

*Ćwiczenie 3 – Wirtualne urządzenie kontrolno-pomiarowe  
z wykorzystaniem karty pomiarowej*

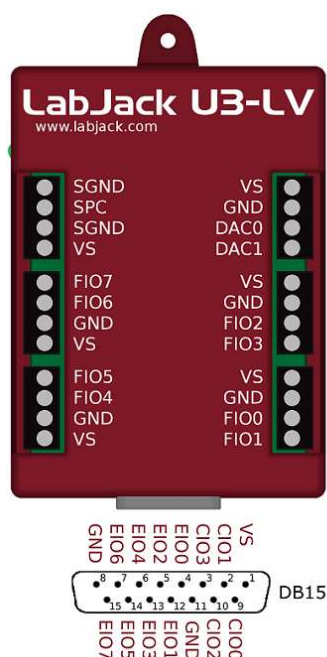
**1. Cel ćwiczenia**

Zapoznanie się z metodami obsługi kart pomiarowych z wykorzystaniem dedykowanych sterowników i funkcji. Nabycie umiejętności realizacji urządzenia kontrolno-pomiarowego z użyciem zewnętrznej karty pomiarowej. Zaznajomienie się z metodami eksportowania danych i dwuwymiarowej prezentacji wyników w środowisku LabView.

**2. Wprowadzenie do ćwiczenia**

**a) Karta pomiarowa**

Do realizacji ćwiczenia zostanie wykorzystana karta pomiarowa LabJack U3 LV z interfejsem USB. Szczegółowy opis karty i dokumentację można znaleźć na stronie (<http://labjack.com/products/u3>). Układ wyprowadzeń i złącz karty przedstawiony jest na rysunku 1. Dolna część rysunku przedstawia złącze typu DB15 z dodatkowymi wyprowadzeniami.



Rysunek 1. Układ wyprowadzeń i złącz karty LabJack U3

Karta wyposażona jest w 16 konfigurowalnych linii wejścia/wyjścia zgrupowanych w ośmiobitowe porty oznaczone jako EIO i FIO. Linie te mogą pełnić następujące funkcje:

- wejście cyfrowe (logiczny stan 0 lub 1)
- wyjście cyfrowe (logiczny stan 0 lub 1 → 0V lub 5V)
- wejście analogowe (0-2,4V, 12bit 2,5ks/s)

W przypadku gdy wybrana linia jest skonfigurowana jako wejście analogowe to w programach przyjmuje oznaczenie **AIN** (np. AIN0-AIN7 zamiast FIO0-FIO7). Dodatkowo dwie wybrane linie mogą być wykorzystane do obsługi wbudowanych układów licznikowych (timer/counter).

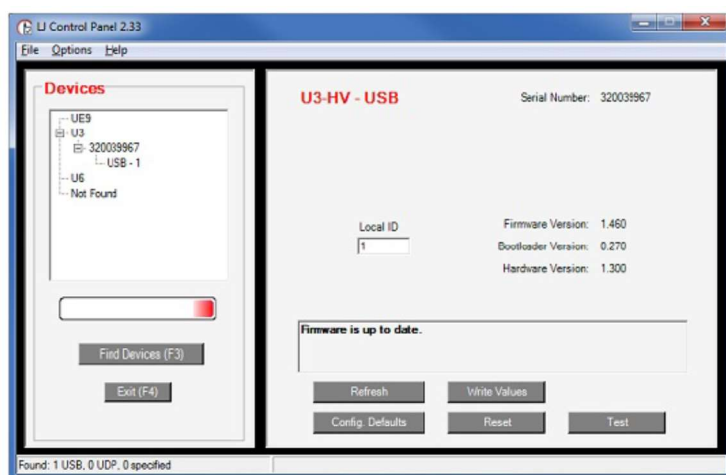
Linie oznaczone jako **GND** mają taki sam potencjał jak linia GND portu USB który jest wykorzystany do zasilania karty pomiarowej. Jest to potencjał odniesienia (0V) dla wejść analogowych pracujących w trybie niesymetrycznym (*single-ended*). Linia SGND jest dodatkowo zabezpieczona bezpiecznikiem samoresetującym i powinna być wykorzystywana w przypadku podłączenia dodatkowych układów wyposażonych w zewnętrzne źródło zasilania.

Linie **VS** są wykorzystywane jako linie zasilające. Posiadają one taki sam potencjał jak linia zasilania portu USB (ok. 5V).

Karta wyposażona jest też w dwa wyjścia analogowe (**DAC0** i **DAC1**). Typowy zakres pracy tych wyjść to 0,04V – 4,95V (zależne od napięcia zasilania), rozdzielczość przetwornika wynosi 10 bit.

### b) Instalacja karty pomiarowej

Pakiet oprogramowania i sterowników do kart LabJack dostępny jest na stronie internetowej producenta (<https://labjack.com/support/software/installers>). W przypadku komputerów stacjonarnych dostępnych w sali laboratoryjnej oprogramowanie to jest już zainstalowane. Przed rozpoczęciem pracy z kartą należy sprawdzić poprawność działania karty na stanowisku korzystając z oprogramowania konfiguracyjno-diagnostycznego: Control Panel Application (LJControlPanel). Po uruchomieniu aplikacji karta powinna być widoczna w liście urządzeń serii U3 wraz z przypisanym numerem identyfikacyjnym (typowo: 1). Przykładowy wygląd aplikacji po odnalezieniu karty pomiarowej przedstawia rysunek 2.



Rysunek 2. Aplikacja konfiguracyjno-diagnostyczna kart LabJack

Aplikacja LJControlPanel umożliwia także testowanie poprawności działania wejść i wyjść karty (opcja **Test**). Zaleca się weryfikację poprawności działania karty i oprogramowania na początku zajęć poprzez ustawienie stanów wyjść cyfrowych i analogowych oraz pomiar ich napięcia przy użyciu multimetru.

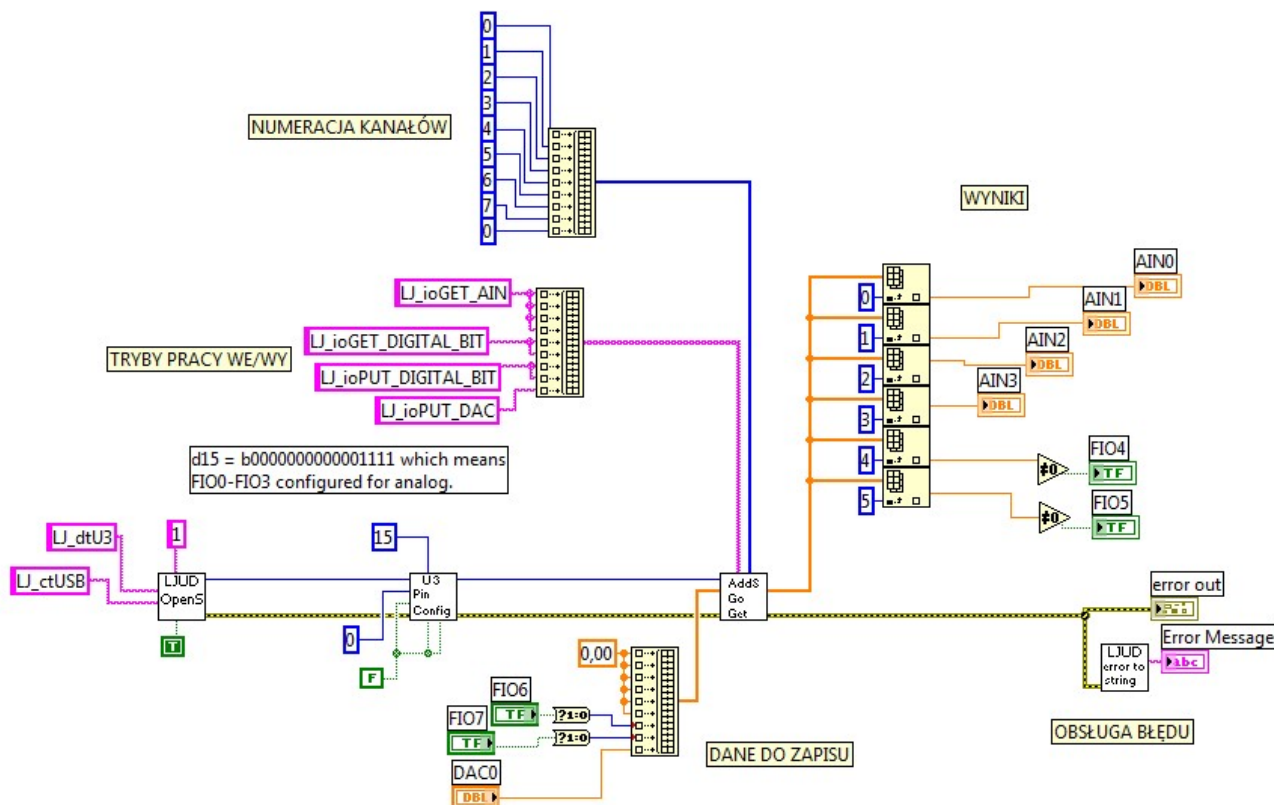
Po prawidłowej instalacji karty zielona dioda statusowa **LED** znajdująca się z boku obudowy powinna świecić się w sposób ciągły.

### c) Przykład obsługi karty pomiarowej

Producent kart LabJack udostępnia biblioteki, funkcje/moduły oraz przykłady ich wykorzystania dla różnych języków programowania (m.in. C++, LabView, Python, Node.js, Matlab, Java, .Net, Agilent Vee). Przykłady dla środowiska LabView dostępne są pod adresem <https://labjack.com/support/software/examples/ud/labview>. Pakiet LabView\_LJUD zawiera przykłady i podprogramy, które mogą być wykorzystane na zajęciach laboratoryjnych.

Aby zapoznać się z metodami obsługi karty pomiarowej LabJack w środowisku LabView zaleca się przeanalizowanie przykładu U3 Multiple IO Example Loop (LabVIEW\_LJUD\Examples\U3\U3 Multiple IO Example Loop.vi). Program ten prezentuje sposób konfigurowania karty oraz zapis i odczyt danych z wielu wyjść i wejść w jednym cyklu pracy pętli głównej programu. Może on stanowić punkt wyjścia do tworzenia własnej aplikacji zgodnej z założeniami ćwiczenia laboratoryjnego. Diagram przykładu bez pętli głównej programu zaprezentowany jest na rysunku 3. Można przeanalizować również inne przekłady zawierające pozostałe funkcje komunikacyjne przygotowane dla kart LabJack. W

szczegóły przydatne mogą być przykłady odczytu pojedynczego wyniku (*U3 Single IO Example*) oraz nastawiania wartości DAC (np. *U3 DAC Output from File*).



Rysunek 3. Diagram przykładu konfiguracji, zapisu i odczytu danych z karty LabJack w środowisku LabView

Sposób obsługi karty pomiarowej LabJack bazuje na podobnym systemie przekazywania informacji o zasobach i błędach jaki wykorzystywany jest w standardzie VISA. Pierwszy z modułów (podprogramów/funkcji) **OpenS** konfiguruje typ karty pomiarowej (*LJ\_dtU3*), interfejs (*LJ\_ctUSB*) oraz numer identyfikacyjny przypisany wcześniej do karty (1).

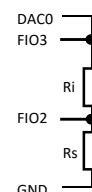
Kolejny blok **Pin Config** pozwala skonfigurować podstawowy tryb pracy dla poszczególnych linii portów karty pomiarowej. Linie portów FIO i EIO mogą pracować jako wejście analogowe lub wejście/wyjście cyfrowe. Konfiguracja odbywa się poprzez ustawienie 0 lub 1 (cyfrowe lub analogowe) na pozycji odpowiadającej danej linii portu. Parametr konfiguracyjny podawany jest jako zmienna typu liczbowego (I32) odpowiadająca zapisowi binarnemu, który ustala tryby pracy poszczególnych linii. Kolejność linii jest następująca zaczynając od najmłodszego bitu: FIO0-FIO7 EIO0-EIO7. W podanym przykładzie 4 najmłodsze linie są ustawione w trybie analogowym, pozostałe w cyfrowym.

Wysyłanie i odbieranie danych może się odbywać z użyciem jednego podprogramu, w powyższym przykładzie jest to **Go Get**. Podprogram ten wymaga wprowadzenia dwóch tablic zawierających parametry pracy karty. Tablica stringów zawiera szczegółowe tryby pracy dla poszczególnych linii. W przykładzie są to zaczynając od najmłodszej pozycji: wejście analogowe (*LJ\_ioGET\_AIN*), wejście cyfrowe (*LJ\_ioGET\_DIGITAL\_BIT*), wyjście cyfrowe (*LJ\_ioPUT\_DIGITAL\_BIT*), wyjście analogowe – przetwornik DAC (*LJ\_ioPUT\_DAC*). Tablica Integer (I32) umożliwia konfigurację numeracji kanałów (szczegóły numeracji kanałów dostępne są w dokumentacji technicznej karty U3).

Skonfigurowany podprogram **Go Get** umożliwia wprowadzenie w postaci tablicy danych wysyłanych do karty (lewe wejście) oraz odebranie danych z karty (prawe wyjście) również w formie tablicy. Ze względu na to, że tablica musi zawierać dane jednego typu zmienne typu boolean muszą być konwertowane na wartości liczbowe 0 i 1.

### 3. Założenia do zadania

- 1) Do komunikacji z kartą pomiarową wykorzystać biblioteki i podprogramy (funkcje) dostarczone przez producenta
- 2) Korzystając z karty pomiarowej należy zrealizować układ elektroniczny umożliwiający wyznaczenie rezystancji statycznej dwójnika  $R_s$ , w tym celu należy wykorzystać:
  - a) 1 wyjście DAC: jako sterowane źródło napięciowe
  - b) 2 wejścia ADC: do pomiaru napięcia na badanym dwójniku oraz napięcia DAC
  - c) Rezystor  $R_i$  do wyznaczenia prądu przepływającego przez badany dwójnik (podłączyć rezystor szeregowo z obiektem, należy skorzystać z różnicy napięć na wejściach ADC i znanej wartości rezystancji – pomiar rezystancji odniesienia  $R_i$  wykonać multimetrem i uzyskaną wartość wprowadzić do programu)
  - d) Jako przykładowe dwójniki do testów różnych trybów pracy programu wykorzystać diodę oraz rezystor



- 3) Wyznaczenie rezystancji statycznej, tryb manualny (1) i tryby automatyczne (2 i 3):
  - a) Tryb 1: Operator ustawia pokrętelem lub suwakiem żądane napięcie źródła (DAC). Na panelu prezentowane są wyniki dla wybranego napięcia DAC. [1pkt]
  - b) Tryb 2: Operator ustawia wartość prądu, dla którego chce wyznaczyć rezystancję statyczną. Program ma wyznaczyć rezystancję statyczną dla zadanej wartości prądu poprzez liniową regulację napięcia przetwornika DAC z krokiem 5mV do uzyskania zadanej wartości prądu. [3pkt]
  - c) Tryb 3: Operator ustawia wartość prądu, dla którego chce wyznaczyć rezystancję statyczną. Program ma wyznaczyć rezystancję statyczną dla zadanej wartości prądu poprzez regulację napięcia przetwornika DAC metodą kolejnych przybliżeń w 9 krokach zaczynając od napięcia 2,5V i w następnych krokach zwiększając lub zmniejszając wartość napięcia DAC o połowę poprzedniej zmiany (stan początkowy: 2,5V, krok 1: +/- 1,25V, krok2: +/- 0,625V ...) [3pkt]

*Dla trybów od 1 do 3:*

Na panelu prezentowana jest aktualna wartość rezystancji statycznej, prąd przepływający przez obiekt (wartość aktualna i historia zmian), aktualne napięcie na obiekcie oraz aktualne *zmierzone* napięcie DAC

- 4) Automatyczne wyznaczanie charakterystyki prądowo-napięciowej dwójnika (Tryb 4) [4pkt]:
  - a) Urządzenie ma automatycznie wyznaczyć charakterystykę dwójnika poprzez liniowe zwiększanie napięcia na wyjściu DAC. Charakterystyka ma być prezentowana na wskaźniku *XY Graph* (dla ułatwienia można skorzystać z buildera danych wejściowych)
  - b) Operator ma mieć możliwość określenia wartości maksymalnej dla DAC oraz kroku zmiany napięcia DAC
  - c) Wyznaczanie charakterystyki ma się zatrzymać w przypadku osiągnięcia zadanej wartości maksymalnego DAC lub po osiągnięciu nasycenia przez którykolwiek przetwornik ADC (ok. 2.4V)
  - d) Zapobiegać pojawianiu się błędów przy wyznaczaniu początkowych i końcowych punktów charakterystyki (zwrócić uwagę na kolejność zapisów i odczytów danych z karty pomiarowej)
  - e) Umożliwić zapisanie wyznaczonej charakterystyki do pliku w formacie CSV (dwie kolumny oddzielone średnikiem zawierające pary wartości prądów i napięć – przetestować poprawność zapisu korzystając z Excela) – można skorzystać z: „Open/Create/Replace File” / „Write to text file” / „Write To Spreadsheet File”
- 5) Aktywny jest tylko jeden wybrany tryb pracy i jego wskaźniki/kontrolki  
Panel jest zorganizowany w czytelny i ergonomiczny sposób [1pkt]

Uwaga: W przypadku odczytu i zapisu danych z wykorzystaniem jednej funkcji *Go Get* uzyskany wynik jest reakcją na stan przetwornika DAC zadany w poprzedniej iteracji głównej pętli programu. Powoduje to problem z wyborem kierunku zmian napięcia DAC w trybie 3 oraz błędną prezentacją początkowych wartości charakterystyki w trybie 4. Ten problem można rozwiązać poprzez rozdzielenie funkcji zapisu i odczytu danych z karty, naprzemienny odczyt i zapis lub wykorzystanie sprzężenia zwrotnego (feedback node lub shift register).

Skala ocen (punkty : ocena)

6-6,5 pkt: 3      7-8 p kt: 3,5      8,5-9,5 pkt: 4      10-11 pkt: 4,5      11,5-12 pkt: 5