

*Ćwiczenie 5 – Detektor upadku pacjenta
wykorzystujący akcelerometr z interfejsem I²C*

1. Cel ćwiczenia

W ramach ćwiczenia uczestnicy opracowują wirtualne urządzenie spełniające funkcję detektora upadku pacjenta.

Celem ćwiczenia jest nabycie umiejętności obsługi przetworników pomiarowych korzystających z cyfrowych interfejsów lokalnych poprzez wykorzystanie przetwornika akcelerometrycznego wyposażonego w interfejs I²C.

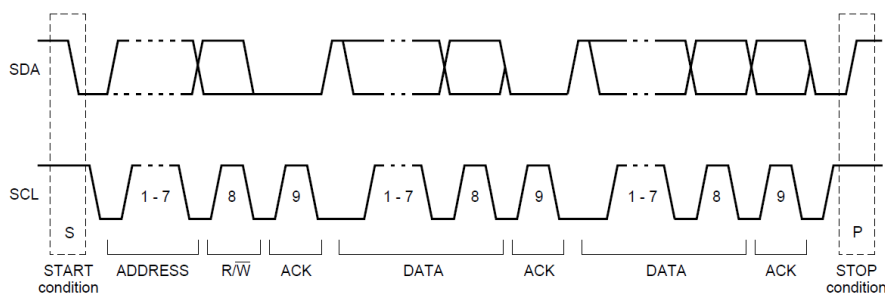
2. Wprowadzenie do ćwiczenia

a) Interfejs I²C

Detektor upadku opracowany w ramach ćwiczenia wykorzystuje kartę pomiarową z możliwością obsługi interfejsu I²C oraz przetwornik pomiarowy z wbudowanym akcelerometrem. Interfejs I²C jest szeregowym interfejsem lokalnym korzystającym z dwóch linii komunikacyjnych:

- linia SCL dostarcza sygnał taktujący do układów podrzędnych (w karcie LabJack należy użyć linii FIO4)
- linia SDA jest wykorzystywana do przesyłania danych cyfrowych naprzemiennie w obu kierunkach (FIO5)

Transmisja danych na linii SDA odbywa się w porządku przedstawionym na rysunku 1, prędkość transmisji danych ustalana jest przez sygnał taktujący SCL.



Rysunek 1. Interfejs I²C – transmisja danych

Znaczenie poszczególnych bitów jest następujące:

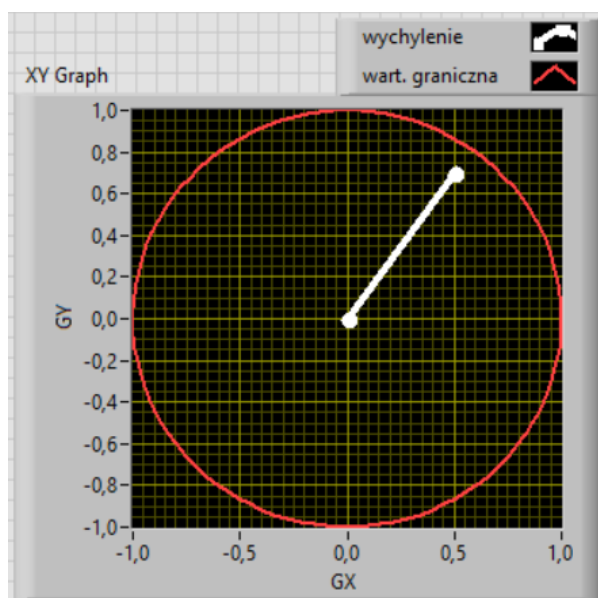
- ADDRESS – adres układu podrzędnego (7 bitów)
- R/W – bit oznaczający kierunek transmisji danych (1 bit)
- ACK – bit potwierdzający odebranie bajtu (1 bit)
- DATA – przesyłane dane (8 bitów)

b) Interpretacja i prezentacja wyników pomiaru przyspieszenia

Zakładamy, że pacjent ma przymocowany akcelerometr do pasa i jest on zorientowany tak, aby w czasie gdy pacjent znajduje się w wyprostowanej pozycji stojącej przyspieszenie w osi Z wynosiło w przybliżeniu 1g lub -1g, w zależności od tego czy oś Z akcelerometru ma zwrot zgodny lub przeciwny ze zwrotem wektora przyspieszania ziemskiego. Przy takim montażu akcelerometru przyspieszanie w kierunkach X i Y dla pacjenta stojącego będzie wynosiło w przybliżeniu 0g (w przybliżeniu). Pochylenie pacjenta w dowolnym kierunku spowoduje zmianę wskazania przyspieszenia w kierunkach

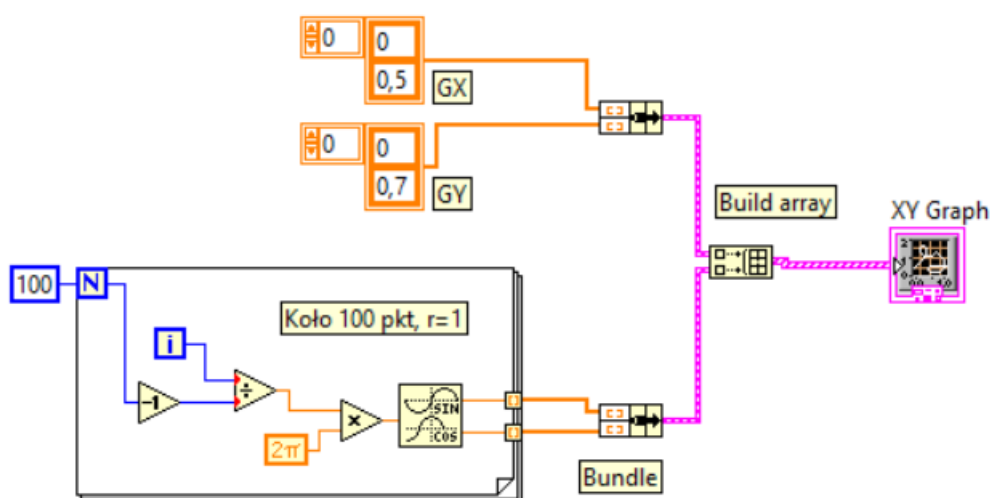
X i Y. Na podstawie zmian we wskazaniach przyspieszenia w kierunkach X i Y może być podejmowana decyzja o tym czy nastąpił upadek pacjenta. Jedną z metod detekcji upadku jest wyznaczanie współczynnika wychylenia będącego pierwiastkiem z sumy kwadratów przyspieszeń X i Y. Przekroczenie ustalonej wartości granicznej tego współczynnika stanowi wstępny warunek detekcji upadku.

Aby uprościć interpretację uzyskiwanych wyników pomiaru przyspieszenia w kierunkach X i Y można je przedstawić w na wykresie XY w formie odcinka, którego kierunek i długość będą ilustrowały kierunek i stopień wychylenia pacjenta względem pozycji pionowej. Rysunek 2 przedstawia sugerowany sposób prezentacji wyników pomiaru przyspieszenia.



Rysunek 2. Sugerowany sposób prezentacji wyników pomiaru przyspieszenia

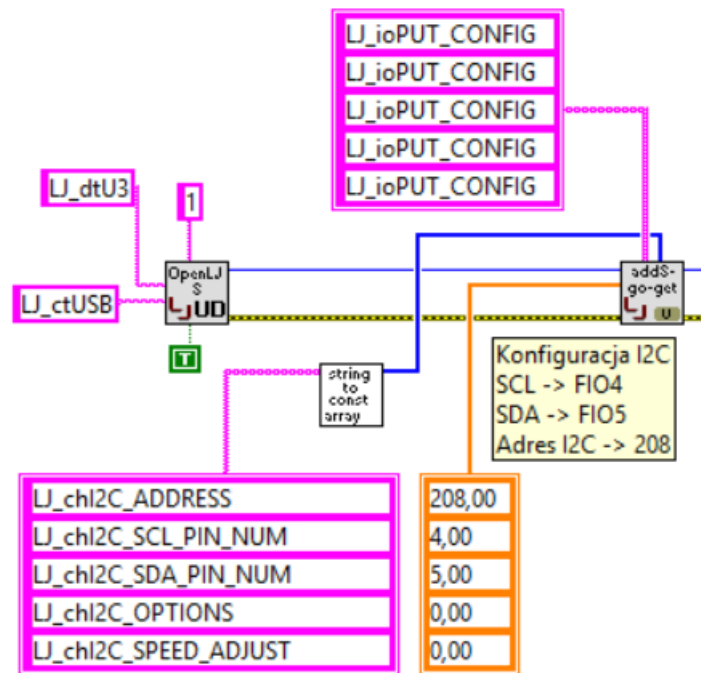
Przedstawiony sposób prezentacji wyników wymaga wyświetlenia na jednym wykresie wyników pomiaru przyspieszenia (jeden z końców odcinka) oraz progu detekcji upadku (okrąg), do realizacji takiego wykresu można skorzystać z przykładu przedstawionego na rysunku 3. Aby możliwe było dostosowanie progu detekcji upadku do zastosowanego sposobu montażu czujnika i aktywności ruchowej pacjenta należy umożliwić operatorowi zmianę tego progu, co będzie skutkowało zmianą promienia okręgu przedstawionego na rysunku 2.



Rysunek 3. Diagram ilustrujący metodę prezentacji dwóch tablic z danymi na wykresie XY

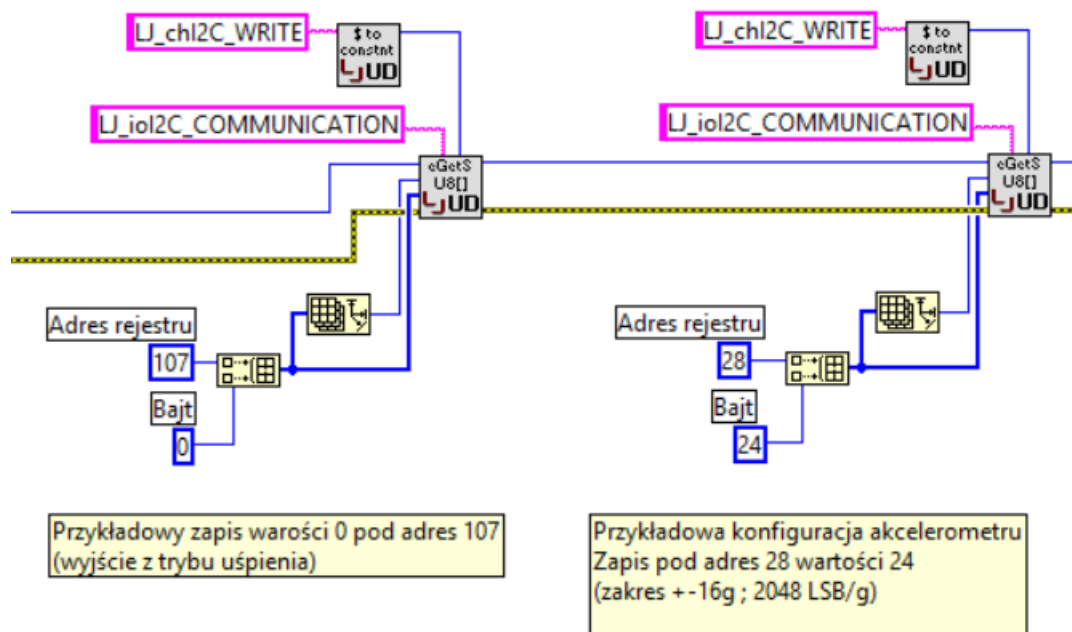
c) Obsługa przetwornika MCP6050

Do pomiaru przyspieszenia należy skorzystać z trójosiowego przetwornika MCP6050 zawierającego trójosiowy akcelerometr. Komunikacja z przetwornikiem będzie zrealizowana z wykorzystaniem interfejsu I²C i karty LabJack. W trakcie wykonywania ćwiczenia można skorzystać z przykładu „U3 I2C EEPROM.vi” znajdującego się w pakiecie LabVIEW_LJUD. Przykład ten umożliwia nawiązanie komunikacji z układem pamięci zewnętrznej EEPROM i należy go dostosować do obsługi przetwornika MCP6050. Dla poprawnego skonfigurowania połączenia należy zdefiniować adres I²C przetwornika i wejścia karty LabJack obsługujące linie SCL i SDA interfejsu I²C zgodnie z nastawami z rysunku 4.



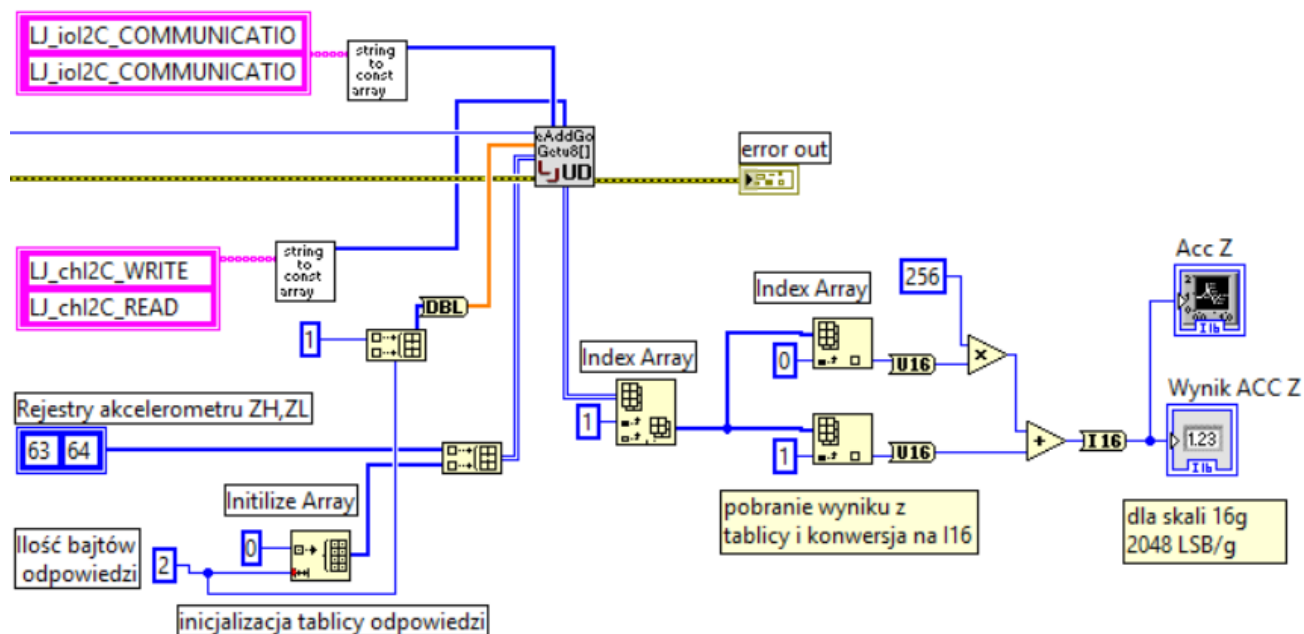
Rysunek 4. Konfiguracja interfejsu I²C dla karty LabJack i przetwornika MCP6050

Przed rozpoczęciem odczytu wyników pomiaru przyspieszenia należy skonfigurować akcelerometr poprzez nastawienie rejestrów odpowiedzialnych za parametry pracy układu. Zgodnie z dokumentacją przetwornika MCP6050 należy dostosować wartości rejestrów 107 i 28, które odpowiadają za zarządzanie zasilaniem i konfigurację akcelerometru. Na rysunku 5 przedstawiono przykładowy diagram umożliwiający wykonanie zapisu do tych rejestrów. Znaczenie poszczególnych bitów w rejestrach i możliwości konfiguracyjne opisane są w dokumentacji przetwornika „MPU-6000 and MPU-6050 Register Map and Descriptions”



Rysunek 5. Zapis do rejestrów przetwornika MCP6050

Po skonfigurowaniu przetwornika można przystąpić do cyklicznego odczytu wyników pomiaru przyspieszeń w kierunkach X, Y i Z. Wyniki zapisane są w parach rejestrów, po ich odczytaniu należy je skonwertować do początkowego typu danych (I16). Dostęp do grupy rejestrów można usprawnić korzystając z podprogramu LJUD_eAddGoGet zgodnie z przykładem przedstawionym na rysunku 6.



Rysunek 6. Przykładowy odczyt zestawu rejestrów (przyspieszanie w osi Z)

3. Założenia do zadania

- 1) Realizowane w ramach ćwiczenia urządzenie ma pełnić funkcję detektora upadku pacjenta, korzystającego z trójosiowego akcelerometru do określenia aktualnej pozycji ciała pacjenta. Założono, że akcelerometr jest zamocowany do pasa pacjenta i zorientowany w taki sposób, że dla pacjenta znajdującego się w wyprostowanej pozycji stojącej wskazanie przyspieszenia w osi Z jest równe $1g$ lub $-1g$, a wskazania w kierunku X i Y akcelerometru w przybliżeniu są równe $0g$.
- 2) Do pomiaru przyspieszeń G_X , G_Y , G_Z (mierzonych w kierunkach X, Y, Z akcelerometru) należy skorzystać z przetwornika MCP6050 zawierającego akcelerometr i karty LabJack z interfejsem I²C.
- 3) Wyniki pomiaru przyspieszeń mają być wyrażone jako krotności standardowego przyspieszenia ziemskiego („g”) i udostępnione operatorowi w trzech trybach prezentacji:
 - a) Historia wyników pomiaru przyspieszeń, prezentująca na jednym wykresie wyniki ostatnich 30 sekund pomiaru przyspieszeń G_X , G_Y , G_Z [1 pkt]
 - b) Maksymalne przyspieszanie zarejestrowane przez akcelerometr od momentu, w którym wychylenie pacjenta spowodowało przekroczenie nastawionego progu detekcji upadku [2 pkt]
 - c) Aktualne wychylenie pacjenta wraz z prezentacją progu detekcji upadku (zgodnie z ilustracją na rys. 2) [3 pkt]
 - i) Ustawiona wartość progu jest przedstawiana w postaci okręgu o promieniu równym nastawionemu progowi detekcji
 - ii) Współczynnik wychylenia wyznaczany jest jako pierwiastek z sumy kwadratów G_X i G_Y , odpowiada on długości odcinka prezentującego na wykresie aktualne wychylenie pacjenta. Początek tego odcinka jest umiejscowiony w punkcie (0,0) wykresu, a jego koniec określony jest przez aktualne wyniki pomiaru przyspieszeń G_X i G_Y
- 4) Obsługa urządzenia:
 - a) Regulacja zakresu pomiaru przyspieszeń [3pkt]:

Urządzenie ma umożliwiać wybór zakresu mierzonych przyspieszeń wg listy: $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, $\pm 16g$
(uwaga: po zmianie zakresu należy uwzględnić zmianę LSB/1g wyniku odczytanego z akcelerometru)
Zmiana zakresu mierzonych przyspieszeń ma skutkować zmianą:

 - i) nastawy zakresu pomiarowego w przetworniku (rejestr 28)
 - ii) zmianą wartości maksymalnej skali przyspieszania w historii wyników pomiaru przyspieszeń G_X , G_Y , G_Z
 - iii) wyczyszczeniem historii wyników pomiarów
 - b) Detekcja upadku pacjenta [3pkt]:
 - i) Operator ma możliwość ustawienia progu detekcji upadku w zakresie od $0,2g$ do $1g$ (co $0,1g$)
 - ii) Jeśli wyznaczony współczynnik wychylenia przekracza próg detekcji upadku, to uruchamiany jest licznik określający czas trwania upadku wyrażony w sekundach
 - (1) Licznik jest zerowany jeśli pacjent powróci do wychylenia poniżej progu detekcji upadku i czas upadku jest krótszy niż 5 sekund
 - (2) W pierwszych 5 sekundach od upadku aktywowana jest kontrolka ostrzegawcza (np. pomarańczowy LED) i możliwe jest zgłoszenie fałszywej detekcji upadku przez operatora (np. gdy pacjent położył się), co zapobiega aktywacji kontrolki alarmowej
 - (3) Po upływie 5 sekund od uruchomienia licznika aktywowana jest kontrolka alarmowa sygnalizująca wykrycie upadku pacjenta (np. czerwony LED). Operator ma możliwość wyłączenia stanu alarmowego, co powoduje także wyzerowanie wskazania maksymalnego zarejestrowanego przyspieszenia (pkt 3b)
 - c) Wyniki pomiaru przyspieszeń odczytywane są co 100ms. Po każdym odczycie wyniki są analizowane i prezentowane na panelu urządzenia.