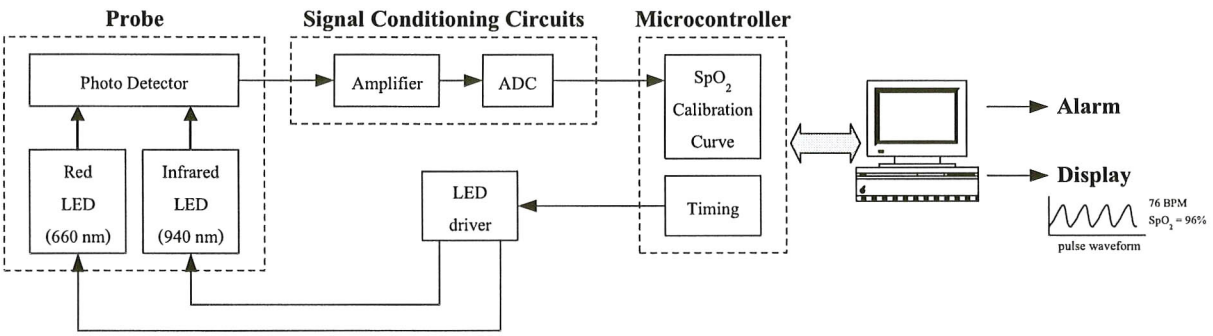
บทที่ 3

เครื่องตรวจวัดและบันทึกค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดที่พัฒนาขึ้น

3.1 โครงสร้างของระบบที่พัฒนาขึ้น

โครงสร้างของระบบเครื่องตรวจวัด แสดงผล และบันทึกค่า SpO_2 ที่พัฒนาขึ้นแสดงได้ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วนคือ ส่วนที่ติดกับนิ้วของผู้ป่วยจะใช้เซนเซอร์ตรวจวัด (probe) ที่พัฒนาขึ้นทำหน้าที่รับคลื่นแสงสีแดง และคลื่นแสงอินฟราเรดแล้วส่งข้อมูลไปปรับแต่งสัญญาณให้เหมาะสมก่อนส่งข้อมูลผ่านทางการสื่อ RS-232 โดย IC MAX232 และส่วนที่ติดตั้งอยู่ห้องแสดงผลส่วนกลางซึ่งประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยสามารถแสดงค่า SpO_2 ของผู้ป่วยพร้อมกับบันทึกผลไว้ในระบบฐานข้อมูล รายละเอียดขององค์ประกอบทั้งสองอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของเครื่องวัดค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดแดงที่พัฒนาขึ้น

โพรบวัดประกอบไปด้วยไดโอดเปล่งแสง (light emitting diode, LED) จำนวนสองตัว คือ LED แสงสีแดง (red LED) ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณคลื่นแสงสีแดงที่มีความยาวคลื่น 660 nmและ LED แสงอินฟราเรด (infrared LED) สำหรับให้กำเนิดคลื่นแสงอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่น 940 nm โดยที่ตัว LED นี้จะถูกควบคุมให้ติดและดับ สลับกันตามความถี่ของสัญญาณควบคุมจากวงจรขับ (LED driver) ส่วนอีกด้านหนึ่งของโพรบจะมีอุปกรณ์รับแสง (photo detector) ทำหน้าที่วัดความเข้มของคลื่นแสงทั้งสองที่ส่องทะลุผ่านนิ้วมือ ซึ่งโดยทั่วไปตำแหน่งการวางโพรบมักนิยมใช้วางนิ้วมือ (อาจใช้ติ่งหู) หรือในเด็กเล็กใช้ฝ่ามือ หรือเท้า แสงที่รับจากอุปกรณ์รับแสงจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อส่งต่อไปยังวงจรปรับแต่งสัญญาณซึ่งประกอบด้วยวงจรขยาย (amplifier) เพื่อขยายสัญญาณให้มีระดับที่เหมาะสมก่อนแปลงให้

กลายเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้วงจร ADC (analog-to-digital converter) เพื่อเข้าสู่กระบวนการประมวลผลสัญญาณผ่านด้วยระบบไมโครโปรเซสเซอร์

ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) จะทำหน้าที่หลักในการคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดแดงโดยอาศัยอัตราส่วนความสัมพันธ์ของคลื่นแสงสีแดงและคลื่นอินฟราเรดจากสองความยาวคลื่น (red/infrared ratio) นอกจากนี้ไมโครโปรเซสเซอร์ยังทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรขับ LED และเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการแสดงผลและระบบการแจ้งเตือน โดยค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนที่คำนวณได้จะถูกรายงานผลออกมาอยู่ในค่าเปอร์เซ็นต์ SpO_2 และแจ้งเตือนถึงภาวะระดับของออกซิเจนในเลือดว่ามีค่าปกติหรืออยู่ในสภาวะเลือดขาดออกซิเจน (Hypoxia)

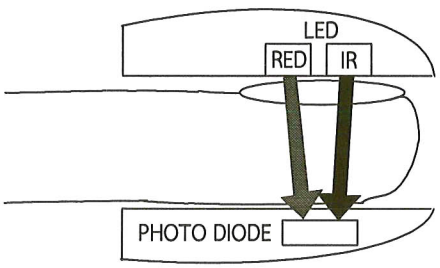
3.2 ส่วนประกอบฮาร์ดแวร์

วงจรตรวจวัดที่ติดตั้งอยู่ที่เตียงผู้ป่วย

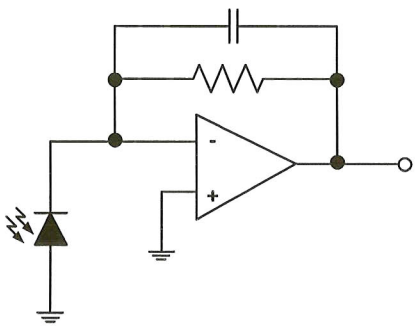
- เซนเซอร์ตรวจวัด ดังรูปที่ 3.2 (ก) ประกอบด้วย แอลอีดี สีแดง (Red LED) กับแอลอีดี อินฟราเรด (IR LED) ทำหน้าที่ปล่อยคลื่นแสงเดินทางผ่านนิ้ว และไปตกกระทบกับโฟโตไดโอดเบอร์ TSL257 ดังรูปที่ 3.2 (ข) ซึ่งสัญญาณที่วัดได้จะถูกส่งไปยังวงจรปรับแต่งสัญญาณ
- วงจรปรับแต่งสัญญาณ จะทำหน้าที่ปรับแต่งสัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้จากเซนเซอร์โดยใช้วงจรขยายแบบกลับเฟส (inverting amplifier) และวงจรปรับศูนย์และความชัน (zero and span circuit) [5] เพื่อให้ระดับสัญญาณอยู่ในช่วง 1-5 V ก่อนป้อนเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC) ขนาด 10 บิทภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้ทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่ได้กำหนดไว้ก่อนส่งข้อมูลเพื่อเข้าสู่กระบวนการสื่อสารไร้สายต่อไป

ส่วนแสดงผลที่ห้องแสดงผลส่วนกลาง

- ห้องแสดงผลส่วนกลางจะมีคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่คอยรับข้อมูลจากเตียงผู้ป่วยนำมาแสดงผล และจัดเก็บข้อมูลเพื่อนำข้อมูลกลับมาวิเคราะห์ต่อได้ในภายหลัง



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.2 โครงสร้างของเซนเซอร์ตรวจวัด

3.3 ส่วนประกอบซอฟท์แวร์

รูปที่ 3.3 แสดงการทำงานของโปรแกรมวัดค่า SpO_2 ซึ่งแบ่งขั้นตอนการทำงานได้เป็นสี่ขั้นตอน ดังนี้

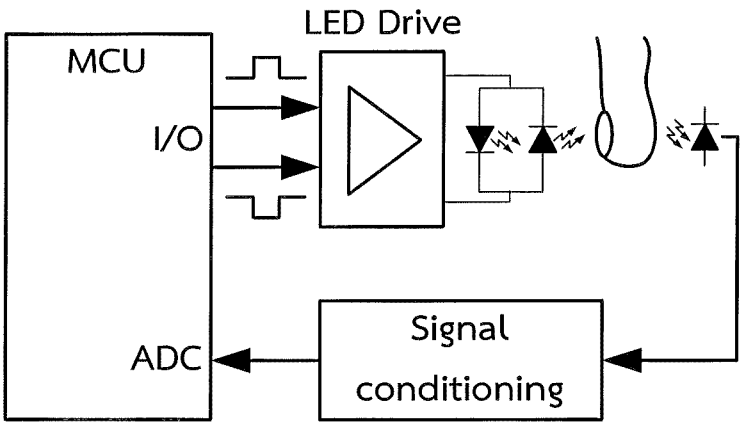
1) ไมโครคอนโทรลเลอร์สร้างสัญญาณควบคุมจังหวะการติดดับของแอลอีดี ผ่านทางวงจรขับแอลอีดี หลังจากที่คลื่นแสงเดินทางผ่านนิ้ว และไปตกกระทบกับเซนเซอร์แล้วสัญญาณจะถูกส่งต่อไปยังวงจรปรับแต่งสัญญาณ

2) ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการชักสัญญาณที่ได้จากเอาต์พุตของวงจรปรับแต่งสัญญาณ

3) ทำการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยมีความละเอียด 10 บิท

4) ประมวลผลสัญญาณตามโปรแกรมที่กำหนดไว้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

5) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งค่า SpO_2 ที่วัดได้ไปยังห้องแสดงผลส่วนกลางผ่านทาง RS-232



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการทำงานในส่วนตรวจวัด SpO_2