

Programowanie układów rekonfigurowalnych

Laboratorium 4-5

Anna DZIEŻYK, indeks: 318506

20.01.2025

Data wykonania ćwiczenia: 16 stycznia 2025
Prowadzący: dr hab. inż. Andrzej WOJEŃSKI

1 CEL

Celem projektu było stworzenie systemu modułowego do zarządzania światłkami LED o dwóch przydzielonych przez prowadzącego funkcjach:

Wariant 2: Diody świecące naprzemiennie (co druga)

Wariant 7: Diody włączające się kolejno, aż do 8 włączonych, a następnie kolejno wyłączające się.

Koniecznością w zaimplementowaniu zarządzania diodami jest:

- możliwość zmiany wariantu świecenia LEDów na inny przez wciśnięcie przycisku,
- możliwość wyłączenia świecenia diód przyciskiem
- możliwość przyspieszenia pracy diód przyciskiem

Wymogiem przy użyciu przycisków jest implementacja modułu tzw. Deboucera, który ma przeciwdziałać drganiu styków. Ponadto samo zarządzanie prędkością zmiany "mrugania" diod dla jednego wariantu świecenia też musiało być zaimplementowane jako osobny moduł tzw.: Prescaler. Cel projektu został zrealizowany - w dalszych punktach znajduje się struktura systemu jako schemat blokowy wygenerowany przez Vivado oraz jego omówienie.

2 WYNIK SYNTEZY

2.1 Schemat blokowy

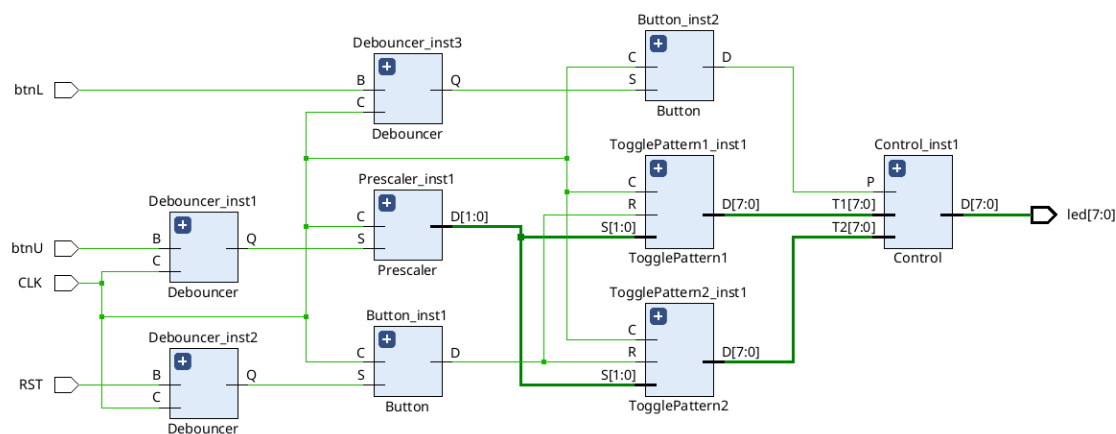


Figure 1: Schemat blokowy zaprojektowanego systemu

2.2 Zużycie zasobów

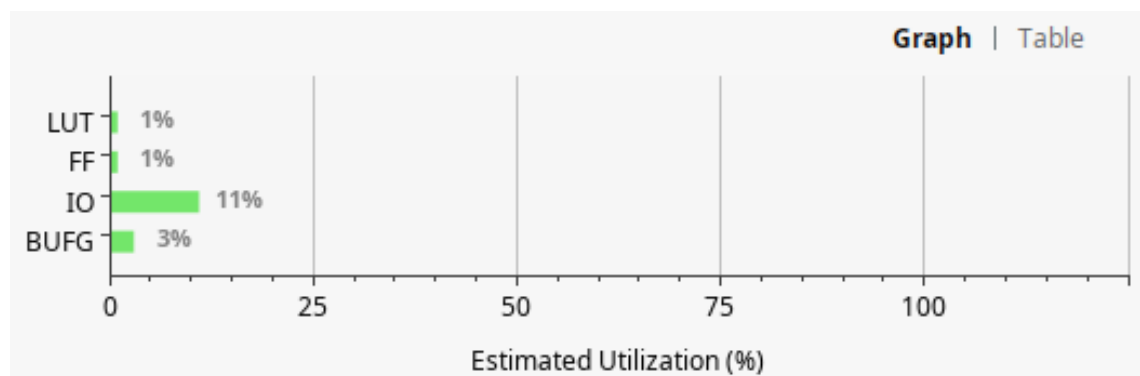


Figure 2: Zużycie zasobów po syntezie

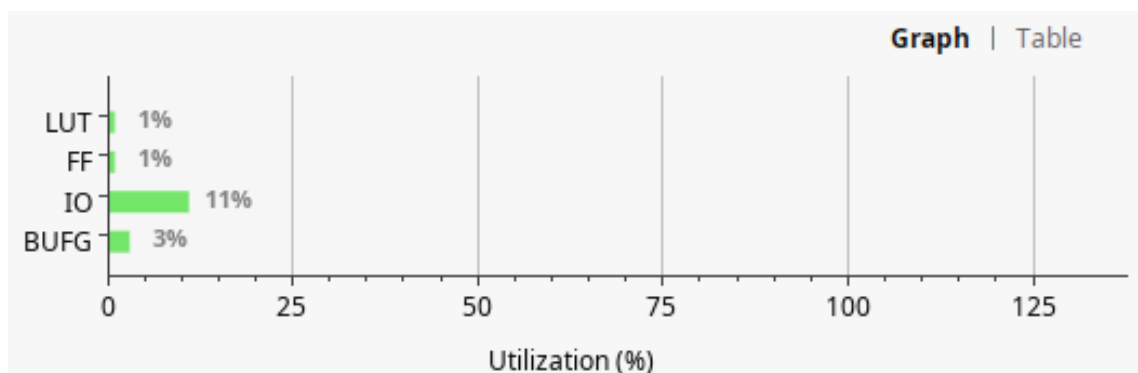


Figure 3: Zużycie zasobów po implemetacji

3 OPRACOWANY KOD POSZCZEGÓLNYCH MODUŁÓW

3.1 Debouncer

Nazwa sygnału	Typ sygnału	Opis
C	wejściowy (1-bit)	sygnał zegarowy
B	wejściowy (1-bit)	surowy sygnał stanu przycisku
Q	wyjściowy (1-bit)	wykrycie wciśnięcia
counter	wewnętrzny (liczba)	licznik
Q1	wewnętrzny (1-bit)	wyjście pierwszego zatrzasku typu D
Q2	wewnętrzny (1-bit)	wyjście drugiego zatrzasku typu D

Table 1: Tabelka sygnałów modułu

Zasada działania: W przypadku wykrycia stabilnego wciśnięcia, na wyjściu Q pojawia się krótki impuls 0->1->0 świadczący o tym, że przycisk został stabilnie wciśnięty. Implementacja opiera się na zliczaniu do określonej wartości, które odbywa się tak długo, jak stan przycisku jest niezmieniony i jest wysoki. W przypadku doliczenia do tej wartości, zatraskiwany jest stan przycisku najpierw w jednym zatrzasku typu D, a po kolejnym zliczeniu do określonej wartości, w drugim. Impuls wyjściowy to suma zanegowanego wyjścia z drugiego zatrzasku i niezmienionego wyjścia pierwszego zatrzasku.

3.2 Button

Nazwa sygnału	Typ sygnału	Opis
C	wejściowy (1-bit)	sygnał zegarowy
S	wejściowy (1-bit)	Sygnał impulsów do zliczania
D	wyjściowy (1-bit)	sygnał indukujący wciśnięcie
toggle	wewnętrzny (1-bit)	sygnał przełączający 1-0
prev_s	wewnętrzny (1-bit)	poprzedni stan do wykrywania zbocza

Table 2: Tabelka sygnałów modułu

Zasada działania: W przypadku wykrycia impulsu, który mówi, że przycisk został wciśnięty, stan na wyjściu modułu jest negowany. Czyli moduł implementuje zliczanie do 2 jako licznik jednobitowy.

3.3 Prescaler

Nazwa sygnału	Typ sygnału	Opis
C	wejściowy (1-bit)	sygnał zegarowy
S	wejściowy (1-bit)	Sygnał impulsów do zliczania
D	wyjściowy (2-bit)	sygnał zliczonych impulsów
counter	wewnętrzny (liczba)	licznik
prev_s	wewnętrzny (1-bit)	poprzedni stan do wykrywania zbocza

Table 3: Tabelka sygnałów modułu

Zasada działania: W przypadku wykrycia wciśnięcia przycisku, czyli gdy na wejście modułu trafia sygnał z Debouncera, do obecnej wartości na wyjściu dodawany jest 1. Innymi słowy moduł implementuje licznik 2-bitowy, zliczający do 4 - na wyjściu mogą się pojawić 4 stany: 00, 01, 10, 11.

3.4 TogglePattern1

Nazwa sygnału	Typ sygnału	Opis
C	wejściowy (1-bit)	sygnał zegarowy
R	wejściowy (1-bit)	sygnał resetu
S	wejściowy (2-bit)	sygnał szybkości mrugania
D	wyjściowy (7-bit)	sygnał wyjściowy
T	wewnętrzny (stała liczba)	stała zakresu zliczania przez T
L	wewnętrzny (liczba)	sygnał licznika
Z	wewnętrzny (liczba)	sygnał zakresu zliczania

Table 4: Tabelka sygnałów modułu

Zasada działania: Stan wyjściowy D zmienia się między wektorami "10101010", a "01010101" co każde zliczenie licznika do liczby, która jest ustalana w zależności od zakresu zliczania Z. Zakres

zliczania zależy od stanu wyjściowego prescalera. Moduł wystawia same zera na wyjściu, gdy sygnał R - wyboru modułu - jest równy 0.

3.5 TogglePattern2

Nazwa sygnału	Typ sygnału	Opis
C	wejściowy (1-bit)	sygnał zegarowy
R	wejściowy (1-bit)	sygnał resetu
S	wejściowy (2-bit)	sygnał szybkości mrugania
D	wyjściowy (7-bit)	sygnał wyjściowy
T	wewnętrzny (stała liczba)	stała zakresu zliczania przez T
L	wewnętrzny (liczba)	sygnał licznika
Z	wewnętrzny (liczba)	sygnał zakresu zliczania
D_internal	wewnętrzny (7-bit)	pomocniczy sygnał wyjścia
direction	wewnętrzny (1-bit)	kiedunek zmiany

Table 5: Tabelka sygnałów modułu

Zasada działania: Co każde zliczenie licznika do zadanego zakresu - zapalana jest kolejna dioda: startujemy z punktu "00000000"->zliczenie do zakresu->"00000001"->... itd. W przypadku wektora "11111111" - diody gasną w podobny sposób: "11111111" -> "01111111"->...itd. Kierunek zmiany jest determinowany przez sygnał direction i ustawiany za każdym razem na przeciwny, kiedy wektor D_internal jest w "skrajnym" stanie (same zera lub same jedynki). Szybkość zmian jest ustalana przez sygnał S - w zależności od jego wartości mamy zmieniony zakres zliczania Z. Jeżeli sygnał wyboru wariantu mrugania R jest w stanie wysokim (1), moduł wystawia zawsze wektor zer na wyjście.

3.6 Control

Nazwa sygnału	Typ sygnału	Opis
T1	wejściowy (7-bit)	sygnał mrugania wariantu 2
T2	wejściowy (1-bit)	sygnał mrugania wariantu 7
P	wyjściowy (1-bit)	sygnał włączenia/wyłączenia
D	wewnętrzny (7-bit)	sygnał wyjściowy

Table 6: Tabelka sygnałów modułu

Zasada działania: Wyjście D to suma sygnałów T1 i T2. moduły TogglePattern1 i TogglePattern2 umożliwiają takie rozwiązanie, ponieważ nie działają nigdy w tym samym czasie - dba o to sygnał R. W module Contol jest również zaimplementowane to, czy moduł ma działać - jeżeli sygnał P jest równy 1 to cały system działa - diody się zapalają.

3.7 Moduł TOP - LED_management

Moduł ten jest "sklejeniem" wszystkich modułów opisanych powyżej w jedną, spójną całość. W punkcie 2 znajduje się schemat blokowy tego modułu. Warte odnotowania jest to, że moduł Debouncera używany jest 3-krotnie:

- w przypadku przycisku implementującego wybór wariantu świecenia, impulsy wyjścia debouncera są zliczane do 2 przez moduł Button (licznik 1-bitowy), a wyjście modułu Button podłączone jest do obydwu modułów wariantu świecenia.
- w przypadku włączenia/wyłączenia systemu, impulsy są zliczane w ten sam sposób, co w przypadku przycisku odpowiedzialnego za wybór wariantu - też na wyjście Debouncera podłączony jest moduł Button, zliczający wciśnięcia do 2 - następnie sygnał ten jest brany pod uwagę w module Control - on decyduje o tym, czy diody mają świecić.
- w przypadku wyboru szybkości świecenia, wyjście Debouncera jest podłączone do Prescalera - modułu licznika 2-bitowego, który na wyjściu wystawia w formie 2-bitowego wektora liczbę stabilnych wciśnień przycisku.

W tym module również jest wykonane rzutowanie sygnałów abstrakcyjnych, opisanych wyżej, jako wejścia modułów "zewnętrznych", na rzeczywiste zasoby sprzętowe+, które musiały się zgadzać z nazwami instancji zasobów płytki opisanymi w pliku *.xdc. Poniższa tabela przedstawia te sygnały:

Nazwa sygnału	Typ sygnału	Opis
CLK	wejściowy (1-bit)	sygnał zegarowy
RST	wejściowy (1-bit)	sygnał wyboru wariantu mrugania
btnU	wejściowy (1-bit)	sygnał zmiany prędkości
btnL	wejściowy (1-bit)	sygnał włącz/wyłącz
led	wyjściowy (7-bit)	sygnał wyjściowy ledów

Table 7: Tabela sygnałów modułu

4 PODSUMOWANIE ORAZ WYNIKI

4.1 Testbench modułów odpowiedzialnych za obsługę przycisków zmiany szybkości mrugania i wybór wariantu

Testowane tutaj były moduły połączone wg. następującego schematu blokowego:

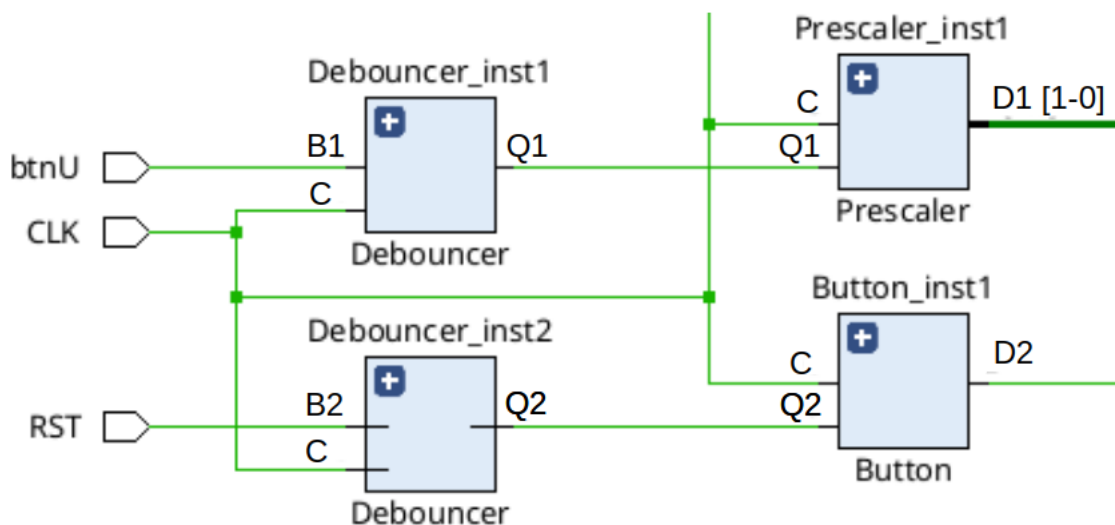


Figure 4: Schemat blokowy analizowanego układu w testbenchu

Nazwy występujące na schemacie blokowym pokrywają się z nazwami na poniższych przebiegach czasowych.

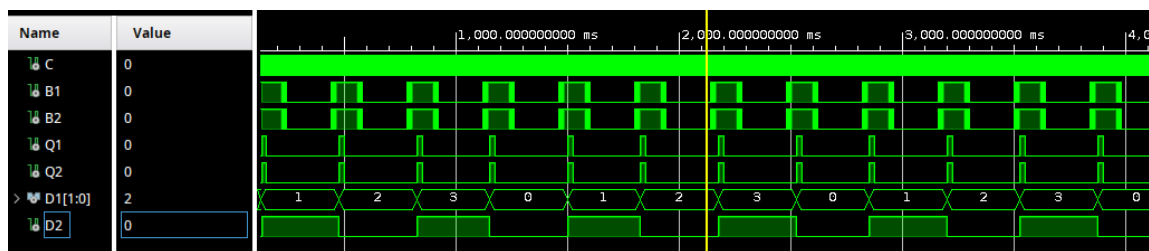


Figure 5: Przebiegi czasowe analizowanych modułów

Wartym zaznaczenia jest, w jaki sposób symulowane było drganie styków - sygnały podawane jako "surowe" sygnały z przycisków symulowane były przez synchroniczne bardzo szybkie zmiany stanu sygnału trwające około 12-15 ms, następnie podawanie stałego stanu (1 lub 0) i kolejne "zazumianie" sygnału przy zmianie stanu "stabilnego".

Testbench działa poprawnie, sygnał D1 - jako wyjście licznika 2-bitowego zlicza poprawnie do 4, a sygnał D2, jako wyjście licznika 1-bitowego, poprawnie wystawia stan 0 lub 1 w zależności od wykrycia wciśnięcia symulowanego przycisku.

4.2 Testbench całego systemu

Moduły zostały podłączone wg. następującego schematu blokowego: (proszę zwrócić uwagę na nazwy sygnałów, są korespondujące tym, które znajdują się na przebiegach czasowych).

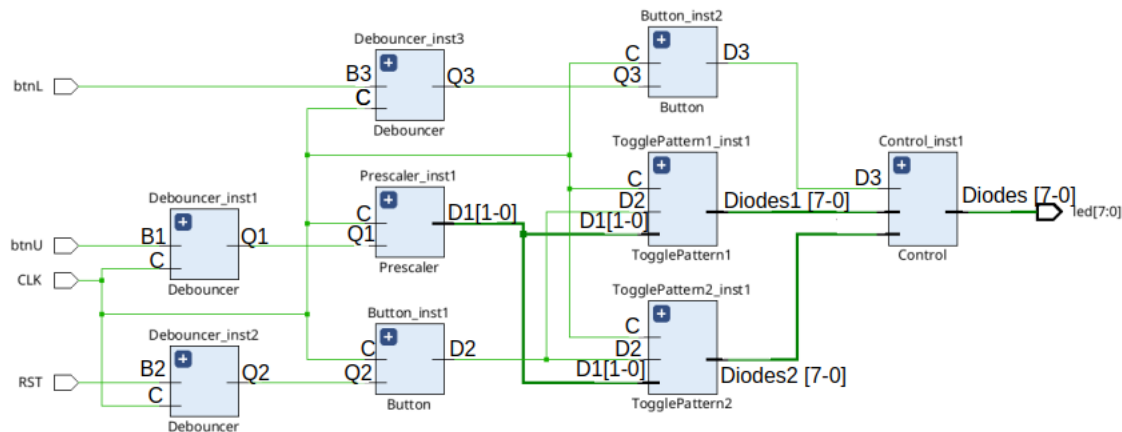


Figure 6: Schemat blokowy analizowanego układu w testbenchu

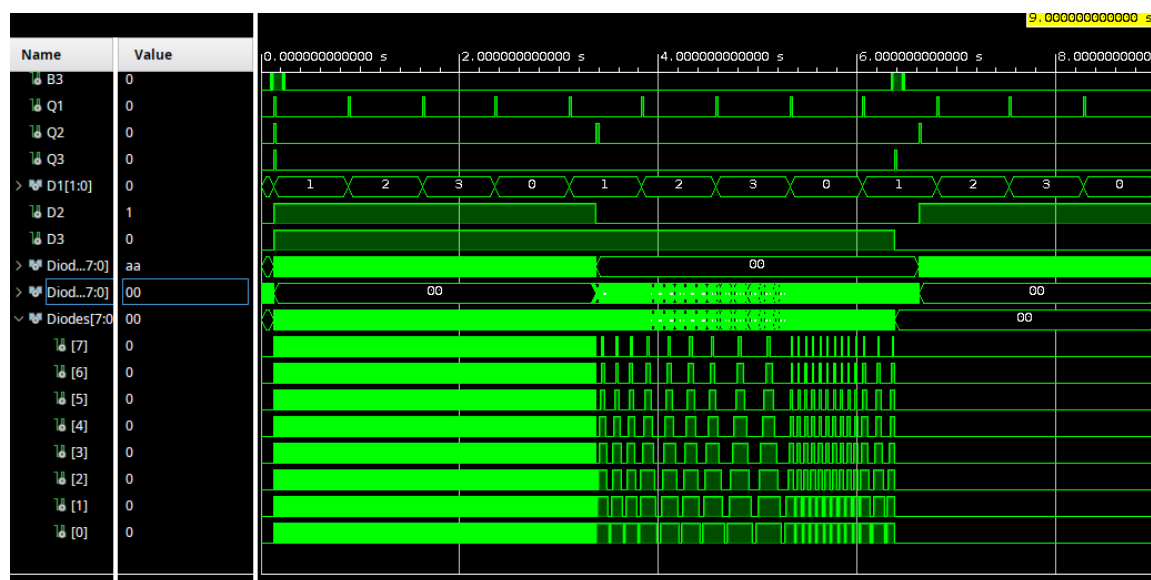


Figure 7: Przebiegi czasowe analizowanych modułów

Powyższe przebiegi mają za zadanie pokazać, że analizowane były 3 stany - gdy wybrany był wariant 2 świecenia diód, gdy wybrany był wariant 7 świecenia diód, oraz gdy układ miał być

wyłączony. Z tego ogólnego zrzutu przebiegów można stwierdzić, że moduł Control działa zgodnie z założeniami, a logika sterująca tym, kiedy na wyjściu modułów TogglePattern1 oraz TogglePattern2 pojawia się wektor zer również działa poprawnie. Dalej sprawdzana będzie poprawność działania zmiany szybkości świecenia diód

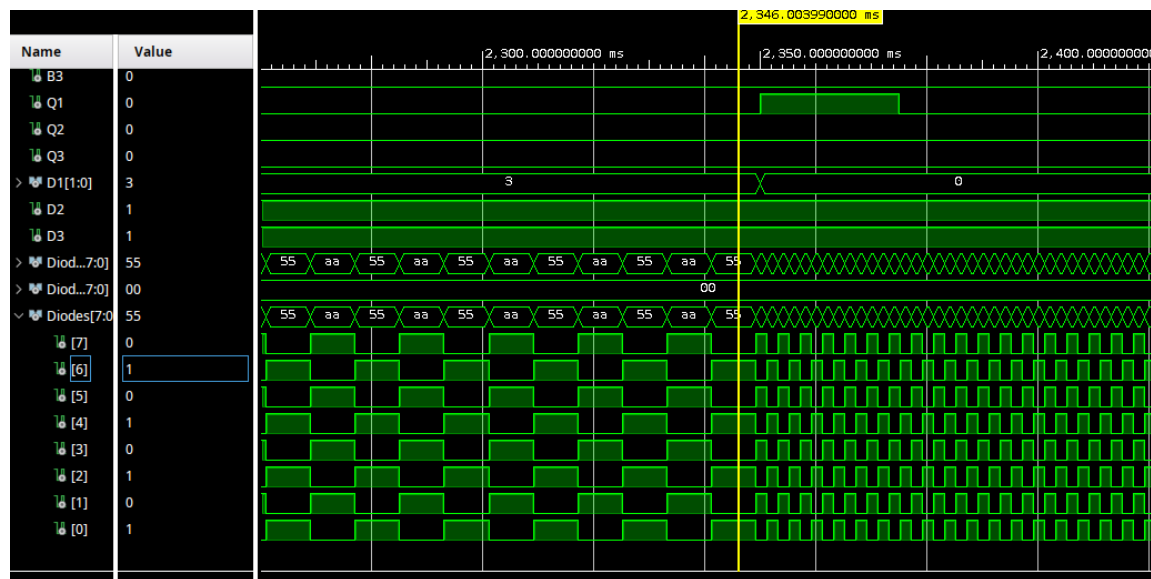


Figure 8: Przykładowa zmiana szybkości świecenia, gdy działa wariant 2

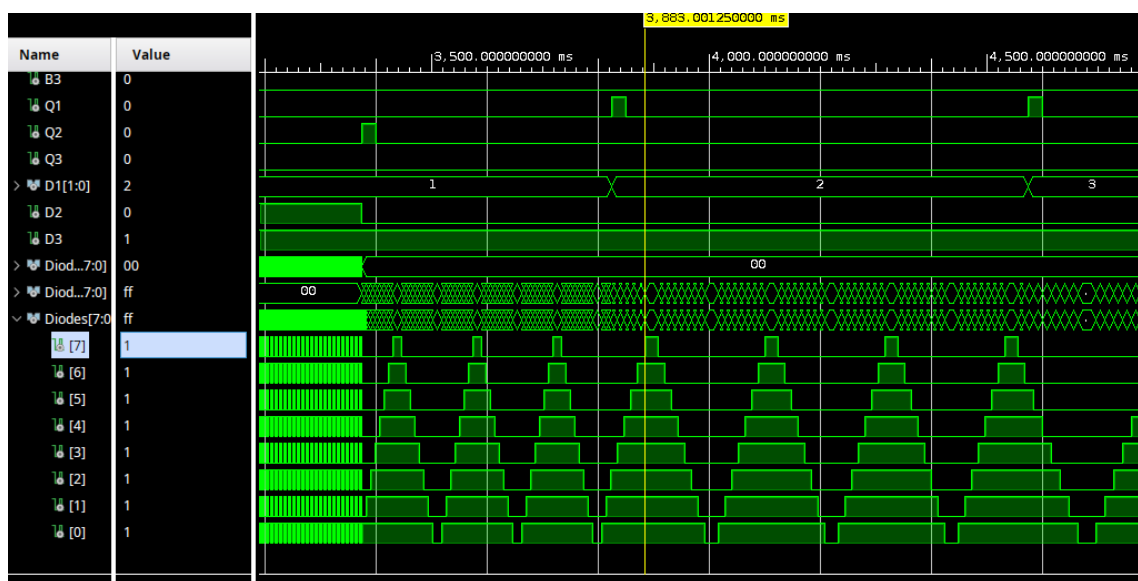


Figure 9: Przykładowa zmiana szybkości świecenia, gdy działa wariant 7

Po pierwsze - można uznać, że moduły sterowania diodami działają poprawnie dla poszczególnych prędkości. Zmiany prędkości też są wykonywane poprawnie. Po przetestowaniu na sprzęcie - system również działał poprawnie.