

# Pierwsze kroki z FPGA (10)

## Miernik odległości z GP2Y0A60SZLF

W artykule przedstawiamy implementację w FPGA miernika optycznego, który jest przeznaczony do mierzenia odległości w zakresie od 10 do 150 cm. Funkcję sensora odległości spełnia moduł nadawczo-odbiorczy IR firmy Sharp GP2Y0A60SZLF, w torze pomiarowym pracuje przetwornik A/C wbudowany w FPGA MAX10.

Ideę działania układu przedstawiono na schemacie blokowym na **rysunku 1**. Optyczny czujnik odległości jest zintegrowany z nadajnikiem i odbiornikiem podczerwieni, a efektem działania tego podzespołu jest analogowe napięcie na wyjściu, którego wartość określa odległość obiektu (z dokładnością do 1 cm). Napięcie zmienia się nieliniowo, kształt krzywej konwersji pokazano na **rysunku 2**. Napięcie z wyjścia czujnika jest podawane na wejście przetwornika ADC zintegrowanego w układzie FPGA MAX10, następnie jest konwertowane do postaci wygodnej do wyświetlenia na wyświetlaczu LED.

Ponieważ w projekcie są wykorzystywane wyświetlacze LED, konieczne jest dołączenie do płyty bazowej zestawu Maximator ekspander (wchodzi w skład zestawu) oraz dołączenia czujnika odległości. Jak widać z **rysunku 2**, przy zasilaniu napięciem 3,3 V zakres napięć wyjściowych mieści się w przedziale od  $-0,3\text{ V}$  do  $V_{dd} + 0,3\text{ V}$ , co jest korzystne, gdyż przetwornik analogowo-cyfrowy użytego układu MAX10 może mierzyć napięcia z zakresu od 0 V do 2,5 V. Sposób dołączenia czujnika odległości do Maximatora pokazano na **rysunku 3**.

### Więcej informacji:

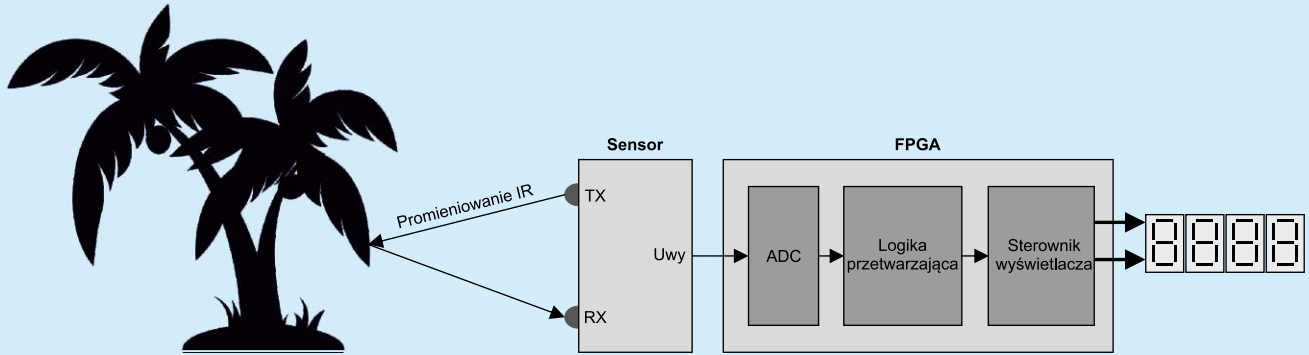
Projekt powstał w Instytucie Systemów Elektronicznych WEiTI Politechniki Warszawskiej, pod kierunkiem dra inż. Mariusza Suchenka.

### Opis projektu

Projekt dla układu FPGA składa się z kilku plików w języku VHDL oraz pliku ADC.qsys, w którym jest konfigurowany blok przetwornika analogowo-cyfrowego. Schemat blokowy projektu z podziałem na elementy opisane za pomocą języka VHDL pokazano na **rysunku 4**.

Blok *Distance2* jest plikiem najwyższym w hierarchii oraz zawiera wszystkie bloki niezbędne do poprawnego działania projektu. Dodatkowo, w pliku *Distance2* jest zaimplementowany automat sterujący, który uruchamia czujnik oraz steruje rejestrami zawierającymi się w bloku *Distance2*.

Blok opisany w pliku *x7seg* odpowiada za obsługę wyświetlacza siedmiosegmentowego. Blok opisany w pliku *Counter\_26m* jest licznikiem 18-bitowym, używanym do zliczania czasu ok.



Rysunek 1. Schemat blokowy systemu pomiarowego implementowanego w FPGA

Tabela 1. Wejścia oraz wyjścia pliku bloku Distance2			
Nazwa	Kierunek	Szerokość	Opis
CLK	IN	1	zegar 10 MHz
RESET	IN	1	powrót automatu do stanu idle stanem niskim
START	IN	1	uruchamianie pomiaru automatu stanem niskim
En	OUT	1	uruchamianie czujnika odległości stanem wysokim
Seg	OUT	7	sterowanie poszczególnymi segmentami wyświetlacza
Dig	OUT	4	wybór wyświetlacza
Dp	OUT	1	sterowanie kropką wybranego wyświetlacza

26 ms, co jest maksymalnym opóźnieniem poprawnych danych na wyjściu czujnika po przejściu sygnału *en* w stan wysoki. Blok opisany w pliku *Counter\_3bit* jest licznikiem, za pomocą którego jest zliczany numer próbki ładowanej do akumulatora. Akumulator składa się z rejestru 15-bitowego opisanego w pliku *reg\_15* oraz sumatora opisanego w pliku *Adder*. Rejestr 12-bitowy opisany w pliku *reg\_12* znajduje się na wyjściu akumulatora. Wejście rejestru podłączonego do wyjścia akumulatora, jest podłączone do 12 starszych bitów rejestru 15-bitowego, jest to wartość otrzymana w akumulatorze podzieloną przez 8. Blok opisany w pliku *v\_to\_cm* jest pamięcią typu ROM, do inicjalizacji której jest używany plik *ROM8.mif*.

### Moduły funkcjonalne

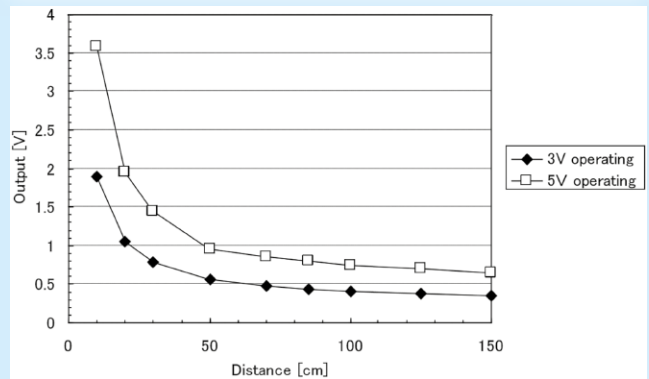
Blok *Distance2* jest głównym blokiem hierarchii. Zawiera w sobie bloki niezbędne do pracy projektu oraz implementację maszyny stanów sterującą rejestrami *reg\_12* oraz *reg\_15*. Jego wejścia oraz wyjścia są opisane w tabeli 1.

Automat zaczyna cykl pracy od stanu *idle*, w którym się znajduje, dopóki użytkownik nie naciśnie przycisku „R” na nakładce Maximator Expander. Po wciśnięciu przycisku automat przechodzi do stanu *set\_en*, w którym wyjście *en* ustawia się w stan wysoki, co uruchamia pomiar odległości czujnikiem. Jednocześnie, ustawia się licznik zliczający w dół *Counter\_26m* w stan początkowy (same jedynki) oraz resetuje się rejestr *reg\_15*. Dodatkowo, w tym stanie jest resetowany licznik *Counter\_3bit*, używany do zliczania numeru próbki ładowanej do akumulatora.

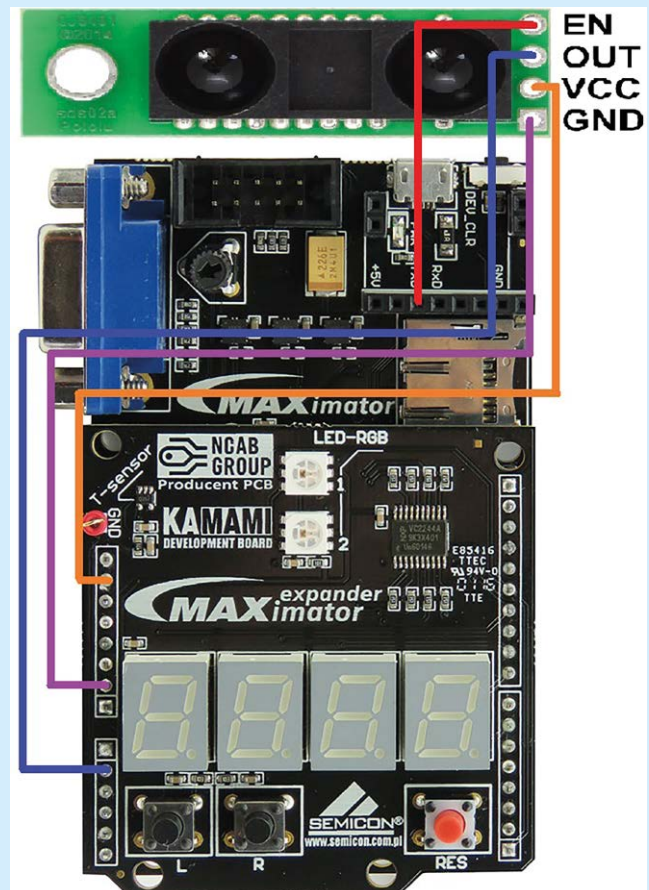
W następnym stanie *wait\_26ms* automat zostaje do chwili aż na wyjściu licznika *Counter\_26m* pojawią się same zera, co zachodzi po upływie około 26 ms, gdy licznik jest taktowany zegarem 10 MHz. W tym stanie wejście *en* jest nadal utrzymywane w stanie wysokim, co jest potrzebne do poprawnej pracy czujnika.

W następnym stanie, *measure*, próbki są ładowane z przetwornika analogowo-cyfrowego do akumulatora. Sygnał *en* jest

Kody źródłowe projektu prezentowanego w artykule są dostępne do pobrania na stronie <http://www.maximator-fpga.org>.



Rysunek 2. Charakterystyki konwersji odległość-napięcie sensora Sharp GP2Y0A60SZLF

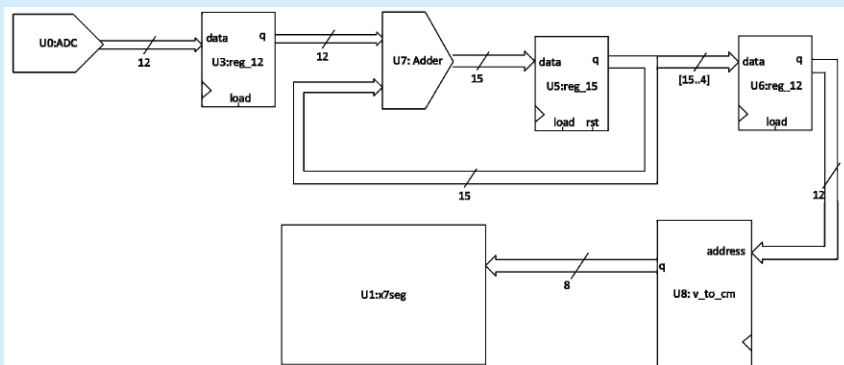


Rysunek 3. Podłączenie czujnika odległości do zestawu Maximator

nadal utrzymywany w stanie wysokim. Próbkę są zliczane za pomocą licznika *Counter\_3bit*. Gdy wyjście *response\_valid* przetwornika analogowo-cyfrowego jest w stanie wysokim (co oznacza, że dane na wyjściu *response\_data* są aktualne), dane są ładowane do akumulatora oraz aktywuje się na jeden cykl zegara licznik *Counter\_3bit*.

Po załadowaniu ośmiu próbek do akumulatora automat przechodzi do stanu *load\_display\_reg*, w którym starsze 12 bitów z rejestru *reg\_15* są ładowane do rejestru *reg\_12*, co jest dzieloną przez 8 wartością przechowywaną w akumulatorze, czyli wartością średnią ośmiu zmierzonych próbek. Następnie automat wraca do stanu *idle*.

Wyjście rejestru *reg\_12* jest połączone z wejściem *address* bloku *v\_to\_cm*, który jest pamięcią typu ROM, zawierającą skalibrowane dane długości odpowiadających poszczególnym wartościom napięć z przetwornika analogowo-cyfrowego. Pamięć zawiera 4096 słów 8-bitowych. Dane skalibrowane przechowuje się w ten sposób,



Rysunek 4. Schemat blokowy projektu HDL

że 12-bitowa wartość napięcia, mierzona przez przetwornik analogowo-cyfrowy, jest adresem odpowiadającej jej 8-bitowej wartości długości w cm. Zawartość pamięci jest przechowywana w pliku *ROM8.mif*.

Wyjście *q* bloku *v\_to\_cm* jest podłączone do wejścia *x* bloku *x7seg*, obsługującego wyświetlacz ośmiosegmentowy, w tym konwersję wartości binarnej na kod BCD. Plik *x7seg* jest wzięty ze strony [maximator-fpga.org](http://maximator-fpga.org).

W pliku *ADC.qsys* jest skonfigurowany przetwornik analogowo-cyfrowy. Składa się on z dwóch bloków: bloku *Modular ADC core* w konfiguracji *ADC control core only* oraz bloku *PLL*. Wejściowa częstotliwość zegara bloku *Modular ADC core* oraz wyjściowa częstotliwość zegara bloku *PLL* są ustawione na 10 MHz. Częstotliwość próbkowania przetwornika jest ustawiona na 1 MHz. Porty *command* oraz *response* są wyprowadzone na zewnątrz bloku *ADC.qsys*. Na wejścia *command\_valid*, *command\_start\_ofpacket* oraz *command\_ready* bloku *ADC* zawsze są podawane jedynki, aby przetwornik analogowo-cyfrowy był zawsze włączony. Wejście *command\_channel* służy do wyboru kanału przetwornika analogowo-cyfrowego oraz jest utrzymywane w stanie „01110”, co jest numerem użytego kanału (wejście *ANIN1* na płytce *Maximator*).

Żeby skalibrować czujnik od nowa, należy uruchomić miernik odległości w trybie kalibracji. W tym celu należy zakomentować/odkomentować odpowiednie sekcję w pliku *Distance2*. W trybie kalibracji wyjście rejestru *reg\_12* jest podłączone bezpośrednio do bloku obsługi wyświetlacza *x7seg*, czyli na wyświetlaczu ośmiosegmentowym są wyświetlane wartości 12-bitowe zmierzonego napięcia. Należy przeprowadzić szereg pomiarów odległości oraz odpowiadających im napięć, a następnie przeprowadzić aproksymację (np. za pomocą pliku *generate\_ROM.m*) oraz przenieść uzyskane wartości do pliku *ROM8.mif*.

Aleh Halauko

## POZNAJ NASZE INNE PUBLIKACJE!



NIE KUPUJ  
W CIEMNO!

Każde wydanie możesz  
przekartkować online  
strona po stronie!

Przesyłka gratis!

I ZAMÓW JE SZYBKO I WYGODNIE  
NA [WWW.ULUBIONYKIOSK.PL](http://WWW.ULUBIONYKIOSK.PL)