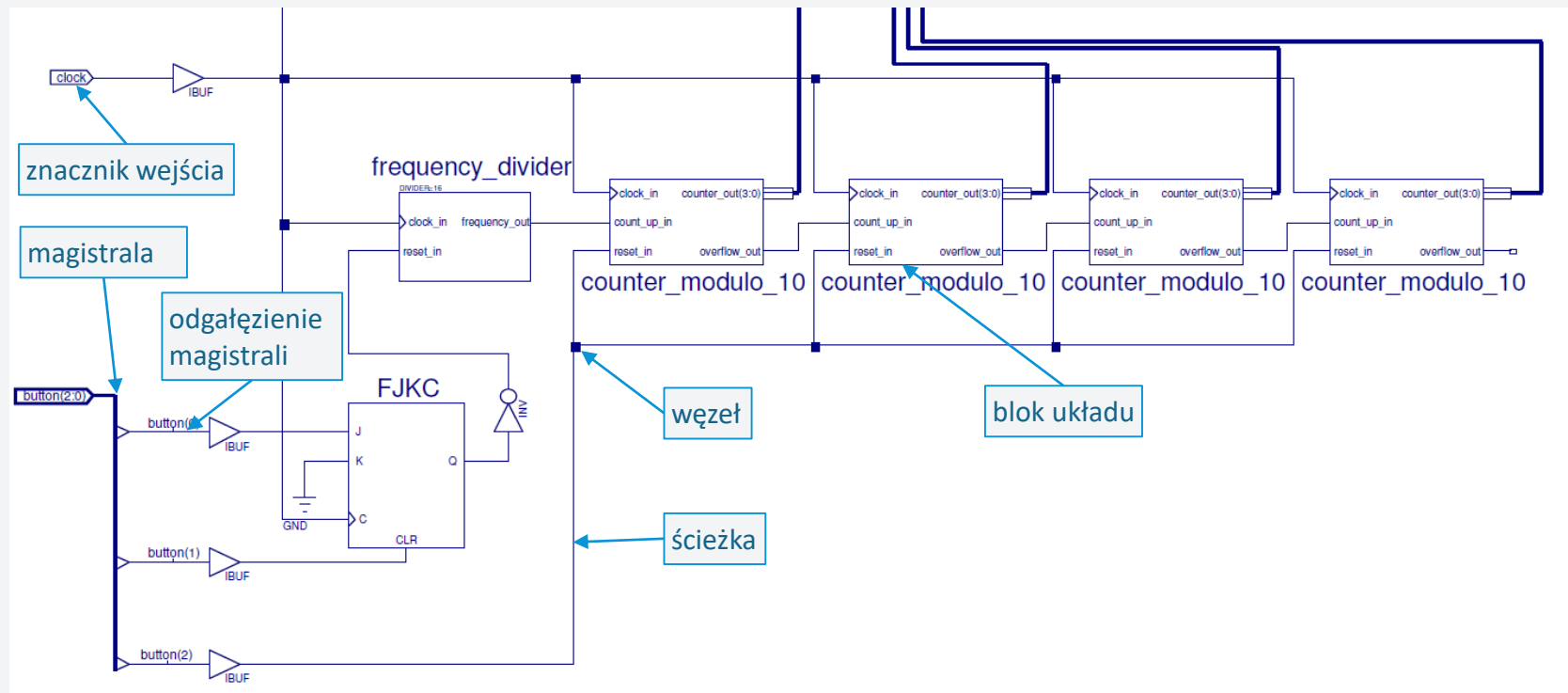
Układy FPGA zbudowane są z:

- konfigurowalnych bloków logicznych (CLB)
- 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 **starego ETI** w sali **EA 337**.