

Systemy Wbudowane

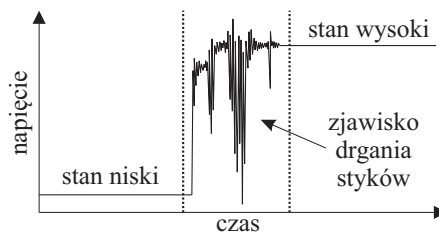
Laboratorium 5:

Analiza sygnałów GPIO i wykorzystanie przetwornika DAC

5.1 Drgania styków

Elementy mechaniczne takie jak przyciski pozwalają na zmianę stanu sygnału w momencie ich wciśnięcia. Podczas wciśnięcia może jednak powstać szereg krótkotrwałych zwarć styków przycisku, czego skutkiem może być kilkukrotnie wykrycie zmian stanu sygnału. Eliminację skutków drgań styków można próbować wyeliminować:

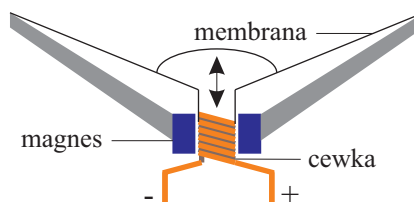
- Sprzętowo (np. za pomocą filtru RC)
- Programowo odczekując pewien czas przed ponownym odczytaniem stanu przycisku (np. 20ms)
- Programowo wykorzystując zmienne pomocnicze (sposób korzystny w przypadku wykorzystaniu przerwań)



Rysunek 5.1: Przykładowa wizualizacja zjawiska drgań styków

5.2 Generowanie dźwięku

Dźwięk to w uproszczeniu drgania przenoszone przez cząsteczki w danym ośrodku (np. powietrzu lub wodzie). Głośnik jest prostym i uniwersalnym elementem pozwalającym na wytworzenie takich drgań. Głównymi elementami głośnika jest magnes i cewka. Zmieniając napięcie na cewce magnes będzie przesuwal ją w górę lub w dół, generując tym samym ruch membrany i wywołując drgania (dźwięk):

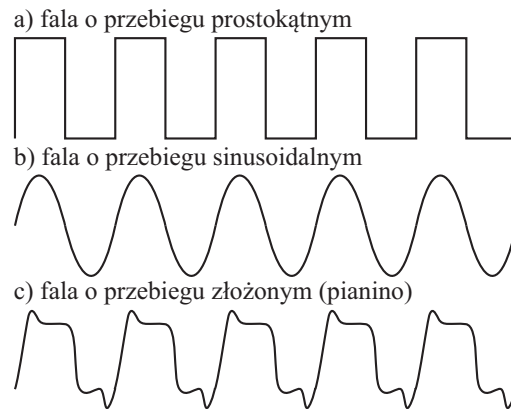


Rysunek 5.2: Bardzo uproszczony schemat budowy głośnika

Ustawiając naprzemiennie stan niski i wysoki na danej linii kontrolera można generować prosty dźwięk. Należy zauważyć, że częstotliwość dźwięku słyszana przez człowieka zawiera się w zakresie od 20Hz do 20000Hz, a zatem zmiana sygnału na niski i wysoki powinna następować od 20 do 20000 razy na sekundę (optymalnie 500 - 10000).

5.3 Przetwornik DAC

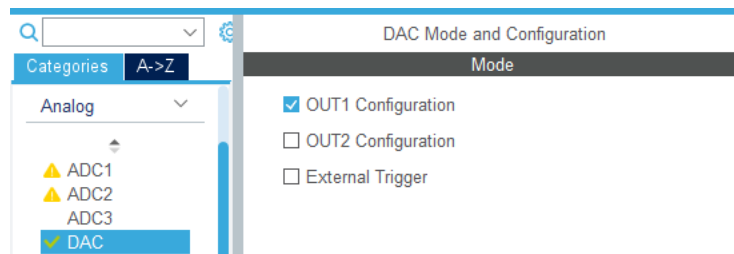
Zmieniając stan linii na niski i wysoki generuje się dźwięk o przebiegu prostokątnym. Percepcja ludzka nie jest jednak zero-jedynkowa i o wiele ciekawsze dźwięki mają charakter o bardziej złożonym przebiegu:



Rysunek 5.3: Przykładowe fale dźwiękowe

Pokazane powyżej przebiegi b) oraz c) wymagają ustawienia stanów pośrednich pomiędzy sygnałem niskim i wysokim. Taką możliwość daje przetwornik DAC (*ang. Digital-to-Analog Converter* - przetwornik cyfrowo analogowy).

Płytki STM32F429ZI posiadają wbudowany DAC. Aby go uaktywnić wystarczy zaznaczyć jedno z jego wyjść:



Rysunek 5.4: Konfiguracja przetwornika DAC

Pin dla OUT1 to PA4, a dla OUT2 to PA5. Do uruchomienia przetwornika służy metoda `HAL_DAC_Start(&hdac, CHANNEL);`, a do ustawienia wartości na wyjściu metoda `HAL_DAC_SetValue(&hdac, CHANNEL, ALIGN, wartość);`, przy czym ALIGN określa ile i jakie bity będą brane pod uwagę ze zmiennej wartości (domyślnie `DAC_ALIGN_12B_R` - 12 bitów z prawej strony ponieważ przetwornik jest 12 bitowy).

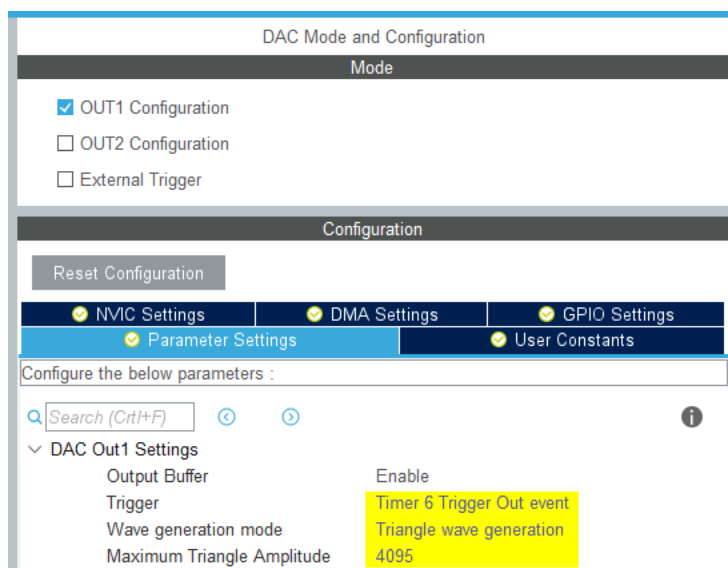
```
/* USER CODE BEGIN WHILE */
HAL_DAC_Start(&hdac, DAC_CHANNEL_1); // uruchomienie przetwornika
while (1)
{
    HAL_DAC_SetValue(&hdac, DAC_CHANNEL_1, DAC_ALIGN_12B_R, 0); // min
    HAL_DAC_SetValue(&hdac, DAC_CHANNEL_1, DAC_ALIGN_12B_R, 1023);
    HAL_DAC_SetValue(&hdac, DAC_CHANNEL_1, DAC_ALIGN_12B_R, 2047);
    HAL_DAC_SetValue(&hdac, DAC_CHANNEL_1, DAC_ALIGN_12B_R, 3071);
    HAL_DAC_SetValue(&hdac, DAC_CHANNEL_1, DAC_ALIGN_12B_R, 4095); // max
/* USER CODE END WHILE */

/* USER CODE BEGIN 3 */
}
```

Rysunek 5.5: Praca z przetwornikiem DAC

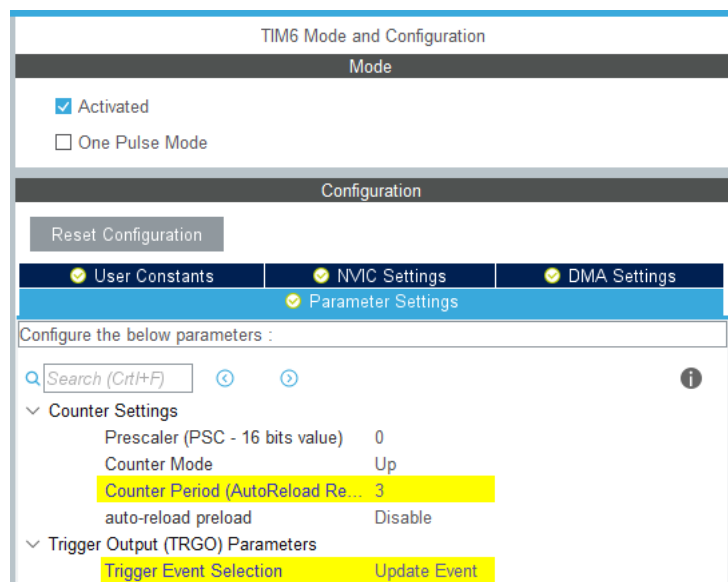
5.3.1 DAC i liczniki

Wartości ustawiane na wyjściu DAC można równie dobrze ustawiać w metodach przerwań liczników, uzyskując dzięki temu oczekiwaną częstotliwość zmian sygnału (np. standardową częstotliwość 44100Hz). Możliwe jest także skonfigurowanie przetwornika DAC, aby automatycznie generował określone przebiegi:



Rysunek 5.6: Konfiguracja DAC umożliwiająca generowanie przebiegu trójkątnego

Na powyższym rysunku widać że sygnał będzie ustawiany według licznika TIM6, który należy również odpowiednio skonfigurować:



Rysunek 5.7: Konfiguracja licznika TIM6

Po takiej konfiguracji wystarczy tylko uruchomić licznik oraz DAC:

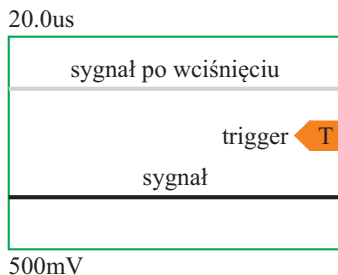
```
HAL_TIM_Base_Start(&htim6); // uruchomienie licznika
```

```
HAL_DAC_Start(&hdac, DAC_CHANNEL_1); // uruchomienie przetwornika
```

5.4 Ćwiczenie 1

Celem ćwiczenia jest zaobserwowanie zjawiska drgania sytków. W celu realizacji ćwiczenia należy:

- Zgłosić się do prowadzącego po przycisk oraz głośnik
- Uruchomić oscyloskop
- Podłączyć otrzymany przycisk do kontrolera (według oznaczeń: VCC-3V, GND-GND, S-PA2)
- Podłączyć sondę pod przycisk do linii PA2 (przy kontrolerze) oraz do GND (przy kontrolerze)
- Ustawić skalę pionową pscyloskopu na 500mV, poziomą na 20us, wyskalować odpowiednio sygnał (tak aby po wciśnięciu przycisku stan wysoki był ciągle widoczny) i ustawić wyzwalanie (trigger) na wartość około 1.5V:



Rysunek 5.8: Ustawienia oscyloskopu

- Aby zaobserwować drgania styku należy przełączyć oscyloskop w tryb Normal i kilkakrotnie wcisnąć przycisk. Oscyloskop pokaże miejsce w którym sygnał przechodzi przez wartość ustaloną w wyzwalaczu
- Sprawdzić jak wyglądają przebiegi sygnału dla różnych skali osi poziomej (np. 100us, 1ms, 10ms). Wnioski zanotować w sprawozdaniu

5.5 Ćwiczenie 2

Celem ćwiczenia jest zaobserwowanie sygnału PWM. W celu realizacji ćwiczenia należy:

- Skonfigurować dowolny licznik tak, aby generował sygnał PWM o częstotliwości 1kHz. Pamiętać, że częstotliwość PWM to:

$$\text{czestotliwosc} = \frac{PCLK}{(PSC + 1) \cdot (Counter_Period + 1)} \quad (5.1)$$

przy czym PSC i $Counter_Period$ są liczbami 16 bitowymi, a $PCLK$ to domyślnie 16000000Hz

- Należy również ustawić odpowiednią wartość Pulse licznika (na połowę wypełnienia sygnału) i rozpocząć działanie licznika metodą `HAL_TIM_PWM_Start`
- Podpiąć sondę do sygnału PWM generowanego przez licznik i zaobserwować go na oscyloskopie
- Sprawdzić czy zaobserwowana częstotliwość zgadza się z obliczoną
- Do linii generującej sygnał podpiąć "+" głośnika, podpinając "-" do GND na kontrolerze
- Dodać kod w pętli głównej while zmieniający co sekundę wartość `Counter_Period` (rejestr `TIMx->ARR`, x - zastąpić numerem licznika) na różne wartości zmieniając tym samym częstotliwość dźwięku. Pamiętać aby wypełnienie pulsu wynosiło połowę: `TIMx->CCR1 = TIMx->ARR / 2;`

5.6 Ćwiczenie 3

Celem ćwiczenia jest zaobserwowanie sygnału z przetwornika DAC. W celu realizacji ćwiczenia należy:

- Skonfigurować przetwornik DAC oraz wybrany licznik tak jak w punkcie 5.3.1
- Sprawdzić na oscyloskopie częstotliwość generowanego sygnału (w przypadku problemów funkcją Auto, oscyloskop ustawić samodzielnie dobierając odpowiednio skalę poziomą i pionową)

- Policzyc częstotliwość ze wzoru (5.1), a wynik podzielić przez 8192 (tyle sygnałów pośrednich jest generowanych przez DAC przy sygnale trójkątnym - od 0 do 4095 i od 4095 do 0)
- Porównać obie częstotliwości i zanotować wnioski w sprawozdaniu

5.7 Ćwiczenie 4 (opcjonalne)

Celem ćwiczenia jest zaobserwowanie sygnału z przetwornika DAC. W celu realizacji ćwiczenia należy:

- Skonfigurować przetwornik DAC oraz wybrany licznik tak, aby generował przerwania o częstotliwości 44100Hz
- W przerwaniach zmieniać wartość sygnału DAC w taki sposób, aby otrzymać sygnał sinusoidalny (wykorzystać dodatkową zmienną globalną i na jej podstawie korzystać z funkcji sinus).
- Sprawdzić faktyczną częstotliwość funkcji sinus na oscyloskopie i zanotować wnioski