

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ
ชุดฝึกปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ชีวภาพ
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.รายการจัดซื้อจัดจ้าง ชุดฝึกปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ชีวภาพ จำนวน 1 ชุด

2.กำหนดรายละเอียดและคุณลักษณะของพัสดุ

2.1 คุณลักษณะทั่วไป

ชุดฝึกปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ชีวภาพ เป็นชุดครุภัณฑ์ที่ออกแบบมาเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติและเรียนรู้การทำงานของเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับระบบชีวภาพ โดยมีลักษณะเป็นชุดทดลองแบบโมดูลที่ครอบคลุมหัวข้อในการศึกษา เช่น การทำงานของเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าของหัวใจ สมอ กล้ามเนื้อ หรือสัญญาณทางเคมีในร่างกาย แล้วแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปประมวลผลและวิเคราะห์ได้ นอกจากนี้จะเข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว ยังทำให้ผู้เรียนสามารถซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์หรือเครื่องมือทางการแพทย์ได้ด้วย

ชุดฝึกปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ชีวภาพ มีคุณสมบัติ ดังนี้

- 1) สามารถปรับแบนด์วิดท์ความถี่และเกนขยายได้
- 2) สามารถแสดงพารามิเตอร์การวัดแบบเรียลไทม์
- 3) สามารถแปลงเป็นรูปแบบดิจิทัลและส่งไปยังคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ได้
- 4) จุดเชื่อมต่อของโมดูลมีขนาดไม่น้อยกว่า 2 มม.
- 5) มีสัญลักษณ์วงจร บล็อก และส่วนประกอบถูกพิมพ์บนพื้นผิวของแต่ละโมดูล

2.2 คุณลักษณะเฉพาะ

ชุดฝึกปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ชีวภาพ 1 ชุด ประกอบด้วย

2.2.1 แผงการทดลองหลัก (Main Unit) จำนวน 3 ชุด ประกอบด้วย ดังนี้

2.2.1.1 ชุดกำเนิดฟังก์ชันความถี่ (Function Generator)

- สามารถสร้างสัญญาณขาออกแบบ Sine, Square และ Triangle ได้
- มีช่วงความถี่ตั้งแต่ 0.01Hz ~ 1MHz, และปรับอย่างต่อเนื่องได้
- มีช่วงแอมพลิจูดตั้งแต่ 50mVpp ~ 18Vpp (open circuit)
- สามารถทำการออฟเซตแบบ DC Offset ตั้งแต่ -10V ถึง +10V
- จอแสดงผลสามารถแสดงได้ 4 หลัก แบบ 7-segment

2.2.1.2 สามารถเชื่อมต่อหรือสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกด้วยพอร์ต USB แบบ Type B ได้

2.2.1.3 มีไฟ LED แสดงผลการทำงานของ IN1, IN2, IN3, IN4, IN5

2.2.1.4 มีปุ่มหรือสวิตช์ Reset Switch

2.2.1.5 มีปุ่มหรือสวิตช์ Select Switch

2.2.1.6 จอแสดงผลสถานะแบบ LCD มีดังนี้

- จอแสดงผลสถานะแบบ LCD
- สามารถแสดงค่าเอาต์พุตของเครื่องกำเนิดฟังก์ชันได้
- สามารถแสดงโมดูลที่เลือกทำการทดลองได้
- แสดงอัตราการเต้นของหัวใจ, การหายใจ, อัตราชีพจร และ Doppler Ultrasound ของเลือดได้

.....

(รศ.ดร.พรพิมล ฉายรัศมี)

ประธานกรรมการ ฯ

.....

(ดร.ศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์)

กรรมการ

.....

(ผศ.ดร.อภิรัฐ ลิ้มมณี)

กรรมการและเลขานุการ

2.2.1.7 ขั้วต่ออะแดปเตอร์แบบ BNC ขนาด 2 มม. จำนวน 2 ชุด

2.2.1.8 จุดเชื่อมต่อเอาต์พุตโมดูลแบบ DB9 จำนวน 1 ชุด

2.2.1.9 จุดเชื่อมต่อเอาต์พุต ประกอบด้วย

- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram: ECG) จำนวน 1 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดคลื่นไฟฟ้า (Electromyogram : EMG) จำนวน 2 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดคลื่นไฟฟ้า (Electrooculogram : EOG) จำนวน 2 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram : EEG) จำนวน 1 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดความดันโลหิต (Blood pressure measurement) จำนวน 2 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดการวัดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ หรือเลือดในร่างกาย (Photoplethysmogram) จำนวน 2 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดการช่วยหายใจ (Respiratory ventilation) จำนวน 2 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดชีพจร (Pulse meter) จำนวน 2 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดอิมพีแดนซ์ (Impedance) จำนวน 1 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดความเร็วการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตด้วยอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ (Doppler Ultrasound Blood Velocity) จำนวน 2 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับการกระตุ้นเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าผ่านผิวหนัง (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation : TENS) จำนวน 1 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดการไหลระบบทางเดินหายใจ/เครื่องวัดความจุ จำนวน 2 ชุด

2.2.2 โมดูลการวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram : ECG) จำนวน 3 ชุด ดังนี้

2.2.2.1 สามารถตรวจจับคลื่นไฟฟ้าหัวใจได้

2.2.2.2 มีขาตรวจจับทางด้านอินพุตแบบ Limb

2.2.2.3 มีขาตรวจจับ 6 ขา ประกอบด้วย Lead I, Lead II, Lead III, aV

2.2.2.4 มีวงจรการทำงานแบบ Isolation circuit

2.2.2.5 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Gain) ได้ตั้งแต่ 100~5000

2.2.2.6 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 0.1 ~ 100 Hz

2.2.2.7 สามารถสร้างสัญญาณ ECG ทางด้านเอาต์พุตได้

2.2.2.8 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง HPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Amplifier Experiment
- การทดลอง LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง BRF Characteristic Experiment
- การทดลอง ECG Simulator Experiment
- การทดลอง ECG Experiment

2.2.3 โมดูลการวัดคลื่นไฟฟ้า (Electromyogram : EMG) จำนวน 3 ชุด ดังนี้

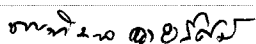
2.2.3.1 มีขั้วอิเล็กโทรดสำหรับวัดพื้นผิว


2.2.3.2 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Gain) ขนาด x 1000 x 2000


2.2.3.3 มีวงจรการทำงานแบบ Isolation circuit

2.2.3.4 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 100 ~ 1000Hz

2.2.3.5 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Electromyogram signal, Muscle force signal ได้


(รศ.ดร.พรพิมล ฉายรัศมี)
ประธานกรรมการ ฯ


(ดร.ศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์)
กรรมการ


(ผศ.ดร.อภิรัฐ ลิ้มมณี)
กรรมการและเลขานุการ

2.2.3.6 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง BRF Characteristic Experiment
- การทดลอง LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Gain Amplifier Experiment
- การทดลอง HPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Half-Wave Rectifier Characteristic Experiment
- การทดลอง Integrator Characteristic Experiment
- การทดลอง EMG Experiment

2.2.4 โมดูลการวัดคลื่นไฟฟ้า (Electrooculogram : EOG) จำนวน 3 ชุด ดังนี้

2.2.4.1 มีขั้วอิเล็กทรอนิกส์สำหรับวัดพื้นผิว

2.2.4.2 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Gain) ได้ตั้งแต่ 5~3000

2.2.4.3 มีวงจรการทำงานแบบ Isolation circuit

2.2.4.4 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 0.05~30Hz

2.2.4.5 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Horizontal signal, Vertical signal ได้

2.2.4.6 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Horizontal & Vertical Electro Circuit Calibration Experiment
- การทดลอง BRF Characteristic Experiment
- การทดลอง HPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Amplifier Experiment
- การทดลอง LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง EOG Experiment

2.2.5 โมดูลการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram : EEG) จำนวน 3 ชุด ดังนี้

2.2.5.1 มีขั้วอิเล็กทรอนิกส์แบบ EEG

2.2.5.2 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Gain) ได้ตั้งแต่ 50~5000

2.2.5.3 มีวงจรการทำงานแบบ Isolation circuit

2.2.5.4 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 1~20Hz

2.2.5.5 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ EEG signal ได้

2.2.5.6 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Pre-Amplifier Calibration Experiment
- การทดลอง BRF Characteristic Experiment
- การทดลอง HPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Amplifier Experiment
- การทดลอง LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง EEG Experiment

2.2.6 โมดูลการวัดความดันโลหิต (Blood pressure measurement) จำนวน 3 ชุด ดังนี้

2.2.6.1 ชุดแปลงสัญญาณแรงดันได้ตั้งแต่ 0~5 psid

2.2.6.2 มีวงจรสอบเทียบแรงดัน (Pressure calibration circuit)

2.2.6.3 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Gain) ได้ตั้งแต่ 20~800

2.2.6.4 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 0.3 ~ 3Hz

.....
พ.พ.น. อายวิเศษ

(รศ.ดร.พรพิมล ฉายรัตน์)

ประธานกรรมการ ฯ

.....
ด.ญ. ชัยสวัสดิ์

(ดร.ศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์)

กรรมการ

.....
อ.อ. ภูมิ

(ผศ.ดร.อภิรัฐ ลิ้มมณี)

กรรมการและเลขานุการ

2.2.6.5 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Cuff pressure signal และ Oscillometric pulse signal ได้

2.2.6.6 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Pressure Sensor Calibration Experiment
- การทดลอง HPF1 Characteristic Experiment
- การทดลอง LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง HPF2 & Amplifier Characteristic Experiment
- การทดลอง Rectifier Characteristic Experiment
- การทดลอง Auscultatory Blood Pressure measurement Experiment
- การทดลอง Oscillometric Blood Pressure Measurement Experiment

2.2.7 โมดูลการวัดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อหรือเลือดในร่างกาย (Photoplethysmogram) จำนวน 3 ชุด ดังนี้

2.2.7.1 มีไดโอดเปล่งแสงแบบอินฟราเรด

2.2.7.2 มีโฟโต้ทรานซิสเตอร์

2.2.7.3 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Gain) ตั้งแต่ $\times 50\sim 500$ $\times 100\sim 1000$

2.2.7.4 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ $0.3\sim 40\text{Hz}$

2.2.7.5 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Plethysmogram signal และ Heart rate pulse ได้

2.2.7.6 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Infrared Photocoupler Calibration Experiment
- การทดลอง HPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Gain Amplifier Experiment
- การทดลอง 4th-order LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Differentiator Experiment
- การทดลอง Amplifier Experiment
- การทดลอง Comparator Experiment
- การทดลอง Monostable Multivibrator Experiment
- การทดลอง Photoplethysmogram Measurement Experiment

2.2.8 โมดูลการวัดการช่วยหายใจ (Respiratory ventilation) จำนวน 3 ชุด ดังนี้

2.2.8.1 มีเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

2.2.8.2 มีวงจรชดเชยอุณหภูมิ

2.2.8.3 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Gain) ขนาด 20

2.2.8.4 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Pneumograph signal และ Respiratory rate pulse ได้

2.2.8.5 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Differential Amplifier Calibration Experiment
- การทดลอง BR Characteristic Experiment
- การทดลอง Amplifier Experiment
- การทดลอง Differentiator Experiment
- การทดลอง Hysteresis Comparator Experiment
- การทดลอง Monostable Multivibrator Experiment
- การทดลอง Respiratory Ventilation Detection Experiment

2.2.9 โมดูลการวัดชีพจร (Pulse meter) จำนวน 3 ชุด ดังนี้



(รศ.ดร.พรพิมล ฉายรัศมี)

ประธานกรรมการ ฯ



(ดร.ศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์)

กรรมการ



(ผศ.ดร.อภิรัฐ ลิ้มมณี)

กรรมการและเลขานุการ

- 2.2.9.1 มีเกจวัดความเครียด (Strain gauge) ขนาด 5 mm grid
- 2.2.9.2 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Gain) ได้ตั้งแต่ x 2500 x 5000
- 2.2.9.3 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 0.05 ~ 40Hz
- 2.2.9.4 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Pulse wave และ Heart rate pulse ได้
- 2.2.9.5 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Strain Gauge Amplifier Calibration Experiment
- การทดลอง HPF Characteristic Experiment
- การทดลอง BRF Characteristic Experiment
- การทดลอง Gain Amplifier Experiment
- การทดลอง LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Hysteresis Comparator Experiment
- การทดลอง Monostable Multivibrator Experiment
- การทดลอง Pulse Meter Experiment
- การทดลอง Arterial Vessel Experiment

2.2.10 โมดูลการวัดอิมพีแดนซ์ (Impedance) จำนวน 3 ชุด ดังนี้

- 2.2.10.1 วงจรกำเนิดคลื่น sine wave ขนาดความถี่ 50KHz
- 2.2.10.2 มีวงจรป้องกันกระแสเกินและรีเซ็ตวงจร
- 2.2.10.3 มีซีว้อเล็กโทรดสำหรับวัดพื้นผิว
- 2.2.10.4 มีวงจรการทำงานแบบ Isolation circuit
- 2.2.10.5 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Gain) ได้ตั้งแต่ x 1250 x 2500
- 2.2.10.6 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 0.1~10Hz
- 2.2.10.7 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Body impedance signal ได้
- 2.2.10.8 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Pre-Amplifier Calibration Experiment
- การทดลอง BRF Characteristic Experiment
- การทดลอง Wien-Bridge Oscillator Experiment
- การทดลอง HPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Demodulator Experiment
- การทดลอง Gain Amplifier Experiment
- การทดลอง LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Impedance Detection Experiment

2.2.11 โมดูลการวัดความเร็วการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตด้วยอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ (Doppler Ultrasound Blood Velocity) จำนวน 3 ชุด ดังนี้

- 2.2.11.1 ทรานสดิวเซอร์แบบ Dual Element ขนาดความถี่ 5MHz
- 2.2.11.2 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Gain) ได้ตั้งแต่ 16~100
- 2.2.11.3 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 1~40Hz
- 2.2.11.4 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Plethysmogram signal และ Heart rate pulse ได้
- 2.2.11.5 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง OSC Experiment

ทพ.พ.ณ. ฉายรัตน์

(รศ.ดร.พรพิมล ฉายรัตน์)

ประธานกรรมการ ฯ

ศ.ดร.สุวิทย์

(ดร.ศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์)

กรรมการ

ดร.พร

(ผศ.ดร.อภิรัฐ ลิ้มมณี)

กรรมการและเลขานุการ

- การทดลอง Pre-Amplifier Experiment
- การทดลอง Demodulation Experiment
- การทดลอง HPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Amplifier Experiment
- การทดลอง LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Comparator Experiment
- การทดลอง Monostable Multivibrator Experiment

2.2.12 โมดูลการกระตุ้นเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าผ่านผิวหนัง (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation : TENS) จำนวน 3 ชุด ดังนี้

2.2.12.1 มีขั้วอิเล็กโทรดสำหรับการวัด

2.2.12.2 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Timer-Astable signal ได้

2.2.12.3 สามารถปรับความถี่ทางเอาต์พุตได้ตั้งแต่ 25~115Hz

2.2.12.4 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Pulse Generator Circuit Experiment
- การทดลอง Transistor Switch Circuit Experiment
- การทดลอง TENS Experiment

2.2.13 โมดูลการไหลระบบทางเดินหายใจ/เครื่องวัดความจุ (Respiration Flow/Vital Capacity Meter) จำนวน 3 ชุด

2.2.13.1 ทรานสดิวเซอร์ชนิดลม ขนาดแรงดัน 6V

2.2.13.2 สามารถใช้งานที่แรงดันลมที่ 25 บาร์ได้

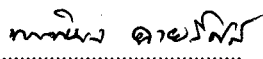
2.2.13.3 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Respiration flow signal และ Counting pulse ได้

2.2.13.4 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Differential Experiment
- การทดลอง Frequency to Voltage Experiment
- การทดลอง Comparator Experiment
- การทดลอง AND Gate Experiment
- การทดลอง Decade Counter Experiment
- การทดลอง Decoder Experiment
- การทดลอง 7-Segment Display Circuit Experiment
- การทดลอง Respiration Flow/Vital Capacity Experiment

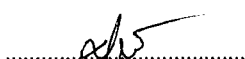
2.2.14 ชุดซอฟต์แวร์โปรแกรมปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ชีวภาพ จำนวน 3 ชุด ดังนี้

- มีพอร์ตสื่อสารแบบ USB เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์
- สามารถวิเคราะห์สัญญาณทางสรีรวิทยาได้
- แกน X สามารถแสดง TIME/DIV และ แกน Y สามารถ VOLT/DIV ได้
- ข้อมูลสามารถจัดเก็บ เล่นซ้ำ หรือพิมพ์ได้
- รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลเป็นแบบ .BMP, .JPEG, .XLS หรือดีกว่า
- สามารถทำการวัด ECG, EMG, EOG, EEG, ความดันโลหิต, การไหลของการหายใจ/ความจุของเลือดได้
- แสดงสัญญาณ ECG , Blood Pressure หรือดีกว่า ได้



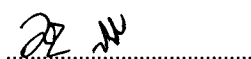
(รศ.ดร.พรพิมล ฉายรัศมี)

ประธานกรรมการ ฯ



(ดร.ศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์)

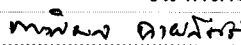
กรรมการ

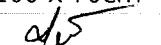



(ผศ.ดร.อภิรัฐ ลิ้มมณี)

กรรมการและเลขานุการ

- การวัดสัญญาณ Blood Pressure สามารถแสดงค่า Pulse Detection, SBP and DBP Location, Report, Sample Points, ค่าในแนวแกน X, Y หรือดีกว่า ได้
- 2.2.15 ชุดจำลองสัญญาณ ECG simulator จำนวน 3 ชุด ดังนี้
- มีจอแสดงผลแบบ LCD หรือดีกว่า
 - สามารถจำลองสัญญาณ Normal ECG signals ได้ไม่น้อยกว่า 32 แบบ
 - และจำลองแบบ Pathological ECG signals ได้ไม่น้อยกว่า 9 แบบ
 - มี Output RL, LL, RA and LA, and V1~V6.
 - สัญญาณ Pathological ECG signals ดังนี้
 - แบบ Premature Atrial Contraction (PAC)
 - แบบ Standard type 1 Premature Ventricular Contractions (PVC)
 - แบบ Standard type 2 Premature Ventricular Contractions
 - แบบ Multifocal Premature Ventricular Contractions
 - แบบ Atrial flutter
 - แบบ Atrial Tachycardia (AT)
 - แบบ Paroxysmal Atrial Tachycardia
 - แบบ Pair of Premature Ventricular Contractions
 - แบบ Premature Ventricular Contractions per Minute
 - แบบ Ventricular Tachycardia (VT)
 - สัญญาณ Normal ECG signals ดังนี้
 - Heart rate : 60, 80, 100, 120 BPM
 - Amplitude : in Lead II, 0.5mV (AMPO.5), 1mV(AMP1), 2mV(AMP2)
 - ST-Segment Elevation/Depression : in AMP1, +0.5mV, 0mV, -0.5mV
 - มี Output signal voltage ที่ 1mV + 2%
 - มี Output heart rate ที่ 60, 80, 100, 120 BMP 1 beat หรือ ดีกว่า
 - ใช้ Power supply แบบ AC-DC power adapter หรือ 9V battery
 - มีขนาด Dimensions ไม่น้อยกว่า 150 x 80 x 30 mm
- 2.2.16 ชุดจำลองสัญญาณ EEG simulator จำนวน 3 ชุด ดังนี้
- สามารถจำลองสัญญาณ Normal EEG signals ได้
 - มีจอแสดงผลแบบ LCD หรือดีกว่า
 - มี Output ไม่น้อยกว่า 5 ช่อง
 - มีเมนู หรือปุ่ม F1, F2, F3, F4 , ON/OFF, MENU
 - ใช้ Power supply แบบ AC-DC power adapter หรือ 9V battery
 - มีขนาด Dimensions ไม่น้อยกว่า 100 x 60 x 20 mm
- 2.2.17 STORAGE CABINET จำนวน 3 ชุด ดังนี้
- สามารถใส่ แผงโมดูล ได้ ไม่น้อยกว่า 10 แผง
 - มีขนาดไม่น้อยกว่า 30 x 20 x 10 mm
- 2.2.18 โต๊ะวางอุปกรณ์ในการทดลอง จำนวน 3 ชุด ดังนี้
- โครงสร้างโต๊ะเป็นอลูมิเนียมโปรไฟล์ ขนาดไม่น้อยกว่า 30x30mm.
 - ขนาดโต๊ะ ไม่น้อยกว่า กxย.xส. 70 x 100 x 70cm


 (รศ.ดร.พรพิมล ฉายรัตน์)
 ประธานกรรมการ ฯ


 (ดร.ศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์)
 กรรมการ


 (พศ.ดร.อภิรัฐ ลิ้มมณี)
 กรรมการและเลขานุการ

- แผ่นบนของโต๊ะเป็น ไม้ หรือ วัสดุแข็งแรง
- มีตู้หรือลิ้นชักสำหรับเก็บอุปกรณ์
- มีล้อพร้อมเบรค ไม่น้อยกว่า 4 ล้อ
- มีขายืดจอมอนิเตอร์
- มีที่วางหรือช่องวางคอมพิวเตอร์ ด้านล่างของโต๊ะ


2.2.19 อุปกรณ์ประกอบการทดลอง ดังนี้


- ดัมเบล	จำนวน 3 ชุด
- ตัวนำไฟฟ้า (Electrical conductivity jelly)	จำนวน 3 ชุด
- กล่องเก็บอุปกรณ์	จำนวน 3 ชุด
- เครื่องวัดความดันโลหิต (sphygmomanometer)	จำนวน 3 ชุด
- สายรัดข้อมือ	จำนวน 3 ชุด
- อุปกรณ์หนีบ (Lead clamp)	จำนวน 3 ชุด
- หน้ากากเซ็นเซอร์อุณหภูมิ	จำนวน 3 ชุด
- อิเล็กโทรดสำหรับ Body surface	จำนวน 3 ชุด
- ผ้าพันหัวแบบยางยืด	จำนวน 3 ชุด
- เทปกาว	จำนวน 3 ชุด
- แผ่นแอลกอฮอล์	จำนวน 3 ชุด
- สเตรนเกจ Strain gauge tie	จำนวน 3 ชุด
- เซนเซอร์แบบอินฟราเรดโฟโตคัปเปิลอร์	จำนวน 3 ชุด
- อิเล็กโทรด Body surface electrode	จำนวน 3 ชุด
- อิเล็กโทรด Electrode lead	จำนวน 3 ชุด
- อิเล็กโทรด EEG electrode	จำนวน 3 ชุด
- สายเคเบิลอิเล็กโทรด 5 ตัวนำ	จำนวน 3 ชุด
- ตัวแปลง Respiration transducer	จำนวน 3 ชุด
- สายต่อประกอบวงจร Connection leads	จำนวน 3 ชุด
- ตัวจิ้มต่อวงจร (bridging plug) ขนาด 2 มม.	จำนวน 3 ชุด
- ขั้วต่อวงจร (terminal) ขนาด 2 มม.	จำนวน 3 ชุด
- ทรานซิสเตอร์แบบ Dual Element	จำนวน 3 ชุด
- มีคู่มือการใช้งานเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ	จำนวน 3 ชุด


2.3 อุปกรณ์ประกอบ

2.3.1 ชุดทดลองหรือชุดฝึกเซ็นเซอร์ (Sensor) ในงานอุตสาหกรรม จำนวน 1 ชุด มีดังนี้

- เป็นชุดทดลองแบบ Suitcase หรือ แบบ Panel	จำนวน 1 ชุด
- มีเซ็นเซอร์ (Sensor) แบบ Inductive Proximity Sensor	จำนวน 1 ชุด
- มีเซ็นเซอร์ (Sensor) แบบ Capacitive Proximity Sensor	จำนวน 1 ชุด
- มีเซ็นเซอร์ (Sensor) แบบ Magnetic Proximity Sensor	จำนวน 1 ชุด
- มีเซ็นเซอร์ (Sensor) แบบ Diffuse Photo Sensor	จำนวน 1 ชุด
- มีเซ็นเซอร์ (Sensor) แบบ Retro-Reflective Photo Sensor	จำนวน 1 ชุด
- มีเซ็นเซอร์ (Sensor) แบบ Through-Beam Photo Sensor (Barrier)	จำนวน 1 ชุด
- มีเซ็นเซอร์ (Sensor) แบบ Fiber Optic Amplifier	จำนวน 1 ชุด


 (รศ.ดร.พรพิมล ฉายรัตน์)
 ประธานกรรมการ ฯ


 (ดร.ศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์)
 กรรมการ


 (ผศ.ดร.อภิรัฐ ลิ้มมณี)
 กรรมการและเลขานุการ

- มีเซ็นเซอร์ (Sensor) แบบ Diffuse Fiber Optic Sensor จำนวน 1 ชุด
- มีเซ็นเซอร์ (Sensor) แบบ Through-Beam Fiber Optic Sensor (Barrier) จำนวน 1 ชุด
- มีเซ็นเซอร์ (Sensor) แบบ Ultrasonic Sensor (Digital/Analog) จำนวน 1 ชุด
- มีเซ็นเซอร์ (Sensor) แบบ Laser Distance Sensor จำนวน 1 ชุด
- มีเซ็นเซอร์ (Sensor) แบบ Analog Temperature sensor จำนวน 1 ชุด
- มีเซ็นเซอร์ (Sensor) แบบ Analog Pressure sensor จำนวน 1 ชุด
- มีชุด Control Valve ขนาดไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว จำนวน 1 ชุด
- มีชุดสายพานลำเลียง ขนาดยาวไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร จำนวน 1 ชุด
- มีแหล่งจ่ายไฟสำหรับ Sensor และอุปกรณ์ จำนวน 1 ชุด
- มีสายต่อประกอบวงจร ไม่น้อยกว่า 10 เส้น มีความยาว 3 ขนาด จำนวน 1 ชุด
- มีชุด Pressure Pump หรือ Pressure Source จำนวน 1 ชุด
- มีจอทัชสกรีนแบบ 15 นิ้ว สำหรับการควบคุมแบบ HMI จำนวน 1 ชุด
- มีชุด PLC ขนาด Input และ Output ไม่น้อยกว่า 16 ช่องสัญญาณ จำนวน 1 ชุด
- การเชื่อมต่อของ PLC เป็นแบบ TCP/IP หรือ Ethernet หรือดีกว่า
- สามารถทำการทดลองครอบคลุมเนื้อหาไม่น้อยกว่าดังนี้
 - การทดลอง Proximity sensors
 - การทดลอง Analog sensors
 - การทดลอง Influence of materials
 - การทดลอง Influence of distance
 - การทดลอง Influence of orientation

2.3.2 ชุดประมวลผลโปรแกรม จำนวน 3 ชุด มีดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไม่น้อยกว่า 8 แกนหลัก (8 core) มีเทคโนโลยีเพิ่มสัญญาณนาฬิกาในกรณีที่ต้องใช้ความสามารถในการประมวลผลสูง (Turbo Boost หรือ Max Boost) โดยมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาสูงสุดไม่น้อยกว่า 3.6 GHz 24MB หรือดีกว่า
- มีหน่วยเก็บข้อมูลแบบ ชนิด Solid State Drive ขนาดไม่น้อยกว่า 512 GB
- มีจอแสดงผลขนาดไม่น้อยกว่า 24 นิ้ว
- จอแสดงผล มีความละเอียด ไม่น้อยกว่า 1920x1080 (FHD)
- มีหน่วยประมวลผลภาพแยกจากแผงวงจรหลักที่มีหน่วยความจำขนาดไม่น้อยกว่า 4 GB โดยไม่ใช่หน่วยความจำร่วมกับหน่วยความจำหลัก
- มีหน่วยความจำหลักแบบ ชนิด DDR5 ขนาดไม่น้อยกว่า 16GB
- มี Keyboard และ Mouse
- มีช่องเชื่อมต่อ USB ไม่น้อยกว่า 4 ช่อง
- มีช่องเชื่อมต่อ HDMI
- มีระบบเสียง แบบ Audio
- มีระบบ Network แบบ Intel Wi-Fi 5 และ Bluetooth 5 หรือดีกว่า
- มีระบบปฏิบัติการ และอุปกรณ์ประกอบพร้อมใช้งาน
- ใช้กับระบบไฟฟ้า AC 220V/50Hz
- มีระบบปฏิบัติการ Windows 10 Home และ Office Home หรือดีกว่าใหม่กว่า

พรพิมล ฉายรัตน์
(รศ.ดร.พรพิมล ฉายรัตน์)
ประธานกรรมการ ฯ

ดร.ศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์
(ดร.ศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์)
กรรมการ

ผศ.ดร.อภิรัฐ ลิ้มมณี
(ผศ.ดร.อภิรัฐ ลิ้มมณี)
กรรมการและเลขานุการ

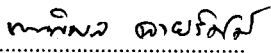
3. ข้อกำหนดอื่นๆ


- 3.1 เป็นชุดฝีกหรือชุดทดลองที่ผลิตจากโรงงานมาตรฐาน ตามแต่ละภูมิภาคอย่างน้อยดังต่อไปนี้คือ CE หรือ ISO9001 หรือ JIS หรือ DIN พร้อมแนบเอกสารในวันยื่นซอง (ยกเว้น อุปกรณ์ประกอบ ข้อ 2.3)
- 3.2 ถ้าเป็นชุดฝีกหรือชุดทดลองที่ผลิตในประเทศไทย จะต้องได้รับมาตรฐาน มอก. และ ISO และ CE และมีหน่วยงานมาตรฐานด้านอุตสาหกรรม รับรองพร้อมเอกสารจากผู้มีอำนาจสูงสุดรับรอง พร้อมแนบเอกสารในวันยื่นซอง (ยกเว้น อุปกรณ์ประกอบ ข้อ 2.3)
- 3.3 ผู้เสนอราคาต้องเป็นตัวแทนจำหน่ายโดยตรงจากบริษัทผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย พร้อมเอกสารการเป็นตัวแทนจำหน่าย เพื่อประโยชน์ในการบริการหลังการขายและอะไหล่ พร้อมแนบเอกสารในวันยื่นซอง (ยกเว้น อุปกรณ์ประกอบ ข้อ 2.3)
- 3.4 ผู้เสนอราคาต้องแสดงเอกสารโรงงานผลิต หรือ Website หรือพาดคะนกรรมการไปดูตัวอย่างเครื่อง เพื่อความชัดเจนและบริการหลังการขาย พร้อมแนบเอกสารในวันยื่นซอง (ยกเว้น อุปกรณ์ประกอบ ข้อ 2.3)
- 3.5 เงื่อนไขในการเสนอราคา ผู้เสนอราคาต้องเสนอราคารวมภาษีมูลค่าเพิ่ม
- 3.6 ผู้เสนอราคา ต้องมีการรับประกันคุณภาพตามสัญญา ไม่น้อยกว่า 1 ปี
- 3.7 ผู้เสนอราคา ต้องมีแผนการบริการอย่างต่อเนื่อง ไม่น้อยกว่า 2 ปี หลังจากหมดระยะการรับประกันคุณภาพตามสัญญาไปแล้วโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายเพิ่ม
- 3.8 ผู้เสนอราคาได้ต้องมีการติดตั้งและสาธิตการใช้งานให้กับผู้ใช้หรือผู้เกี่ยวข้องจนสามารถใช้งานได้ถูกต้อง อย่างน้อย 2 ครั้ง (ครั้งละไม่น้อยกว่า 3 วัน) หรือมีผู้เชี่ยวชาญทำการอบรมการใช้งาน ณ โรงงานผู้ผลิต หรือหน่วยงานที่จัดซื้อ ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายผู้เสนอราคาได้จะต้องรับผิดชอบทั้งสิ้น
- 3.9 ส่งมอบที่ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง


4. สถานที่ติดตั้ง

อาคารปฏิบัติการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ขนาดพื้นที่ใช้สอย 20 ตร.ม.

5. กำหนดส่งมอบพัสดุภายใน 120 วันนับถัดจากลงนามในสัญญา


.....
(รศ.ดร.พรพิมล ฉายรัศมี)
ประธานกรรมการ ฯ


.....
(ดร.ศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์)
กรรมการ


.....
(ผศ.ดร.อภิรัฐ ลิ้มมณี)
กรรมการและเลขานุการ