

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ  
ชุดทดลองอินเทอร์เน็ตออฟติงพร้อมเซนเซอร์  
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.รายการจัดซื้อจัดจ้าง ชุดทดลองอินเทอร์เน็ตออฟติงพร้อมเซนเซอร์ จำนวน 1 ชุด

2.กำหนดรายละเอียดและคุณลักษณะของพัสดุ

2.1 คุณลักษณะทั่วไป

ชุดทดลองชุดทดลองอินเทอร์เน็ตออฟติงพร้อมเซนเซอร์ เป็นชุดการทดลองที่มีการเชื่อมต่อกับวัตถุหรือสิ่งต่างๆ ที่ใช้อยู่ในชีวิตประจำวันให้มีความง่ายและสะดวกมากขึ้น การเชื่อมต่อนั้นเป็นการเชื่อมต่อแบบใช้ Internet เข้ามาเกี่ยวข้อง ทำงานโดยอาศัยหลักการ 3 layers ดังนี้ Perception layer, Network layer, Application layer ซึ่งเป็น layer มาตรฐานทางด้าน IoT (Internet of Things)

2.2 คุณลักษณะเฉพาะ

2.2.1 ชุดการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ ZigBee wireless protocols มีคุณสมบัติดังนี้

2.2.1.1 ชุด ZigBee communication node board จำนวน 5 ชุด

2.2.1.1.1 มีโปรเซสเซอร์ TI CC2538 Cortex-M3 Processor 2.4GHz หรือเทียบเท่า หรือดีกว่า

2.2.1.1.2 มีสวิตช์ปุ่มกดไม่น้อยกว่า 4 ปุ่ม

2.2.1.1.3 มีหน้าจอแสดงผลแบบ LCD หรือดีกว่า

2.2.1.1.4 มีช่องต่อสำหรับ แผง sensor module ได้

2.2.1.1.5 สามารถเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟหรือแบตเตอรี่ได้

2.2.1.2 สามารถทำการทดลองต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

2.2.1.2.1 การทดลอง IAR project establishing experiment

2.2.1.2.2 การทดลอง GPIO experiment

2.2.1.2.3 การทดลอง IIC experiment

2.2.1.2.4 การทดลอง GPIO interrupt experiment

2.2.1.2.5 การทดลอง ADC experiment

2.2.1.2.6 การทดลอง Timer experiment

2.2.1.2.7 การทดลอง Hibernation experiment

2.2.1.2.8 การทดลอง UART experiment

2.2.1.2.9 การทดลอง SPI experiment

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรงค์ ไพรินทร์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ)

..... กรรมการและเลขานุการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ตันตระกูล)

- 2.2.1.2.10 การทดลอง USB to Serial experiment
- 2.2.1.2.11 การทดลอง Peer to peer communication experiment
- 2.2.1.2.12 การทดลอง Power Transmission setup experiment
- 2.2.1.2.13 การทดลอง Wireless channel setup experiment
- 2.2.1.2.14 การทดลอง Wireless monitoring experiment
- 2.2.1.2.15 การทดลอง ACK Response experiment
- 2.2.1.2.16 การทดลอง External sensor module experiment
- 2.2.1.2.17 การทดลอง Star network topology experiment
- 2.2.1.2.18 การทดลอง Mesh network topology experiment
- 2.2.1.2.19 การทดลอง Grouping control experiment
- 2.2.1.2.20 การทดลอง Binding Control Experiment

## 2.2.2 ชุดการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ Bluetooth wireless protocols มีคุณสมบัติดังนี้

### 2.2.2.1 ชุด Bluetooth communication node board จำนวน 2 ชุด

- 2.2.2.1.1 มีโปรเซสเซอร์ Tiva TM4C123GH6PMI+CC2564B 2.4GHz หรือเทียบเท่า หรือดีกว่า
- 2.2.2.1.2 มีสวิตช์ปุ่มกดไม่น้อยกว่า 4 ปุ่ม
- 2.2.2.1.3 มีหน้าจอแสดงผลแบบ LCD หรือดีกว่า
- 2.2.2.1.4 มีช่องต่อสำหรับ แผง sensor module ได้
- 2.2.2.1.5 สามารถเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟหรือแบตเตอรี่ได้

### 2.2.2.2 สามารถทำการทดลองต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

- 2.2.2.2.1 การทดลอง IAR project establishing experiment
- 2.2.2.2.2 การทดลอง GPIO experiment
- 2.2.2.2.3 การทดลอง Watchdog experiment
- 2.2.2.2.4 การทดลอง IIC experiment
- 2.2.2.2.5 การทดลอง GPIO interrupt experiment
- 2.2.2.2.6 การทดลอง ADC experiment
- 2.2.2.2.7 การทดลอง Timer experiment

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวงษ์ ไพรินทร์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ)

..... กรรมการและเลขานุการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ตันตระกูล)

- 2.2.2.2.8 การทดลอง Hibernation experiment
- 2.2.2.2.9 การทดลอง UART experiment
- 2.2.2.2.10 การทดลอง SPI experiment
- 2.2.2.2.11 การทดลอง USB to Serial experiment
- 2.2.2.2.12 การทดลอง HID: Human Interface Device Profile experiment
- 2.2.2.2.13 การทดลอง ANP: Alert Notification Profile experiment
- 2.2.2.2.14 การทดลอง HRP: Heart Rate Profile experiment
- 2.2.2.2.15 การทดลอง HTP: Health Thermometer Profile experiment
- 2.2.2.2.16 การทดลอง PASP: Phone Alert Status Profile experiment
- 2.2.2.2.17 การทดลอง SPP: Serial port Profile experiment
- 2.2.2.2.18 การทดลอง External sensor module experiment

### 2.2.3 ชุดการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ WiFi wireless protocols มีคุณสมบัติดังนี้

#### 2.2.3.1 ชุด WiFi communication node board จำนวน 1 ชุด

- 2.2.3.1.1 มีโปรเซสเซอร์ TI CC3200, Cortex-M4 หรือเทียบเท่า หรือดีกว่า
- 2.2.3.1.2 มีสวิตช์ปุ่มกดไม่น้อยกว่า 4 ปุ่ม
- 2.2.3.1.3 มีหน้าจอแสดงผลแบบ LCD หรือดีกว่า
- 2.2.3.1.4 มีช่องต่อสำหรับ แผง sensor module ได้
- 2.2.3.1.5 สามารถเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟหรือแบตเตอรี่ได้

#### 2.2.3.2 สามารถทำการทดลองต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

- 2.2.3.2.1 การทดลอง IAR project establishing experiment
- 2.2.3.2.2 การทดลอง GPIO experiment
- 2.2.3.2.3 การทดลอง IIC experiment
- 2.2.3.2.4 การทดลอง GPIO interrupt experiment
- 2.2.3.2.5 การทดลอง ADC experiment
- 2.2.3.2.6 การทดลอง Timer experiment
- 2.2.3.2.7 การทดลอง UART experiment

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวงษ์ ไพรินทร์)  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ)  
..... กรรมการและเลขานุการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ตันตระกูล)

- 2.2.3.2.8 การทดลอง SPI experiment
- 2.2.3.2.9 การทดลอง WLAN station example experiment
- 2.2.3.2.10 การทดลอง WLAN AP example experiment
- 2.2.3.2.11 การทดลอง External sensor module experiment

## 2.2.4 ชุดการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ EnOcean wireless protocols มีคุณสมบัติดังนี้

### 2.2.4.1 ชุด EnOcean communication node board จำนวน 2 ชุด

- 2.2.4.1.1 มีโปรเซสเซอร์ Tiva TM4C123GH6PMI +TCM310F, 868.3MHz, FSK หรือ TI CC2538 Cortex-M3 Processor , 2.4GHz หรือเทียบเท่า หรือดีกว่า
- 2.2.4.1.2 มีสวิตช์ปุ่มกดไม่น้อยกว่า 4 ปุ่ม
- 2.2.4.1.3 มีหน้าจอแสดงผลแบบ LCD หรือดีกว่า
- 2.2.4.1.4 มีช่องต่อสำหรับ แผง sensor module ได้
- 2.2.4.1.5 สามารถเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟหรือแบตเตอรี่ได้

### 2.2.4.2 สามารถทำการทดลองต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

- 2.2.4.2.1 การทดลอง IAR project establishing experiment
- 2.2.4.2.2 การทดลอง GPIO experiment
- 2.2.4.2.3 การทดลอง IIC experiment
- 2.2.4.2.4 การทดลอง GPIO interrupt experiment
- 2.2.4.2.5 การทดลอง ADC experiment
- 2.2.4.2.6 การทดลอง Timer experiment
- 2.2.4.2.7 การทดลอง UART experiment
- 2.2.4.2.8 การทดลอง SPI experiment
- 2.2.4.2.9 การทดลอง USB to Serial experiment
- 2.2.4.2.10 การทดลอง External sensor module experiment

## 2.2.5 มีโมดูลเซนเซอร์ จำนวนไม่น้อยกว่าดังมีคุณสมบัติดังนี้

2.2.5.1 โมดูลเซนเซอร์ Temperature and humidity sensor module จำนวน 1 ชุด

2.2.5.2 โมดูลเซนเซอร์ Alcohol sensor module จำนวน 1 ชุด

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวงษ์ ไพรินทร์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ)

..... กรรมการและเลขานุการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ตันตระกูล)

- |          |  |             |
|----------|--|-------------|
| 2.2.5.3  | โมดูลเซนเซอร์ Smoke sensor module  | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.4  | โมดูลเซนเซอร์ Triaxial accelerometer sensor module                         | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.5  | โมดูลเซนเซอร์ Pyro-electric infrared detector module                       | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.6  | โมดูลเซนเซอร์ Relay control module   | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.7  | โมดูลเซนเซอร์ Illuminance sensor module                                    | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.8  | โมดูลเซนเซอร์ Ultrasonic distance sensor module                            | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.9  | โมดูลเซนเซอร์สแนมแม่เหล็กแบบ door/window                                   | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.10 | โมดูลเซนเซอร์สวิตช์แบบ Rocker  | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.11 | โมดูลเซนเซอร์ Voltage detection sensor                                     | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.12 | โมดูลเซนเซอร์ Current detection sensor                                     | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.13 | โมดูลเซนเซอร์ Barometric pressure sensor                                   | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.14 | โมดูลเซนเซอร์ 9-axis Motion Tracking sensor                                | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.15 | โมดูลเซนเซอร์ Voltage output sensor  | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.16 | โมดูลเซนเซอร์ Displacement sensor  | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.17 | โมดูลเซนเซอร์ Photoelectric switch counting sensor                         | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.18 | โมดูลเซนเซอร์ Carbon dioxide sensing device                                | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.19 | โมดูลเซนเซอร์ Hall (magnetic) detection sensor                             | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.5.20 | โมดูลเซนเซอร์ทุกอันสามารถเชื่อมต่อกับแผงวงจรหลักได้                        |             |
| 2.2.6    | มีชุดเกตเวย์แบบ Wireless Integrated Gateway จำนวน 1 ชุด มีคุณสมบัติดังนี้  |             |
| 2.2.6.1  | ทำงานด้วยโปรเซสเซอร์แบบ Cortex-M4 processor หรือดีกว่า                     |             |
| 2.2.6.2  | มีอินเตอร์เฟซแบบอินเทอร์เน็ท   |             |
| 2.2.6.3  | มีอินเตอร์เฟซแบบ UART interface  |             |
| 2.2.7    | มีชุด 802.11 b/g/n wireless broadband router จำนวน 1 ชุด มีคุณสมบัติดังนี้ |             |
| 2.2.7.1  | ทำงานด้วยโปรเซสเซอร์ หรือดีกว่า  |             |
| 2.2.7.2  | มีอินเตอร์เฟซแบบอินเทอร์เน็ท   |             |

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ)  
..... กรรมการและเลขานุการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ต้นตระกูล)

2.2.8 มีชุด 4-Port (or more) 10/100 switch hub จำนวน 1 ชุด มีคุณสมบัติดังนี้

2.2.8.1 ทำงานด้วยโปรเซสเซอร์ หรือดีกว่า

2.2.8.2 มีอินเตอร์เฟซแบบอินเทอร์เนต

2.2.9 มีชุด Software IAR Embedded Workbench compilation จำนวน 1 ชุด มีคุณสมบัติดังนี้

2.2.9.1 สามารถทำงานกับ CPU ไม่น้อยกว่า Pentium ขนาด 32-bit หรือ 64-bit หรือดีกว่าได้

2.2.9.2 สามารถทำงานกับ Microsoft Windows Vista(SP2) หรือ 7 หรือ 8 หรือ 10 หรือดีกว่าได้

2.2.9.3 สามารถทำงานกับ Internet Explorer 7 หรือสูงกว่าได้

2.2.10 มีอุปกรณ์ประกอบ ในการทดลอง มีคุณสมบัติดังนี้

2.2.10.1 มีกล่องหรือกระเป๋าสำหรับเก็บอุปกรณ์ในการทดลอง จำนวน 1 ชุด

2.2.10.2 มีสายต่อประกอบการทดลอง จำนวน 1 ชุด

2.2.10.3 มีแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง หรือ แบตเตอรี่ จำนวน 1 ชุด

2.2.10.4 ชุดประมวลผลควบคุมและการทดลอง จำนวน 4 ชุด

2.2.11 ชุดทดลองการควบคุมแบบ Analog จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดดังนี้

2.2.11.1 โมดูล Summing Junction

2.2.11.1.1 มีชุด analog signal summation 2 ชุด

2.2.11.1.2 มี over-range test output 1 จุด

2.2.11.2 โมดูล P-Controller

2.2.11.2.1 สามารถปรับค่าได้ 0 ~ 10 proportional constant KP (precision 10-turn potentiometer)

2.2.11.2.2 มีชุด push button R-CAL.0 สำหรับแสดงค่า KP ด้วย 7-segment

2.2.11.2.3 มีย่านการทำงานของ KP range selector ที่ x1, x10, x50

2.2.11.2.4 มี over-range test output 1 จุด

2.2.11.3 โมดูล I-Controller

2.2.11.3.1 สามารถปรับค่าได้ 0 ~ 10 integral constant KI (precision 10-turn potentiometer)

2.2.11.3.2 มีชุด push button R-CAL.1 สำหรับแสดงค่า KI ด้วย 7-segment

2.2.11.3.3 มีย่านการทำงานของ KI range selector ที่ x1, x10, x50

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรงค์ ไพรินทร์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ)

..... กรรมการและเลขานุการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ต้นตระกูล)

- 2.2.11.3.4 มี over-range test output 1 จุด
- 2.2.11.4 โมดูล D-Controller
  - 2.2.11.4.1 สามารถปรับค่าได้ 0 ~ 1 derivative constant KD (precision 10-turn potentiometer)
  - 2.2.11.4.2 มีชุด push button R-CAL.2 สำหรับแสดงค่า KD ด้วย 7-segment
  - 2.2.11.4.3 มี over-range test output 1 จุด
- 2.2.11.5 โมดูล SUM/DIF Amplifier
  - 2.2.11.5.1 เป็นโมดูล Sum of analog signals ที่มีช่อง positive inputs และ negative inputs 3 ช่อง
  - 2.2.11.5.2 สามารถปรับค่าได้ 0 ~ 10 amplifier gain K (precision 10-turn potentiometer)
  - 2.2.11.5.3 มีชุด push button R-CAL.3 สำหรับแสดงค่า K ด้วย 7-segment
  - 2.2.11.5.4 มี over-range test output 1 จุด
- 2.2.11.6 โมดูล Integrator
  - 2.2.11.6.1 มีค่าการทำงานตั้งแต่ -10 ~ +10
  - 2.2.11.6.2 เป็นระบบ synchronous control function
  - 2.2.11.6.3 มีย่านการทำงานของ T constant setting ที่ 1, 10, 100
  - 2.2.11.6.4 มี over-range test output 1 จุด
- 2.2.11.7 โมดูล Inverting Amplifier(1)
  - 2.2.11.7.1 มี inverting buffer และ inverting amplifier อย่างละ 1 ชุด
  - 2.2.11.7.2 สามารถปรับค่า gain K ตั้งแต่ 0 ~ 10 (precision 10-turn potentiometer)
  - 2.2.11.7.3 มีชุด push button R-CAL.4 สำหรับแสดงค่า K ด้วย 7-segment
- 2.2.11.8 โมดูล Inverting Amplifier(2)
  - 2.2.11.8.1 มี inverting buffer และ inverting amplifier อย่างละ 1 ชุด
  - 2.2.11.8.2 สามารถปรับค่า gain K ตั้งแต่ 0 ~ 10 (precision 10-turn potentiometer)
  - 2.2.11.8.3 มีชุด push button R-CAL.5 สำหรับแสดงค่า K ด้วย 7-segment
- 2.2.11.9 โมดูล Second Order Plant
  - 2.2.11.9.1 มี first/second order plant simulation
  - 2.2.11.9.2 มีค่าพารามิเตอร์ a และ b ย่าน 0 ~ 10

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ)  
..... กรรมการและเลขานุการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ตันตระกูล)

- 2.2.11.9.3 มีค่าพารามิเตอร์ T ย่าน 1, 10, 100
- 2.2.11.9.4 มีชุด push button R-CAL.6 และ R-CAL.7 สำหรับแสดงค่า a และ b ด้วย 7-segment
- 2.2.11.9.5 มี over-range test output 1 จุด
- 2.2.11.10 โมดูล LEAD/LAG Compensator
  - 2.2.11.10.1 มีค่าพารามิเตอร์ z และ p ย่าน 0 ~ 10
  - 2.2.11.10.2 มีค่าพารามิเตอร์ T ย่าน 1, 10, 100
  - 2.2.11.10.3 มีชุด push button R-CAL.8 และ R-CAL.9 สำหรับแสดงค่า a และ b ด้วย 7-segment
  - 2.2.11.10.4 มี over-range test output 1 จุด
- 2.2.11.11 โมดูล Test Signal Generator
  - 2.2.11.11.1 สามารถ generator ทั้ง positive และ negative output
  - 2.2.11.11.2 มี RAMP generator และ positive output
  - 2.2.11.11.3 มี PARABOLIC generator และ positive output
  - 2.2.11.11.4 มี Amplitude associates และ offset -10V ~ +10V
  - 2.2.11.11.5 มี Frequency (precision 10-turn potentiometer) รายละเอียดดังนี้
    - 2.2.11.11.5.1 ย่าน Range x 1 ความถี่ 0.05Hz ~ 10Hz
    - 2.2.11.11.5.2 ย่าน Range x 10 ความถี่ 0.5Hz ~ 100Hz
- 2.2.11.12 โมดูล Function Generator
  - 2.2.11.12.1 สามารถสร้าง Output waves แบบ sinusoid, triangle, square, step ได้
  - 2.2.11.12.2 มี Step pulse แบบ synchronous control function
  - 2.2.11.12.3 มี Amplitude associates พร้อม offset : -10V ~ +10V
  - 2.2.11.12.4 มี Frequency : 0.01Hz ~ 1MHz, แบบ continuously ปรับค่าได้
  - 2.2.11.12.5 มี Amplitude range : 100mV ~ 18Vpp (แบบ open circuit)
  - 2.2.11.12.6 มี Display : 4-digit, 7-segment display
  - 2.2.11.12.7 มี Output impedance : 50 ohms

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ)

..... กรรมการและเลขานุการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ตันตระกูล)



2.2.11.13 โมดูล Over Range Check

2.2.11.13.1 มีจุดต่อ 8 จุด สำหรับ over-range detectors

2.2.11.13.2 สามารถแสดงผลเมื่อ Input Over-range  $\pm 12.7V$

2.2.11.14 โมดูล Analog Power Driver

2.2.11.14.1 มีจุดต่อ Analog input voltage :  $0 \sim \pm 4V$  ; input impedance : 1K ohms ; gain : 3

2.2.11.14.2 มีจุดต่อ Analog output voltage :  $0 \sim \pm 12V$  ; Max. output current : 1A

2.2.11.14.3 มีค่า Input amplitude limitation :  $\pm 12V$

2.2.11.14.4 มีค่า Output with short-circuit and current-limiting protection : 1.5A

2.2.11.14.5 มีจุดต่อแบบ BNC adapter

2.2.11.15 โมดูล DC Servo PWM Driver

2.2.11.15.1 มีค่า Analog input voltage :  $0 \sim \pm 12V$

2.2.11.15.2 มีค่า Input impedance : 100K ohms

2.2.11.15.3 มีค่า PWM output :  $0 \sim +12V$ , bridge PWM drive, Max. output current : 1A

2.2.11.15.4 มีค่า With dead band elimination for protection

2.2.11.15.5 มีค่า Output with short circuit and current-limiting protection : 1.5A

2.2.11.16 โมดูล Linear VR Angle/Position Sensor & Buffer

2.2.11.16.1 มีค่า Resistance : 1K ohms

2.2.11.16.2 มีค่า Linearity : 0.1%

2.2.11.16.3 มีค่า Detecting angle :  $0 \sim 350$  degree

2.2.11.16.4 มีค่า Angle to analog output voltage :  $-5V \sim +5V$

2.2.11.16.5 มีค่า Output impedance : 1K ohms

2.2.11.17 โมดูล Calibration & Testing Module

2.2.11.17.1 มีค่า V-TEST analog input voltage :  $-15V \sim +15V$

2.2.11.17.2 มีค่า R.CAL : R-CAL.0  $\sim$  R-CAL.9 parameters

2.2.11.17.3 มีค่า Display : 3 1/2 digit,  $-19.99V \sim 19.99V$  or  $0.00 \sim 100.0K$  ohms

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรงค์ ไพรินทร์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ)

..... กรรมการและเลขานุการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ตันตระกูล)

2.2.11.18 โมดูล Data Acquisition Device (DAQ)

- 2.2.11.18.1 สามารถเชื่อมต่อกับ software interface ได้ โดย USB
- 2.2.11.18.2 สามารถวัดและบันทึกผลการทดลองได้
- 2.2.11.18.3 ช่อง Channel Vi1/Vi2
- 2.2.11.18.4 มีค่า Input range : X1 : -10V ~ +10V ; X2 : -20V ~ +20V
- 2.2.11.18.5 มีค่า Bandwidth : 500Hz
- 2.2.11.18.6 มีค่า Sample rate : 5000S/s
- 2.2.11.18.7 ช่อง Channel Vo :
- 2.2.11.18.8 มีค่า Output range : -5V ~ +5V DC

2.2.11.19 ชุด DC Servo Motor & Control Unit

- 2.2.11.19.1 ชุด DC servo motor
  - 2.2.11.19.1.1 มีค่า Voltage : 24V DC
  - 2.2.11.19.1.2 มีค่า No-load current : 100mA +30%
  - 2.2.11.19.1.3 มีค่า No-load speed : 3800rpm  $\pm$ 20%
  - 2.2.11.19.1.4 มีค่า Terminal resistance : 11.27 ohms  $\pm$ 15%
  - 2.2.11.19.1.5 มีค่า Terminal inductance : 8.2mH  $\pm$ 10%
  - 2.2.11.19.1.6 มีค่า Torque constant :  $K_t = 0.567\text{Kg-cm/A} \pm 20\%$

2.2.11.20 ชุด Co-shaft tachometer

- 2.2.11.20.1 มีค่า Back EMF :  $K_e = 6.00\text{V/Kr.p.m.} \pm 15\%$

2.2.11.21 ชุด Gear-coupled linear VR for angle detecting

- 2.2.11.21.1 มีค่า Gear ratio : 64 : 1
- 2.2.11.21.2 มีค่า Impedance : 1K ohms
- 2.2.11.21.3 มีค่า Linearity : 0.1%
- 2.2.11.21.4 มีค่า Detecting angle : 0 ~ 350 degree

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ)  
..... กรรมการและเลขานุการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ตันตระกูล)

2.2.11.22 ชุด Co-shaft eddy current load

2.2.11.22.1 มีค่า Load level selector : High = 100Gr-Cm, OFF = 0 ±20%

2.2.11.22.2 มีค่า Load level selector : Low = 10Gr-Cm, OFF = 0 ±20%

2.2.11.23 สามารถทำการทดลอง Experiments ได้ไม่น้อยกว่าดังนี้

2.2.11.23.1 การทดลอง Laplace Transform

2.2.11.23.2 การทดลอง System Simulation

2.2.11.23.3 การทดลอง Steady-State Error

2.2.11.23.4 การทดลอง First-Order System

2.2.11.23.5 การทดลอง Second-Order System

2.2.11.23.6 การทดลอง Transient Response Specifications

2.2.11.23.7 การทดลอง Effects of Zero on First-Order System

2.2.11.23.8 การทดลอง Effects of Zero on Second-Order System

2.2.11.23.9 การทดลอง Dominant Pole of Second-Order System

2.2.11.23.10 การทดลอง Characteristics of PM DC Servo Motor

2.2.11.23.11 การทดลอง P Controller Used in DC Servo Motor Speed and Position Control

2.2.11.23.12 การทดลอง I Controller Used in DC Servo Motor Speed and Position Control

2.2.11.23.13 การทดลอง D Controller Used in DC Servo Motor Speed and Position Control

2.2.11.23.14 การทดลอง PI Controller Used in DC Servo Motor Speed and Position Control

2.2.11.23.15 การทดลอง PD Controller Used in DC Servo Motor Speed and Position Control

2.2.11.23.16 การทดลอง PID Controller (I) - Ziegler-nichols Method (1)

2.2.11.23.17 การทดลอง PID Controller (II) - Ziegler-nichols Method (2)

2.2.11.23.18 การทดลอง PID Controller (III) - DC Motor Position Control

2.2.11.23.19 การทดลอง PID Controller (IV) - DC Motor Speed Control

2.2.11.23.20 การทดลอง ID Controller Used in DC Servo Motor Speed and Position Control

2.2.11.23.21 การทดลอง Inner-Loop Feedback Control

2.2.11.23.22 การทดลอง Phase Lead Compensator (I) - Root Locus Method

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ)

..... กรรมการและเลขานุการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ตันตระกูล)

- 2.2.11.23.23 การทดลอง Phase Lead Compensator (II) - Frequency Domain Method
- 2.2.11.23.24 การทดลอง Phase Lag Compensator (I) - Root Locus Method
- 2.2.11.23.25 การทดลอง Phase Lag Compensator (II) - Frequency Domain Method
- 2.2.11.23.26 การทดลอง Phase Lead-lag Compensator (I) - Time Domain Method
- 2.2.11.23.27 การทดลอง Phase Lead-lag Compensator (II) - Time Domain Method
- 2.2.11.23.28 การทดลอง Phase Lead-lag Compensator (III) - Frequency Domain Method
- 2.2.11.23.29 การทดลอง Pole-Zero Cancellation
- 2.2.11.23.30 การทดลอง State Feedback / Pole Assignment

2.2.11.24 สามารถใช้กับระบบไฟฟ้า 220 VAC, 50 Hz ได้

2.2.11.25 ชุดประมวลผลควบคุมและการทดลอง จำนวน 1 ชุด

### 2.3 อุปกรณ์ประกอบ การใช้งาน

2.3.1 ชุดวัดสัญญาณรูปคลื่นไฟฟ้าแบบดิจิตอล จำนวน 8 ชุด

2.3.1.1 แบนด์วิดท์ 50MHz หรือดีกว่า

2.3.1.2 เป็นแบบ แบบ Dual channe หรือดีกว่า

2.3.1.3 วัดสัญญาณแบบดิจิตอล

2.3.1.4 มีโหมดทริกเกอร์

2.3.1.5 สามารถปรับความไวแสงในแนวตั้ง ได้ เช่น 2 mV / div

2.3.1.6 แหล่งจ่ายไฟ AC220 VOLTS /50Hz

2.3.1.7 มีโต๊ะหรือแท่นวางไม่น้อยกว่า 500 x 500 x 500 มิลลิเมตร ( $\pm 10\%$ ) จำนวน 1 ชุด

2.3.2 ชุดวัดสัญญาณรูปคลื่นไฟฟ้าแบบดิจิตอล จำนวน 1 ชุด

2.3.2.1 แบนด์วิดท์ 100MHz หรือดีกว่า

2.3.2.2 เป็นแบบ แบบ Dual channe หรือดีกว่า

2.3.2.3 วัดสัญญาณแบบดิจิตอล

2.3.2.4 มีโหมดทริกเกอร์

2.3.2.5 สามารถปรับความไวแสงในแนวตั้ง ได้ เช่น 2 mV / div

2.3.2.6 แหล่งจ่ายไฟ AC220 VOLTS /50Hz

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรงค์ ไพรินทร์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ)

..... กรรมการและเลขานุการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ตันตระกูล)

2.3.2.7 มีโต๊ะหรือแท่นวางไม่น้อยกว่า 500 x 500 x 500 มิลลิเมตร ( $\pm 10\%$ ) จำนวน 1 ชุด

2.3.3 ชุด Creative Innovation จำนวน 1 ชุด มีดังนี้

2.3.3.1 ชุดเรียนรู้ Bubble Maker จำนวน 4 ชุด

2.3.3.2 ชุดเรียนรู้ Digital Piano จำนวน 4 ชุด

2.3.3.3 ชุดเรียนรู้ 2-in-1 Remote Bot จำนวน 4 ชุด

2.3.3.4 ชุดเรียนรู้ Combo pack จำนวน 10 ชุด

2.3.3.5 แหล่งจ่ายไฟแบบ Multiple Output DC Power Supply จำนวน 1 ชุด

2.3.3.6 แหล่งจ่ายไฟแบบ Dual DC Power Supply 0~ $\pm 30V$  จำนวน 1 ชุด

2.3.3.7 Signal Generator 9KHz-1.5GHz จำนวน 1 ชุด

2.3.3.8 Function Generator 2 channel 25MHz จำนวน 1 ชุด

2.3.3.9 มีโต๊ะหรือแท่นหรือฐานสำหรับวางอุปกรณ์ จำนวน 1 ชุด

2.3.3.10 ตู้เก็บอุปกรณ์ ขนาดไม่น้อยกว่า 4 ฟุต จำนวน 4 ชุด

2.3.4 แผง Main Unit จำนวน 12 ชุด มีรายละเอียดดังนี้ หรือดีกว่า

2.3.4.1 แหล่งจ่ายไฟแบบ DC power supply จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยดังนี้

2.3.4.2 แหล่งจ่ายไฟแบบคงที่ (Fixed DC) มีแรงดันขนาด +5 โวลต์  $\pm 10\%$ , มีกระแสไม่น้อยกว่า 1A.

2.3.4.3 แหล่งจ่ายไฟแบบปรับค่าได้ (Variable DC) มีแรงดันขนาด 0 โวลต์ ~ -15 โวลต์  $\pm 10\%$ , มีกระแสไม่น้อยกว่า 500 มิลลิแอมป์.

2.3.4.4 ความต้านทานแบบปรับค่าได้ Potentiometers มีรายละเอียดดังนี้ หรือดีกว่า

2.3.4.4.1 ความต้านทานแบบปรับค่าได้ Variable resistor VR1 ขนาด 1 กิโลโอห์ม จำนวน 1 ชุด

2.3.4.4.2 ความต้านทานแบบปรับค่าได้ Variable resistor VR2 ขนาด 100 กิโลโอห์ม จำนวน 1 ชุด

2.3.4.5 กำเนิดความถี่ (Function generator) มีรายละเอียดดังนี้ หรือดีกว่า

2.3.4.5.1 สามารถกำเนิดความถี่ (Frequency) ได้ ไม่น้อยกว่า 6 ย่านความถี่ (6 ranges)

2.3.4.5.2 ย่านความถี่ 0.1 เฮิรตซ์ ~ 2 เฮิรตซ์  $\pm 10\%$ ,

2.3.4.5.3 ย่านความถี่ 1 เฮิรตซ์ ~ 20 เฮิรตซ์  $\pm 10\%$ ,

2.3.4.5.4 ย่านความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ ~ 20 กิโลเฮิรตซ์  $\pm 10\%$ ,

2.3.4.5.5 ย่านความถี่ 10 กิโลเฮิรตซ์ ~ 200 กิโลเฮิรตซ์  $\pm 10\%$ ,

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ)

..... กรรมการและเลขานุการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ตันตระกูล)

- 2.3.4.6 มีค่า Amplitude ของสัญญาณ ดังนี้
  - 2.3.4.6.1 สัญญาณแบบ Sine wave ตั้งแต่ 0 ~ 5Vpp  $\pm 10\%$  แบบปรับค่าได้
  - 2.3.4.6.2 สัญญาณแบบ Triangle wave ตั้งแต่ 0 ~ 5Vpp  $\pm 10\%$  แบบปรับค่าได้
  - 2.3.4.6.3 สัญญาณแบบ TTL ขนาด +5 โวลต์  $\pm 10\%$
- 2.3.4.7 วัดสัญญาณความถี่ (Universal Counter) มีรายละเอียดดังนี้ หรือดีกว่า
  - 2.3.4.7.1 มีย่านวัดความถี่ (Frequency range) 1 เฮิรตซ์ ~ 99.999999 เมกะเฮิรตซ์
  - 2.3.4.7.2 มีย่านวัดความถี่ (Frequency range) 10 เฮิรตซ์ ~ 100.000000 เมกะเฮิรตซ์
  - 2.3.4.7.3 สามารถรับสัญญาณ Input signal แบบ TTL หรือ CMOS level แรงดันต่ำสุด +2.3Vp  $\pm 10\%$
  - 2.3.4.7.4 มีชุดแสดงผลแบบ 7-segment LED display ชนิด 8-digit
  - 2.3.4.7.5 มี Counter switch สามารถเลือกได้ทั้ง External และ Internal
- 2.3.4.8 สวิตช์ สัญญาณ แบบ 8 bits
  - 2.3.4.8.1 สามารถเลือกตำแหน่งหรือกำหนดสถานะ LO level หรือ HI level ได้
- 2.3.4.9 ลำโพง Speaker มีรายละเอียดดังนี้ หรือดีกว่า
  - 2.3.4.9.1 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว
  - 2.3.4.9.2 มีค่าความต้านทานรวม 8 โอห์ม
  - 2.3.4.9.3 มีกำลังขับไม่น้อยกว่า 0.25 วัตต์
- 2.3.4.10 Four channel adaptors
  - 2.3.4.10.1 มีจุดต่อแบบ Banana sockets
  - 2.3.4.10.2 มีจุดต่อแบบ BNC jacks
- 2.3.4.11 แสดงผลแบบ segment LED
- 2.3.4.12 สามารถแสดงผล Output display ได้
- 2.3.4.13 สามารถแสดงค่า Numerical designs and resultant ได้
- 2.3.4.14 สวิตช์สำหรับเลือกสัญญาณ pulse อย่างน้อย 2 สวิตช์
- 2.3.4.15 ชุดแสดงผลแบบ LED Display ไม่น้อยกว่า 8 หลอด หรือ 8 Bits
- 2.3.4.16 จุดเชื่อมต่อมาตรฐาน UC -06 Centronic connector
- 2.3.4.17 แผงทดลองหลักมีขนาดโดยรวม ไม่น้อยกว่า 320 มิลลิเมตร X 240 มิลลิเมตร X 80 มิลลิเมตร

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรงค์ ไพรินทร์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ)

..... กรรมการและเลขานุการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ต้นตระกูล)

- 2.3.4.18 สายแหล่งจ่ายไฟเข้าเครื่อง
- 2.3.4.19 สายต่อประกอบวงจร
- 2.3.4.20 คู่มือการใช้งาน
- 2.3.5 โตะวางชุดฝึก พร้อมใช้งาน จำนวน 5 ชุด มีดังนี้
  - 2.3.5.1 พื้นโต๊ะทำด้วยไม้ปาติเกิล มีความหนา 28 มิลลิเมตร
  - 2.3.5.2 ปิดทับด้วยเมลามีนทั้งสองด้านปิดขอบโต๊ะทั้ง 4 ด้าน ด้วย PVC หนา 2 มิลลิเมตร
  - 2.3.5.3 พื้นโต๊ะมีขนาด ความยาว 1500 มิลลิเมตร X ความกว้าง 800 มิลลิเมตร
  - 2.3.5.4 โครงสร้างขาโต๊ะเป็นเหล็กกล่องขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร
  - 2.3.5.5 ความสูงจากพื้นถึงระดับพื้นโต๊ะด้านบน มีความสูง 800 มิลลิเมตร
- 2.3.6 แก้อั้วหุ้มลม พร้อมใช้งาน จำนวน 20 ชุด มีดังนี้
  - 2.3.6.1 แผ่นรองนั่งที่เป็นไม้กลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร
  - 2.3.6.2 ขอบของแก้อั้วลมนุ่มทั้งด้านบนและด้านล่าง
  - 2.3.6.3 สามารถปรับระดับความสูง-ต่ำได้
  - 2.3.6.4 ขาแก้อั้วเป็นเหล็กมีความแข็งแรง โครงเหล็กรัดขาล่าง ปลายขาสวมเป็นยางหรือพลาสติกแข็ง
  - 2.3.6.5 ขาแก้อั้วเป็นเหล็กกลมขนาดไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร
  - 2.3.6.6 ขาแก้อั้วมีจำนวน 4 ขา เป็นแบบขาสุ่ม
- 2.3.7 ตู้บนเลื่อนกระจก ขนาดไม่น้อยกว่า 5 ฟุต จำนวน 2 ตัว
- 2.3.8 ตู้บนเลื่อนทึบ ขนาดไม่น้อยกว่า 5 ฟุต จำนวน 2 ตัว

### 3. ข้อกำหนดอื่นๆ

- 3.1 เป็นชุดฝึกหรือชุดทดลองที่ผลิตจากโรงงานมาตรฐาน ตามแต่ละภูมิภาคอย่างน้อยดังต่อไปนี้คือ CE, หรือ ISO9001 หรือ JIS หรือ DIN พร้อมแนบเอกสารในวันยื่นซอง
- 3.2 ถ้าเป็นชุดฝึกหรือชุดทดลองที่ผลิตในประเทศไทย จะต้องได้รับมาตรฐาน มอก. และ ISO และ CE และมีหน่วยงานมาตรฐานด้านอุตสาหกรรม รับรองพร้อมเอกสารจากผู้มีอำนาจสูงสุดรับรอง พร้อมแนบเอกสารในวันยื่นซอง

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรงค์ ไพรินทร์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ)

..... กรรมการและเลขานุการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ต้นตระกูล)

- 3.3 ผู้เสนอราคาต้องเป็นตัวแทนจำหน่ายโดยตรงจากบริษัทผู้ผลิต พร้อมเอกสารการเป็นตัวแทนจำหน่าย เพื่อประโยชน์ในการบริการหลังการขายและอะไหล่ พร้อมแนบเอกสารในวันยื่นซอง
- 3.4 ผู้เสนอราคาต้องแสดงเอกสารโรงงานผลิต หรือ Website หรือพาคณะกรรมกรไปดู ตัวอย่างเครื่องเพื่อความชัดเจนและบริการหลังการขาย พร้อมแนบเอกสารในวันยื่นซอง
- 3.5 ผู้เสนอราคาต้องแนบคู่มือใช้งาน และการใช้และบำรุงรักษาเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ในวันยื่นซอง
- 3.6 เงื่อนไขในการเสนอราคา ผู้เสนอราคาต้องเสนอราคารวมภาษีมูลค่าเพิ่ม
- 3.7 ผู้เสนอราคา ต้องมีการรับประกันคุณภาพตามสัญญา ไม่น้อยกว่า 1 ปี
- 3.8 ผู้เสนอราคา ต้องมีแผนการบริการอย่างต่อเนื่อง ไม่น้อยกว่า 2 ปี หลังจากหมดระยะการรับประกันคุณภาพตามสัญญาไปแล้วโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายเพิ่ม
- 3.9 ผู้เสนอราคาได้ต้องมีการติดตั้งและสาธิตการใช้งานให้กับผู้ใช้หรือผู้เกี่ยวข้องจนสามารถใช้งานได้ถูกต้องอย่างน้อย 2 ครั้ง (ครั้งละไม่น้อยกว่า 3 วัน) หรือมีผู้เชี่ยวชาญทำการอบรมการใช้งาน ณ โรงงานผู้ผลิต หรือหน่วยงานที่จัดซื้อ ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายผู้เสนอราคาได้จะต้องรับผิดชอบทั้งสิ้น
- 3.10 ผู้เสนอราคาได้ สถานที่ส่งมอบ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

#### 4. สถานที่ติดตั้ง

อาคารปฏิบัติการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

ขนาดพื้นที่ใช้สอย 8 ตรม.

5. ผู้ขายจะต้องดำเนินการตีทะเบียนครุภัณฑ์ตามรูปแบบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6. วงเงินจัดหา 4,850,000 บาท (สี่ล้านแปดแสนห้าหมื่นบาทถ้วน)
7. เงื่อนไขในการเสนอราคา เสนอราคารวมภาษีมูลค่าเพิ่ม
8. กำหนดส่งมอบครุภัณฑ์ 120 วัน นับถัดจากวันที่ลงนามในสัญญาซื้อขาย

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ)

..... กรรมการและเลขานุการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ดันตระกูล)



9. สถานที่ติดต่อเพื่อขอทราบรายละเอียดเพิ่มเติม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 1 ซอย ฉลองกรุง 1 แขวง ลาดกระบัง

เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

- E-mail: pasadu@kmitl.ac.th

- โทรศัพท์: 02-329-8000 ต่อ 6087

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ)

..... กรรมการและเลขานุการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ตันตระกูล)