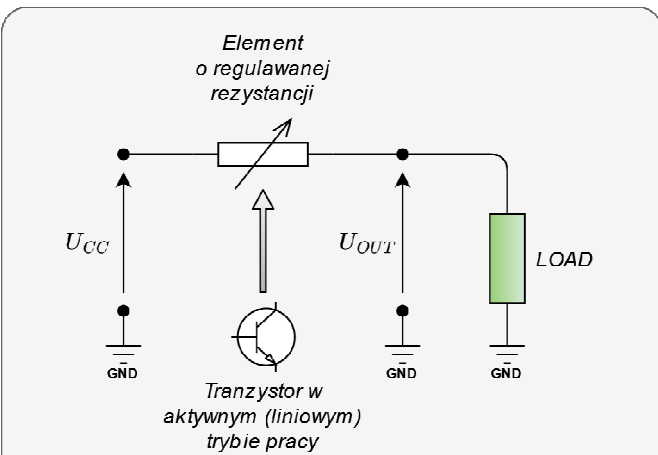


Modulacja PWM

Modulacja PWM jest powszechnie wykorzystywaną metodą generowania sygnałów sterujących w układach impulsowych. Sygnał PWM ma stałą częstotliwość oraz amplitudę, zmiennym parametrem jest szerokość impulsu.

Sterowanie Napięciem / Prądem / Mocą

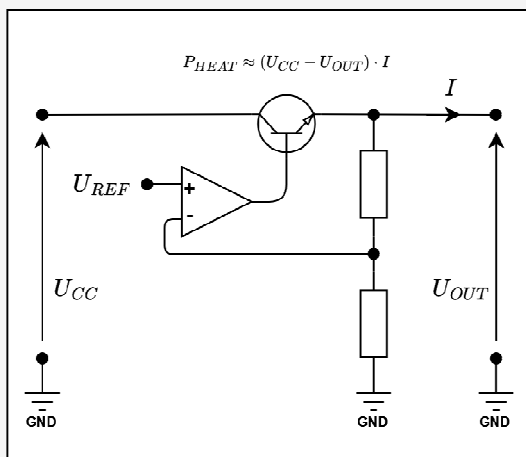
Układy liniowe



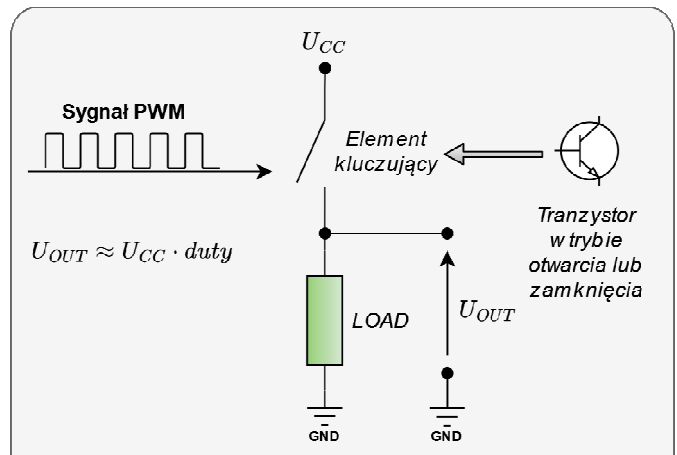
Zastosowanie:

- liniowe stabilizatory napięcia;
- liniowe zasilacze;
- wzmacniacze akustyczne (w klasie A/AB/B);
- stopnie mocy przetworników piezoelektrycznych.

Przykład: Liniowy stabilizator napięcia



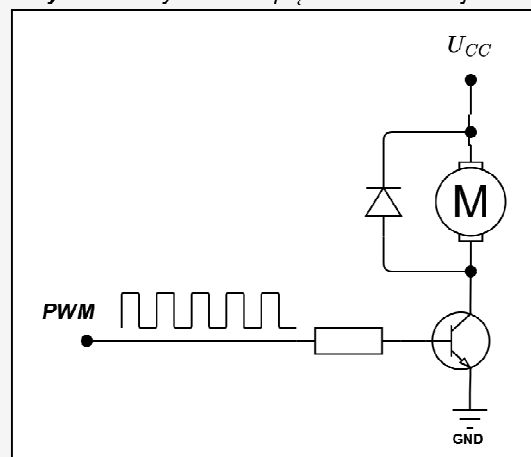
Układy impulsowe



Zastosowanie:

- impulsowe stabilizatory napięcia;
- przetwornice DC-DC;
- zasilacze impulsowe;
- wzmacniacze akustyczne (w klasie D);
- falowniki napędów AC/PMSM/BLDC;
- steroniki i stopnie mocy silników DC oraz krokowych.

Przykład: Prosty sterownik prędkości obrotowej silnika DC



Zalety:

- ⊕ prosta budowa;
- ⊕ niski poziom generowanych zakłóceń EMC/EMI;
- ⊕ rozwiązanie tanie dla małych mocy.

Wady:

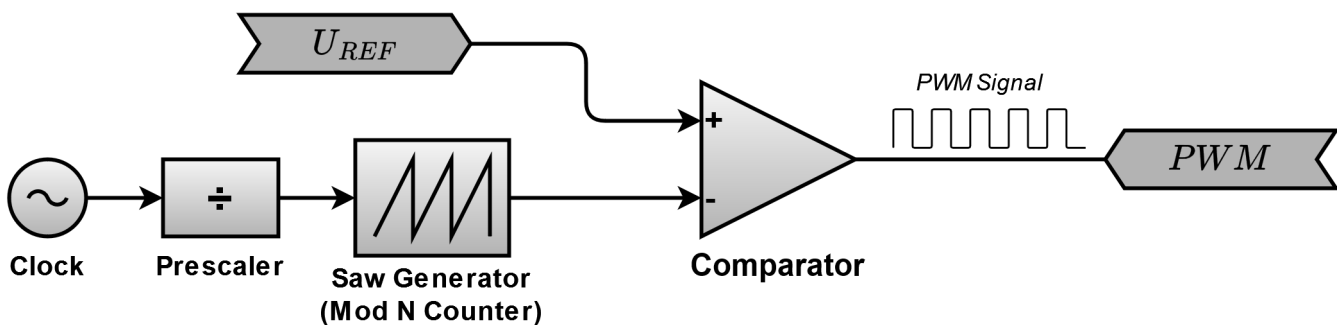
- ⊖ niska sprawność (~ 40 – 50%);
- ⊖ niski stosunek mocy do masy (oraz mocy do objętości) dla aplikacji dużych mocy;
- ⊖ drogie rozwiązanie dla aplikacji dużych mocy.

Zalety:

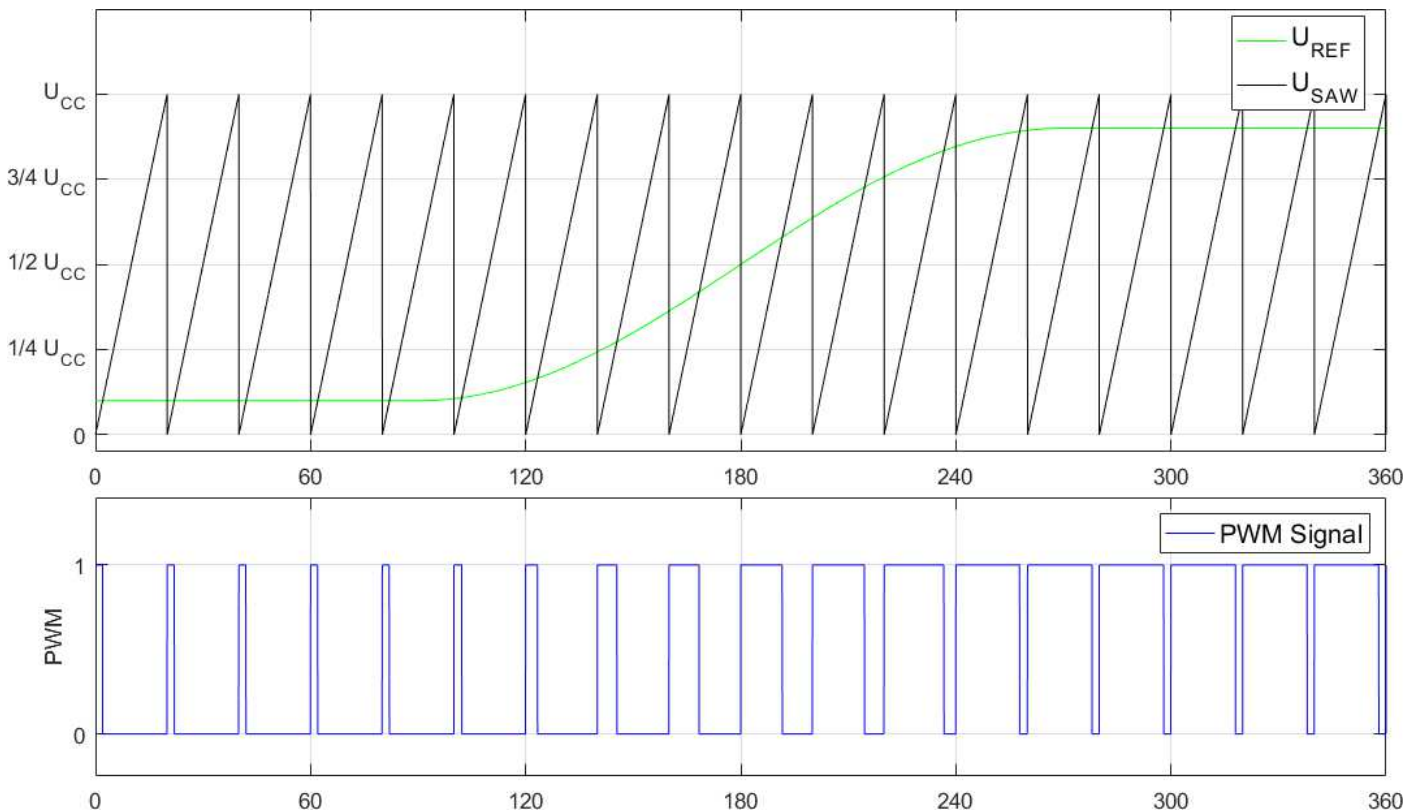
- ⊕ wysoka sprawność (~80 – 90%);
- ⊕ dobry stosunek mocy do masy (oraz mocy do objętości);
- ⊕ tani dla aplikacji dużych mocy.

Wady:

- ⊖ bardziej złożona konstrukcja;
- ⊖ wysoki poziom generowanych zakłóceń EMC/EMI.



Rys. 1: Schemat blokowy modulatora PWM

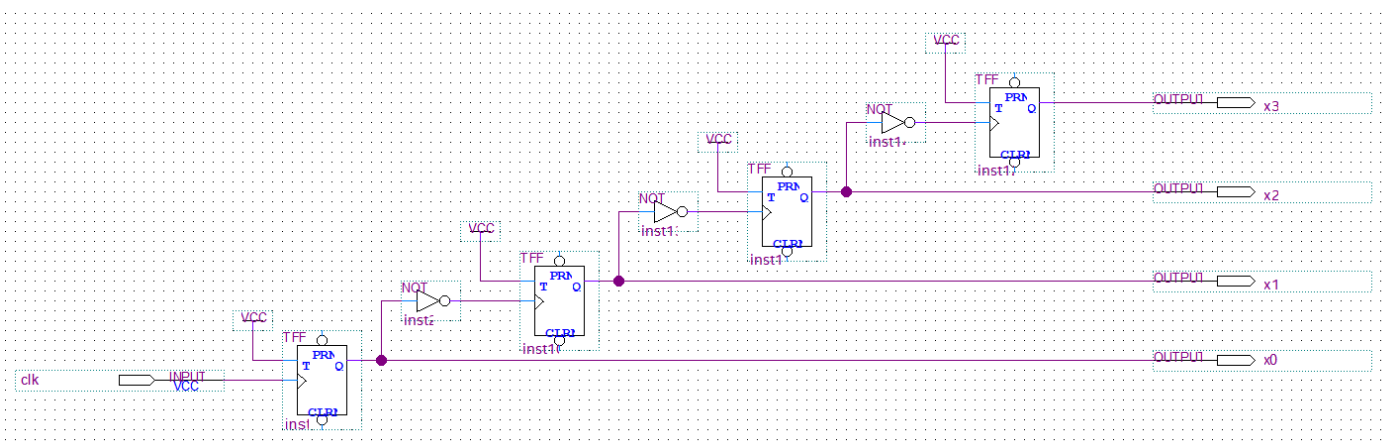


Rys. 2: Zasada generowania sygnału PWM

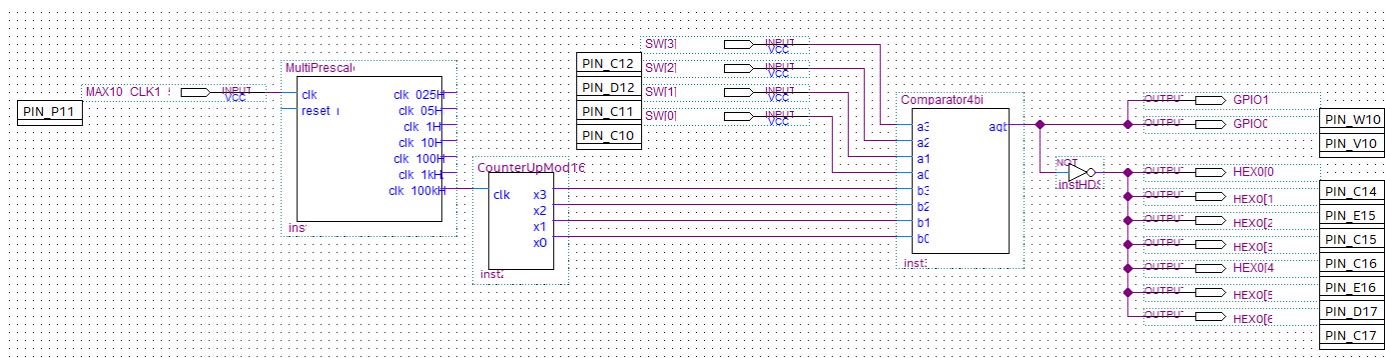
ZADANIE

Zaprojektować oraz zaimplementować w układzie FPGA modulator PWM składający się z modułu MultiPrescalera, licznika modulo 16 oraz 4-bitowego komparatora. Licznik mod 16 zbudować z przerzutników połączonych w trybie „dwójki liczącej”, jak na rys. 3. 4-bitowy komparator zaimplementować na podstawie tablicy Karnaugh, umieszczonej poniżej (Tab. 1). Jako wartość referencyjną (zadaną) dla modulatora użyć 4-bitową liczbę odczytaną z przełączników SW[3..0], znajdujących się na płycie DE10-Lite.

W celu przetestowania modulatora PWM, sygnał wyjściowy podłączyć do diod wyświetlacza 7-segmentowego (np. HEX0[6..0]) poprzez dodatkową bramkę not. Zmiana współczynnika wypełnienia (wartości zadanej) będzie powodowała zmianę jasności świecenia segmentów wyświetlacza. Dodatkowo sygnał PWM podłączyć do wyjść GPIO0 oraz GPIO1 w celu prezentacji sygnału na ekranie oscyloskopu lub wykorzystania go do sterowania zewnętrznym obiektem. Rysunek 4 przedstawia końcowy schemat modulatora PWM w programie Quartus Prime.



Rys. 3: Licznik liczący w górę mod 16



Rys. 4: Schemat modulatora PWM w programie Quartus Prime.

Czy liczba $A > B$? (1 – tak, 0 – nie)

$$A_{DEC} = (a_3 a_2 a_1 a_0)_{BIN};$$

$$B_{DEC} = (b_3 b_2 b_1 b_0)_{BIN};$$

$b_3 b_2 b_1 b_0$ $a_3 a_2 a_1 a_0$	0000 (0 _{DEC})	0001 (1 _{DEC})	0011 (3 _{DEC})	0010 (2 _{DEC})	0110 (6 _{DEC})	0111 (7 _{DEC})	0101 (5 _{DEC})	0100 (4 _{DEC})	1100 (12 _{DEC})	1101 (13 _{DEC})	1111 (15 _{DEC})	1110 (14 _{DEC})	1010 (10 _{DEC})	1011 (11 _{DEC})	1001 (9 _{DEC})	1000 (8 _{DEC})
0000 (0 _{DEC})	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0001 (1 _{DEC})	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0011 (3 _{DEC})	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0010 (2 _{DEC})	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0110 (6 _{DEC})	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0111 (7 _{DEC})	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0101 (5 _{DEC})	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0100 (4 _{DEC})	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100 (12 _{DEC})	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1101 (13 _{DEC})	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
1111 (15 _{DEC})	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
1110 (14 _{DEC})	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
1010 (10 _{DEC})	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
1011 (11 _{DEC})	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1
1001 (9 _{DEC})	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1000 (8 _{DEC})	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 1: Tablica Karnaugh komparatora 4-bitowego