

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**  
**TRƯỜNG ĐIỆN – ĐIỆN TỬ**  
**KHOA TỰ ĐỘNG HÓA**

---

**TÀI LIỆU HƯỚNG DẪN THÍ NGHIỆM**  
**KỸ THUẬT CẢM BIẾN**  
**EE4502**

Họ và tên: .....  
MSSV: .....  
Lớp – khóa: .....

# NỘI DUNG CÁC BÀI THÍ NGHIỆM

## BÀI 1: ĐẶC TÍNH CỦA CẢM BIẾN NHIỆT ĐIỆN TRỞ

### I. MỤC TIÊU

- Hiểu được cấu tạo và nguyên lý hoạt động của cảm biến nhiệt điện trở (Pt-100).
- Hiểu được cách sử dụng thiết bị hiệu chuẩn đa năng HPC40, máy hiệu chuẩn nhiệt độ ETC-400A.
- Ghi số liệu, xây dựng đặc tính cảm biến và vẽ đường cong chuẩn.

### II. DỤNG CỤ VÀ THIẾT BỊ

#### 1. Thiết bị hiệu chuẩn đa năng cầm tay HPC40

HPC40 là series máy hiệu chuẩn áp suất cầm tay của hãng Crystal Engineering Corporation. Với độ chính xác cao, tích hợp các chuẩn giao thức kết nối hiện đại, màn hình full color và giao diện dễ sử dụng. HPC40 có thể sử dụng như một thiết bị hiệu chuẩn độc lập hoặc được tích hợp cùng hệ thống của hãng và sử dụng trong nhiều ứng dụng từ đơn giản đến phức tạp. Với độ chính xác có thể lên tới 0.035%, HPC40 có thể thay thế một số đồng hồ đo hoặc bộ hiệu chuẩn thường dùng. HPC40 đã được bù nhiệt độ bên trong do đó thiết bị có thể hoạt động chính xác ở mọi nhiệt độ môi trường. Ngoài chức năng đo áp suất, HPC40 cũng cung cấp các chức năng khác như đo dòng điện, điện áp nhỏ, test chuyển đổi trạng thái, đo nhiệt độ.



Hình 1: Thiết bị hiệu chuẩn đa năng cầm tay HPC40

Các tính năng chính:







- Đo áp suất: có 2 đầu vào áp suất, có thể đo ở các chế độ: P1, P2, APM, Diff, Dual.
- Đo nhiệt độ: có 1 đầu vào nhiệt điện trở.

- Đo áp suất khí quyển.
- Đo điện áp, đo/phát dòng điện.

Cấu tạo và cách sử dụng thiết bị:

- APM and Temperature Connection: Cổng kết nối với module APM bên ngoài để mở rộng các tùy chọn áp suất, và một cổng cảm biến nhiệt điện trở.
- Wireless Keypad: khe cắm que đo dòng điện, điện áp.
- Mini-USB Port: cổng USB cho phép kết nối với máy tính và điều khiển bằng phần mềm.
- Function Buttons: Các nút bấm tùy chỉnh chức năng trên máy.
- Color Display: Màn hình màu hiển thị các thông số.
- Cursor Keys: Nút bấm điều hướng.
- CPF Pressure Connection: đầu vào vật lý hỗ trợ kết nối với các chuẩn kết nối đo áp suất.

*Bảng 1: Các phím chức năng trên HPC40*

Phím		Mô tả
Nguồn		Nhấn và giữ nút nguồn để bật và tắt HPC40. HPC40 sẽ tự động tắt nếu không được sử dụng trong một khoảng thời gian.
Điều hướng		Sử dụng bốn nút điều hướng để di chuyển con trỏ theo hướng mong muốn hoặc để cuộn danh sách các tùy chọn.
Thoát		Thoát tùy chọn hoặc quay lại màn hình trước đó.
Enter		Dùng để Xem/Đồng ý tùy chọn đang được chọn hoặc nhập giá trị vào máy.
Zero		Ấn Zero để kích hoạt các phím chức năng (F1-F4). Sau đó nhấn phím chức năng ứng với tham số mà ta muốn bằng không. Nhấn Zero thêm một lần nữa để chuẩn hóa tham số đó về 0.
Cài đặt		Dùng để mở menu cài đặt hệ thống.

## **2. Thiết bị hiệu chuẩn nhiệt độ ETC-400A**

ETC-400A là thiết bị dùng để tham chiếu nhiệt độ có khả năng gia nhiệt lên đến 100°C mỗi phút và ổn định chỉ sau 3 phút. Với kích thước nhỏ và trọng lượng nhẹ, kết cấu chắc chắn, có mặt bên bằng thép không gỉ và cao su, thiết bị này có thể hoạt động bền bỉ và phù hợp với môi trường công nghiệp.



Hình 2: Thiết bị hiệu chuẩn nhiệt độ ETC-400A

Các thông số chính:

- Phạm vi nhiệt độ từ 28 đến 400 °C (82 đến 752 ° F).
- Độ chính xác đến  $\pm 0,5$  °C và Độ ổn định đến  $\pm 0,05$  °C.
- Thời gian gia nhiệt và tản nhiệt nhanh chóng.
- Màn hình hiển thị đa thông tin dễ đọc.
- Đặt nhiệt độ tham chiếu với độ phân giải 0,1 °C.

Hướng dẫn sử dụng thiết bị:

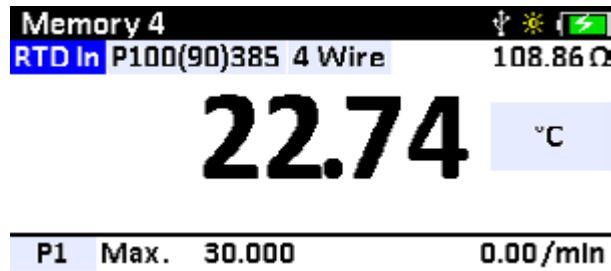
- Bước 1: Cấp nguồn và bật công tắc nguồn cho thiết bị.
- Bước 2: Sử dụng 2 phím Tăng, Giảm để cài đặt nhiệt độ tham chiếu.
- Bước 3: Nhấn phím Enter để thiết bị bắt đầu gia nhiệt/tản nhiệt.

### III. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM

#### 1. Thí nghiệm 1: Kiểm tra hoạt động của HPC40

a. Chuẩn bị thí nghiệm

- Kết nối HPC40 với máy tính thông qua cổng mini-USB.
- Kết nối cảm biến nhiệt điện trở Pt-100 với HPC40.
- Ấn giữ phím nguồn để bật HPC40, đợi đến khi thiết bị khởi động xong.
- Di chuyển con trỏ đến vị trí góc trên bên trái màn hình và chọn mode RTD In (**Hình 3**).
- Ở mode RTD In, chọn loại cảm biến là P100(90)385 và kiểu nối dây 4-wire cho Pt-100.
- Thiết bị đã sẵn sàng để đo nhiệt độ, màn hình hiển thị các thông số điện trở và nhiệt độ tính toán.
- Cấp nguồn cho ETC-400A và bật công tắc để khởi động thiết bị.



Hình 3: Màn hình giao diện HPC40 ở chế độ đo nhiệt độ

b. Tiến hành

- Cắm cảm biến Pt-100 vào khe nhiệt của ETC-400A.
- Cài đặt giá trị nhiệt độ tham chiếu  $T_o$  cho ETC-400A cao hơn nhiệt độ môi trường khoảng 5-10 độ C, đợi cho đến khi nhiệt độ ổn định (máy sẽ phát ra âm thanh báo hiệu).
- Quan sát giá trị nhiệt độ  $T_x$  hiển thị trên EPC40 và so sánh với giá trị tham chiếu.
- Rút que đo ra khỏi ETC-400A khoảng 30 giây rồi cắm lại. Ghi lại giá trị nhiệt độ.
- Thực hiện 3 lần như trên.
- Tính sai số tương đối của EPC40, sai số nhỏ hơn 0.015% là thiết bị vẫn hoạt động tốt.
- Thực hiện xong, tắt máy, giữ nguyên các dây kết nối.

Nhận xét:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## 2. Thí nghiệm 2: Xác định đặc tính của nhiệt điện trở Pt-100

a. Chuẩn bị

Các bước chuẩn bị như thí nghiệm 1.

b. Tiến hành

- Cắm cảm biến Pt-100 vào khe nhiệt của ETC-400A.
- Cài đặt giá trị nhiệt độ tham chiếu  $T_o$  cho ETC-400A ở khoảng cao hơn nhiệt độ môi trường, đợi cho đến khi nhiệt độ ổn định (máy sẽ phát ra âm thanh báo hiệu). Lưu ý nhiệt độ tối đa được phép sử dụng là 50°C.
- Quan sát giá trị nhiệt độ  $T_x$  và điện trở  $R_T$  hiển thị trên EPC40, ghi lại vào **Bảng 2**.
- Rút que đo ra khỏi ETC-400A khoảng 30 giây rồi cắm lại. Ghi lại giá trị  $T_x$  và  $R_T$ .
- Thực hiện rút ra cắm lại như vậy 3 lần.
- Tăng giá trị nhiệt độ tham chiếu và thực hiện lại các bước như trên. Lưu ý, hạn chế việc giảm nhiệt độ vì quá trình tản nhiệt tốn nhiều thời gian hơn quá trình gia nhiệt.
- Thực hiện xong, tắt máy.

*Bảng 2*

$T_o$ (°C)	$T_x$ (°C)			$T_{TB}$ (°C)	$\Delta T$ (°C)	$R_T$ ( $\Omega$ )			$R_{Ttb}$ ( $\Omega$ )
	Lần 1	Lần 2	Lần 3			Lần 1	Lần 2	Lần 3	

#### IV. CÂU HỎI

- Hoàn thiện **Bảng 2**. Xác định sai số tương đối của mỗi phép đo.
- Xác định độ nhạy của cảm biến, xác định sự phụ thuộc  $R_T$  vào nhiệt độ.
- Vẽ đường cong chuẩn của cảm biến.

## BÀI 2: CẢM BIẾN ĐIỆN TRỞ

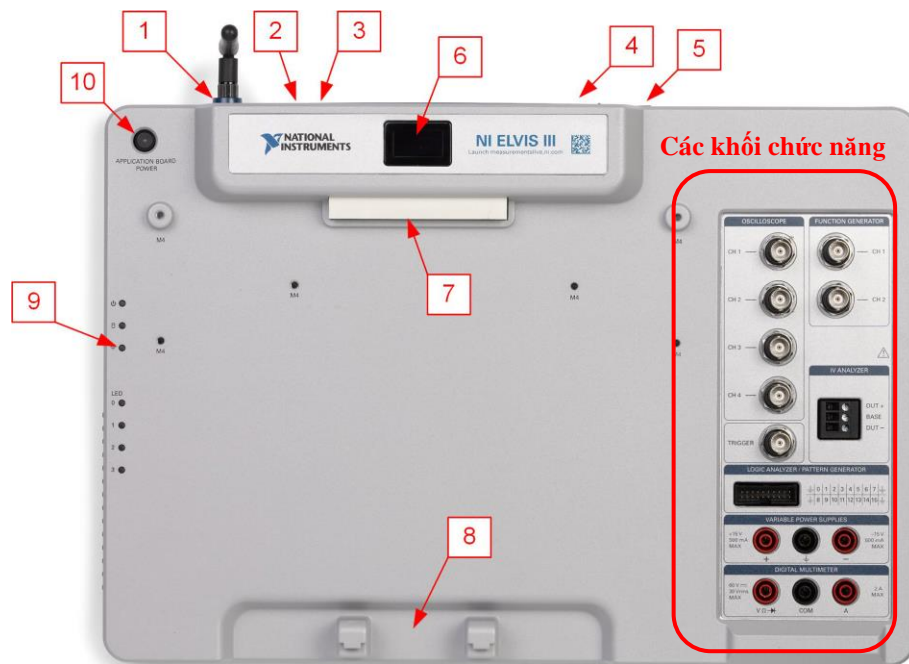
### I. MỤC TIÊU

- Nắm được cấu tạo và nguyên lý hoạt động của cảm biến biến trở và điện trở lực căng.
- Nắm được cách sử dụng thiết bị NI Elvis III, phần mềm LabVIEW, bo cảm biến Quanser.
- Ghi số liệu, tính toán độ nhạy, xây dựng công thức và vẽ đường cong chuẩn.

### II. DỤNG CỤ VÀ THIẾT BỊ

#### 1. Thiết bị đo và xử lý tín hiệu NI ELVIS III

NI ELVIS III là thiết bị đo và xử lý tín hiệu của bộ dụng cụ “Phòng thí nghiệm ảo NI ELVIS” của hãng National Instruments. Bộ dụng cụ này bao gồm rất nhiều các bo mạch, cảm biến, cơ cấu chấp hành,... có khả năng tương thích với NI Elvis III. Đây là một giải pháp phòng thí nghiệm hiện đại, giúp cho sinh viên có thể thực hiện các thí nghiệm điện, điện tử, cơ điện tử một cách trực quan và hiệu quả nhờ tính linh hoạt và khả năng tích hợp phần mềm trên máy tính.



Hình 4: Thiết bị đo và xử lý tín hiệu NI Elvis III

Cấu tạo của thiết bị NI Elvis III:

Bảng 3: Cấu tạo của NI Elvis III

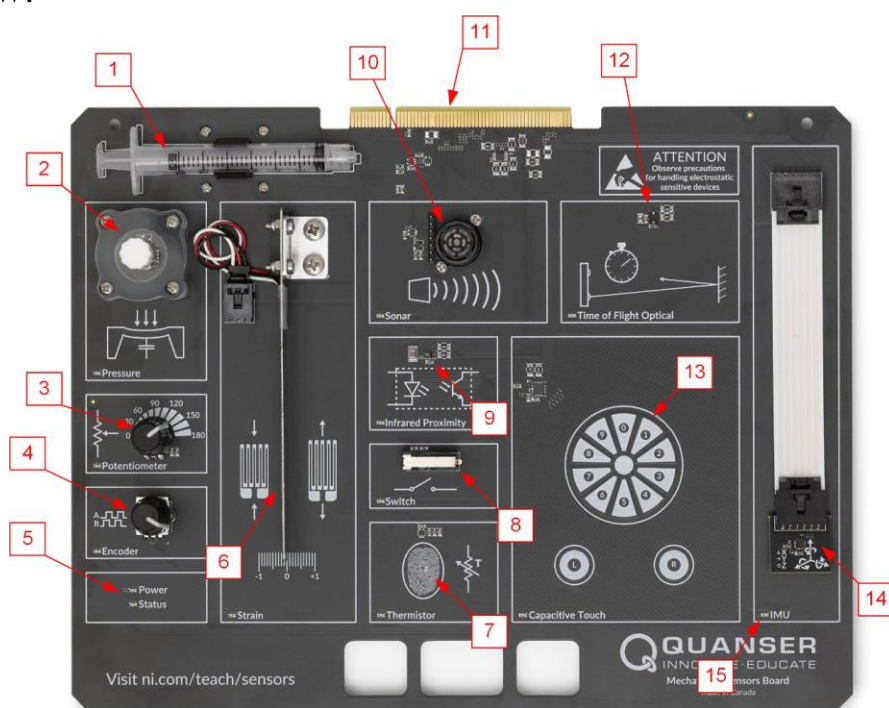
ID	Thành phần	ID	Thành phần
1	Ăng-ten	6	Màn hình hiển thị
2	Cổng Ethernet	7	PCI
3	Cổng USB Type-C	8	Gá đỡ bo mạch
4	Cáp nguồn	9	LED báo trạng thái
5	Công tắc nguồn	10	Công tắc nguồn cho bo mạch

Các khối chức năng trên NI Elvis III:

- Khối Oscilloscope: gồm 4 kênh đầu vào tín hiệu, tốc độ trích mẫu 400 MS/s, 14 bits.
- Khối Function Generator: gồm 2 kênh đầu ra tín hiệu, 100 MS/s, 15 MHz, 14 bits.
- Khối VI Analyzer:  $\pm 10$  V,  $\pm 30$  mA, 15 MHz
- Khối Logic Analyzer: 16 kênh, 100 MS/s.
- Khối Power Supply: cấp nguồn áp  $\pm 15$  V, nguồn dòng 0-500 mA.
- Khối Digital Multimeter: đo dòng điện, điện áp, hiển thị 4½ chữ số.

## 2. Bo mạch cảm biến Quanser

Bo mạch cảm biến Quanser là bo mạch tích hợp 15 loại cảm biến khác nhau phục vụ học tập và nghiên cứu trong phòng thí nghiệm. Bo mạch tương thích với NI Elvis III và phần mềm LabVIEW.



Hình 5: Bo mạch cảm biến Quanser

Cấu tạo phần cứng của bo mạch cảm biến Quanser:

Bảng 4: Cấu tạo phần cứng của bo mạch cảm biến Quanser

Vị trí	Cảm biến	Vị trí	Cảm biến
1	Xi-lanh	9	Tiệm cận (hồng ngoại)
2	Áp suất	10	Siêu âm
3	Biến trở	11	PCI
4	Encoder	12	Quang
5	LED báo nguồn	13	Chạm (điện dung)
6	Điện trở lực căng	14	IMU 9 trục
7	Nhiệt điện trở	15	LED báo cảm biến
8	Công tắc		



### 3. Phần mềm LabVIEW

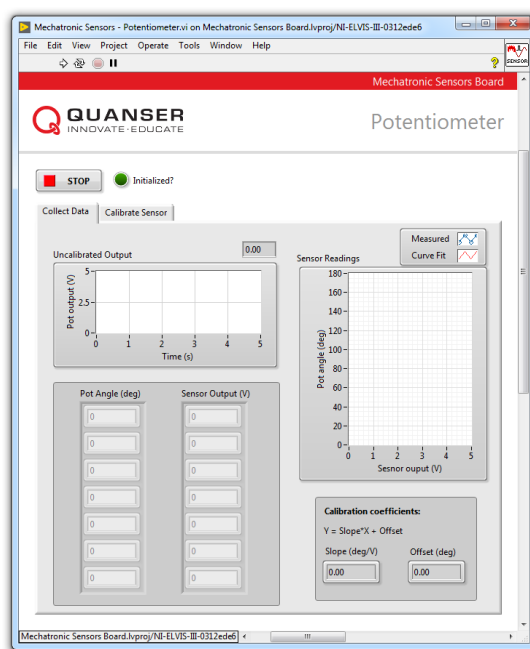
LabVIEW là phần mềm kỹ thuật hệ thống dành cho các ứng dụng yêu cầu kiểm tra, đo lường và điều khiển với khả năng truy cập nhanh vào thông tin chi tiết về phần cứng và dữ liệu. Một công cụ tiêu chuẩn công nghiệp, được sử dụng rộng rãi để thiết kế hệ thống kỹ thuật, LabVIEW cung cấp phương pháp lập trình đồ họa giúp hình dung mọi khía cạnh của một ứng dụng. Hình ảnh trực quan này giúp dễ dàng thiết kế các hệ thống kỹ thuật, truyền đạt các khái niệm và giúp sinh viên tập trung thời gian vào lý thuyết.

## III. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM

### 1. Thí nghiệm 1: Đo góc chuyển vị bằng cảm biến biến trở

#### a. Chuẩn bị thí nghiệm

- Cấp nguồn cho NI Elvis III.
- Kết nối NI Elvis III với máy tính thông qua cổng USB Type-C.
- Lắp bo mạch cảm biến Quanser vào thiết bị NI Elvis III.
- Bật công tắc nguồn cho bo mạch, khi đó LED trên công tắc và trên bo sẽ sáng.
- Khởi động LabVIEW và mở project Mechatronic Sensors Board.lvproj
- Từ cửa sổ Project Explorer, mở chương trình Mechatronic Sensors - Potentiometer.vi



Hình 6: Màn hình giao diện chương trình Potentiometer

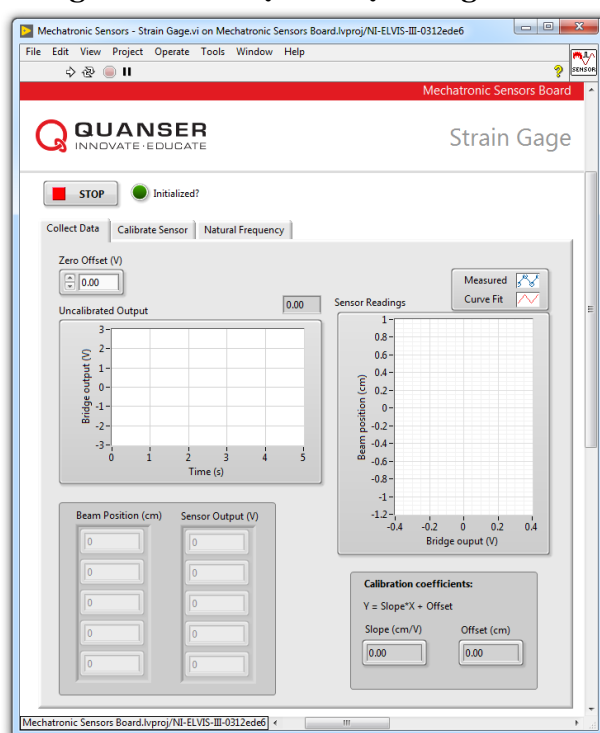
#### b. Tiến hành

- Ấn Run để chạy VI, đợi cho đến khi đèn Initialized? sáng.
- Xoay biến trở về góc  $\varphi = 0^\circ$ . Ghi lại giá trị điện áp U hiển thị trên Uncalibrated Output.
- Tăng góc  $\varphi$  đến các giá trị khác nhau, ghi lại giá trị góc  $\varphi$  và điện áp U vào **Bảng 5**.
- Khi đạt giá trị góc  $\varphi$  lớn nhất, xoay biến trở theo hướng giảm  $\varphi$ . Tiếp tục ghi lại giá trị góc  $\varphi$  và điện áp U.
- Thực hiện 3 lần như trên và hoàn thiện **Bảng 5**.
- Thực hiện xong, tắt chương trình, tắt công tắc nguồn cho bo mạch.

Bảng 5

Tăng $\varphi$					Giảm $\varphi$				
Góc ( $\varphi$ )	Điện áp (U)				Góc ( $\varphi$ )	Điện áp (U)			
	Lần 1	Lần 2	Lần 3	TB		Lần 1	Lần 2	Lần 3	TB

## 2. Thí nghiệm 2: Đo lực bằng cảm biến điện trở lực căng



Hình 7: Màn hình giao diện chương trình Strain Gage

### a. Chuẩn bị thí nghiệm

- Cảm biến điện trở lực căng có điện trở danh định là  $R = 350\Omega$  và  $Gage Factor = 2$ .
- Cấp nguồn cho NI Elvis III.
- Kết nối NI Elvis III với máy tính thông qua cổng USB Type-C.
- Lắp bo mạch cảm biến Quanser vào thiết bị NI Elvis III.
- Bật công tắc nguồn cho bo mạch, khi đó LED trên công tắc và trên bo sẽ sáng.
- Khởi động LabVIEW và mở project Mechatronic Sensors Board.lvproj
- Từ cửa sổ Project Explorer, mở chương trình Mechatronic Sensors – Strain Gate.vi

### b. Tiến hành

- Ấn Run để chạy VI, đợi cho đến khi đèn Initialized? sáng.
- Điều chỉnh đầu thanh đòn hồi ở vị trí  $x = 0$ . Quan sát giá trị  $U_{offset}$  hiển thị trên Uncalibrated Output, ghi lại và nhập giá trị đó vào ô Zero Offset.

- Điều chỉnh đầu thanh đàn hồi ở vị trí  $x = -1$ . Ghi lại giá trị điện áp (U) vào **Bảng 6**.
- Tiếp tục tăng  $x$  đến các giá trị khác nhau, ghi lại giá trị  $x$  và điện áp U vào **Bảng 6**.
- Khi đạt giá trị  $x$  lớn nhất, điều chỉnh đầu thanh đàn hồi theo hướng giảm  $x$ . Tiếp tục ghi lại giá trị góc  $\varphi$  và điện áp U.
- Thực hiện 3 lần như trên và hoàn thiện **Bảng 6**.
- Thực hiện xong, tắt chương trình, tắt công tắc nguồn cho bo mạch.

**Bảng 6**

Tăng $x$					Giảm $x$				
Vị trí ( $x$ )	Điện áp (U)				Vị trí ( $x$ )	Điện áp (U)			
	Lần 1	Lần 2	Lần 3	TB		Lần 1	Lần 2	Lần 3	TB

#### IV. CÂU HỎI

- Tính giá trị U trung bình, hoàn thiện **Bảng 5** và **Bảng 6**.
- Tính độ nhạy của cảm biến, xác định quan hệ vào-ra của cảm biến (*biết điện áp tham chiếu là 5V*).
- Vẽ đường cong chuẩn của cảm biến.

## BÀI 3: CẢM BIẾN QUANG

### I. MỤC TIÊU

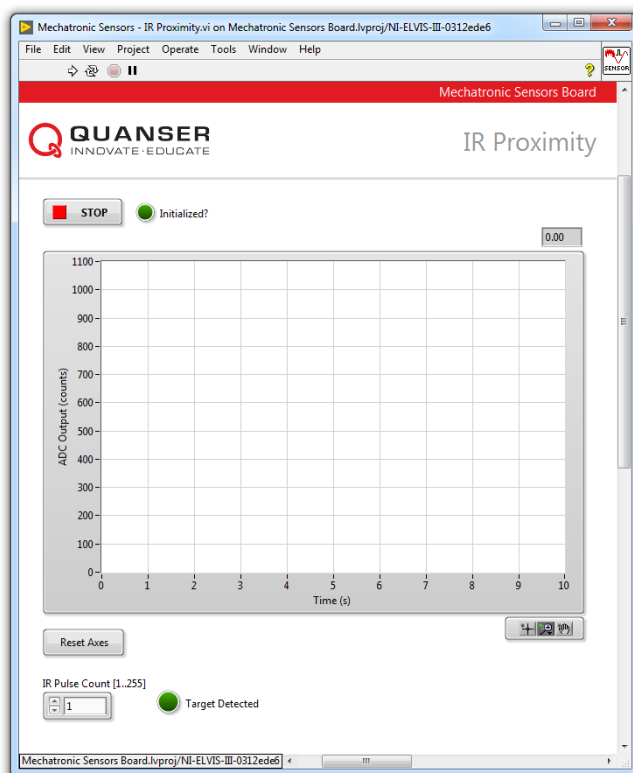
- Hiểu được cấu tạo và nguyên lý hoạt động của cảm biến tiệm cận hồng ngoại và encoder.
- Hiểu được cách sử dụng thiết bị NI Elvis III, phần mềm LabVIEW, bo cảm biến Quanser.
- Ghi số liệu, xây dựng đặc tính vào-ra và vẽ đường cong chuẩn.

### II. DỤNG CỤ VÀ THIẾT BỊ

1. Thiết bị đo và xử lý tín hiệu NI ELVIS III
2. Bo mạch cảm biến Quanser
3. Phần mềm LabVIEW

### III. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM

1. Thí nghiệm 1: Đo khoảng cách bằng cảm biến tiệm cận hồng ngoại



Hình 8: Màn hình giao diện chương trình IR Proximity

#### a. Chuẩn bị thí nghiệm

- Cảm biến tiệm cận hồng ngoại sử dụng bước sóng 850 nm, có giới hạn đo là  $D = 100\text{ mm}$ .
- Cấp nguồn cho NI Elvis III.
- Kết nối NI Elvis III với máy tính thông qua cổng USB Type-C.
- Lắp bo mạch cảm biến Quanser vào thiết bị NI Elvis III.
- Bật công tắc nguồn cho bo mạch, khi đó LED trên công tắc và trên bo sẽ sáng.
- Khởi động LabVIEW và mở project Mechatronic Sensors Board.lvproj
- Từ cửa sổ Project Explorer, mở chương trình Mechatronic Sensors – IR Proximity.vi

b. Tiến hành

- Ấn Run để chạy VI, đợi cho đến khi đèn Initialized? sáng.
- Nhập giá trị IR Pulse Count (1-255). Giá trị này sẽ là số xung hồng ngoại phát ra trong mỗi chu kỳ hoạt động, giá trị càng cao thì độ nhạy càng lớn.
- Đặt tấm phản xạ ở sao cho giá trị ADC Output ở gần giá trị 0 nhất. Ghi lại giá trị khoảng cách d từ tấm phản xạ tới cảm biến vào **Bảng 7**.
- Tiếp tục di chuyển tấm phản xạ lại gần cảm biến sao cho ADC Output đạt giá trị mong muốn. Ghi lại khoảng cách d từ tấm phản xạ tới cảm biến.
- Khi tấm phản xạ đến vị trí gần cảm biến nhất có thể (giá trị ADC Output chạm ngưỡng 1024), di chuyển tấm phản xạ từ từ ra xa. Tiếp tục ghi lại các giá trị khoảng cách d ứng với ADC Output mong muốn.
- Thực hiện 3 lần như trên và hoàn thiện **Bảng 7**.
- Thực hiện xong, tắt chương trình, tắt công tắc nguồn cho bo mạch.

Bảng 7: IR Pulse Count =

Tăng d					Giảm d				
ADC Output	Khoảng cách (d)				ADC Output	Khoảng cách (d)			
	Lần 1	Lần 2	Lần 3	TB		Lần 1	Lần 2	Lần 3	TB

**2. Thí nghiệm 2: Đo góc chuyển vị bằng cảm biến encoder**

a. Chuẩn bị thí nghiệm

- Cấp nguồn cho NI Elvis III.
- Kết nối NI Elvis III với máy tính thông qua cổng USB Type-C.
- Lắp bo mạch cảm biến Quanser vào thiết bị NI Elvis III.
- Bật công tắc nguồn cho bo mạch, khi đó LED trên công tắc và trên bo sẽ sáng.
- Khởi động LabVIEW và mở project Mechatronic Sensors Board.lvproj
- Từ cửa sổ Project Explorer, mở chương trình Mechatronic Sensors – Incremental Encoder.vi



Nhận xét: Bộ giải mã X1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

#### IV. CÂU HỎI

- Hoàn thiện **Bảng 7**, nhận xét.
- Xác định quan hệ vào-ra của cảm biến tiệm cận hồng ngoại, nêu nhận xét.
- Vẽ đường cong chuẩn của cảm biến tiệm cận hồng ngoại.
- Xác định công thức cho bộ giải mã non-quad và bộ giải mã X1 của cảm biến Encoder. So sánh ưu nhược điểm của 2 bộ giải mã và nêu nhận xét.
- Xác định công thức tính góc chuyển vị theo Edge và PPR ứng với mỗi bộ giải mã.