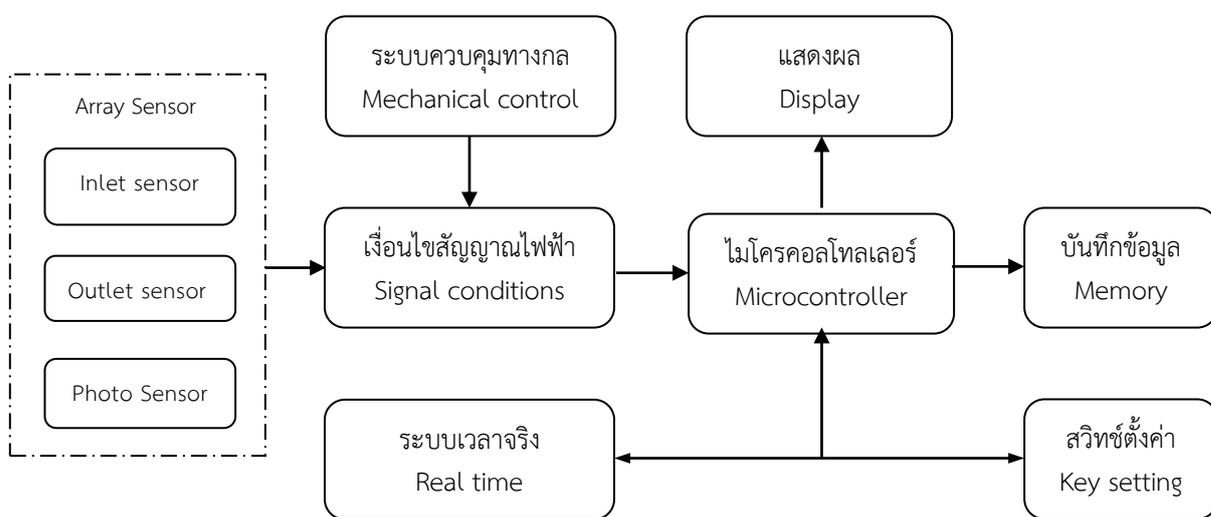


### บทที่ 3 วิธีการ และการออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการออกแบบระบบ ขอบเขตของระบบ การออกแบบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ การออกแบบโปรแกรม และโครงสร้างของระบบช่วยล้างไต ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญหลัก ๆ ในการออกแบบโครงการวิจัยเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมตามความต้องการที่สุด

#### 3.1 การออกแบบขอบเขต และบล็อกไดอะแกรมของเครื่องช่วยล้างไต

ผู้วิจัยมีแนวคิดออกแบบโดยใช้อุปกรณ์ที่สามารถจัดหาในประเทศเพื่อลดต้นทุนแต่สำหรับต้นแบบต้องคิด คำนวณ ผิดลอง ฝึกจนจำเป็นต้องอาศัยงบประมาณในการศึกษาค้นคว้าวิจัยต้นแบบ ด้านสุขอนามัย หรือการลดการติดเชื้อนั้น สามารถทำได้หากผู้ป่วยมีความสะอาด ในกระบวนการล้างไตหรือเปลี่ยนน้ำยาฟิไต ทั้งนี้ขั้นตอนการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาผู้ป่วยจะต้องสัมผัสกับข้อต่อสำหรับเปลี่ยนถ่ายน้ำยา ล้างไต หรือน้ำยาฟิไต ซึ่งเป็นจุดที่เพิ่มโอกาสในการติดเชื้อให้กับผู้ป่วยอย่างน้อย 6 ครั้ง ต่อการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาหนึ่งรอบ ในหนึ่งวันรวมอย่างน้อย 24 ครั้ง แต่สำหรับแนวคิดที่ผู้วิจัยออกแบบจะใช้ระบบการเปิด-ปิดทางกลและการควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์มาช่วยจึงลดการสัมผัส และโอกาสในการติดเชื้อทางข้อต่อน้ำยาฟิไต เข้า-ออกช่องท้อง และใช้ระบบเซนเซอร์เพื่อตรวจวัดปริมาณน้ำยาเข้า-ออก ใช้การบันทึกข้อมูลต่างๆดังกล่าวในขอบเขตด้วยข้อมูลแบบดิจิทัลแพทย์สามารถดาวน์โหลดข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ได้ในรูปไฟล์เอกสาร และผู้ป่วยก็ไม่ต้องทำการบันทึกที่ระบบจะบันทึกโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 3.1 แสดงไดอะแกรมกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ทั้งนี้ผู้ป่วยโรคไตที่รับการบำบัดแบบการล้างไตผ่านช่องท้องจะต้องเข้าโครงการของ สปสช. ร่วมกับศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ ซึ่งในโครงการนี้ทุกเดือนผู้ป่วยจะต้องพบแพทย์เพื่อรายงานข้อมูลการบำบัด และ จะต้องมีการตรวจเยี่ยมบ้านผู้ป่วย ดังนั้นข้อมูลการรักษาเจ้าหน้าที่ ที่เดินทางไปเยี่ยมผู้ป่วยสามารถโหลดข้อมูลได้ทันที นอกจากนี้ระบบจะมีการตรวจสอบความชุ่มชื้นของ

น้ำยาพีดีที่ออกจากช่องท้องผู้ป่วย และแจ้งเตือนหากมีความชุ่มชื้นมากแสดงถึงโอกาสในการติดเชื้อของผู้ป่วยได้ ซึ่งระบบที่ออกแบบแสดงดังบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 1

Sensor Array คือ ส่วนที่เป็นเซ็นเซอร์ตรวจวัดปริมาณการนำน้ำยาพีดีเข้า-ออกจากช่องท้องของผู้ป่วยไตเรื้อรัง ออกแบบระบบทางกลเพื่อการปิด-เปิดการปล่อยน้ำยาล้างไตเข้า-ออกจากช่องท้องของผู้ป่วย และระบบตรวจสอบความชุ่มชื้นของน้ำยาพีดีออกจากช่องท้องผู้ป่วยไตเพื่อตรวจสอบการติดเชื้อของผู้ป่วยไต

Real time คือ ระบบฐานเวลาที่ใช้อ้างอิงเพื่อให้ระบบบันทึกข้อมูลวันที่ เวลาการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไต ปริมาณน้ำยาพีดีเข้า ปริมาณน้ำยาพีดีออก ในรอบวัน เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับแพทย์ในรอบหนึ่งเดือน เพื่อการประเมินดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่รักษาด้วยการล้างไตผ่านช่องท้อง

ส่วน ระบบควบคุมทางกล คือ ระบบกลไกที่ออกแบบเพื่อเปิด-ปิด ปล่อยน้ำยาพีดีออกจากช่องท้องของผู้ป่วย หรือนำน้ำยาพีดีเข้าช่องท้องของผู้ป่วย

ส่วน แสดงผล คือ ตัวสื่อสารกับผู้ใช้ระบบ เช่น แสดงวันที่ จากสวิทช์ตั้งค่า เพื่อสื่อสารการติดตั้งค่า วัน เดือน ปี เพื่อการบันทึกข้อมูล ลงในส่วนของการทำงานบันทึกข้อมูล แสดงปริมาณน้ำที่ผู้ป่วยดื่มได้ในรอบวันจากการคำนวณปริมาณน้ำยาพีดีที่ออกจากช่องท้องผู้ป่วย เป็นต้น

จากการศึกษา และลองผิดลองถูกออกแบบทำให้ได้ข้อสรุปเบื้องต้นของเครื่องล้างไตทางหน้าท้อง โดย จะมีการทำงานสองระบบ คือ ระบบชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกข้อมูลและระบบแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไตทางหน้าท้อง การทำงานแบบชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกข้อมูลของเครื่องล้างไตทางหน้าท้อง จะเริ่มทำงาน เมื่อกดสวิทช์ (Switch) เปิดเครื่อง แล้วสวิทช์จะส่งค่าข้อมูลการทำงานไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำตามโปรแกรมควบคุมที่กำหนดไว้แล้ว และส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Memory Card) จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สั่งให้ทำในขั้นตอนต่อไป จนถึงขั้นตอนสุดท้ายเมื่อกดสวิทช์จะทำให้หน้าจอจะแสดงปริมาณน้ำที่บริโภคต่อวัน ในส่วนของการทำงานแบบระบบแจ้งเตือนการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตทางหน้าท้อง เมื่อกดสวิทช์ แล้วสวิทช์ที่ได้รับค่ามาแล้วจะส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำตามโปรแกรมควบคุมที่กำหนดไว้ โดยจะมีการแจ้งเตือนต่าง ๆ ในการกดผ่านทางหลอดไฟ (LED) และจะมีเซ็นเซอร์ (Sensor) ตรวจเชื้อ ซึ่งจะแจ้งเตือนเมื่อมีโอกาสการติดเชื้อเกิน 50% และในส่วนของการทำงานระดับแบตเตอรี่นั้นจะแสดงผลผ่านหน้าจอแสดงผลดังรูปที่ 3.2 โดยสามารถแบ่งได้ 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่

### 3.1.1 ส่วนชั่งน้ำหนัก (Weight scales)

เป็นเครื่องมือในการชั่งน้ำหนักของน้ำยาล้างไตแบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะมีการบันทึกข้อมูลพร้อมบอกค่าน้ำหนัก และค่าปริมาณน้ำที่ผู้ป่วยควรบริโภคต่อวัน ซึ่งประกอบด้วยดังนี้

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ทำหน้าที่เป็นวงจรสั่งการระบบ และประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ ภายในเครื่องช่วยล้างไตเปรียบเสมือนสมอง
- โหลดเซลล์ (Load cell) ทำหน้าที่เป็นตัวรับน้ำหนัก และส่งต่อข้อมูลออกเป็นแรงดันไฟฟ้าในระดับ มิลลิโวลต์ (mV)
- วงจรขยายอินสตรูเมนต์ (Instrument Amplifier Circuit) ทำหน้าที่เป็นตัวขยายค่าแรงดันไฟฟ้าจากโหลดเซลล์แล้วส่งต่อไปอ่านยังไมโครคอนโทรลเลอร์

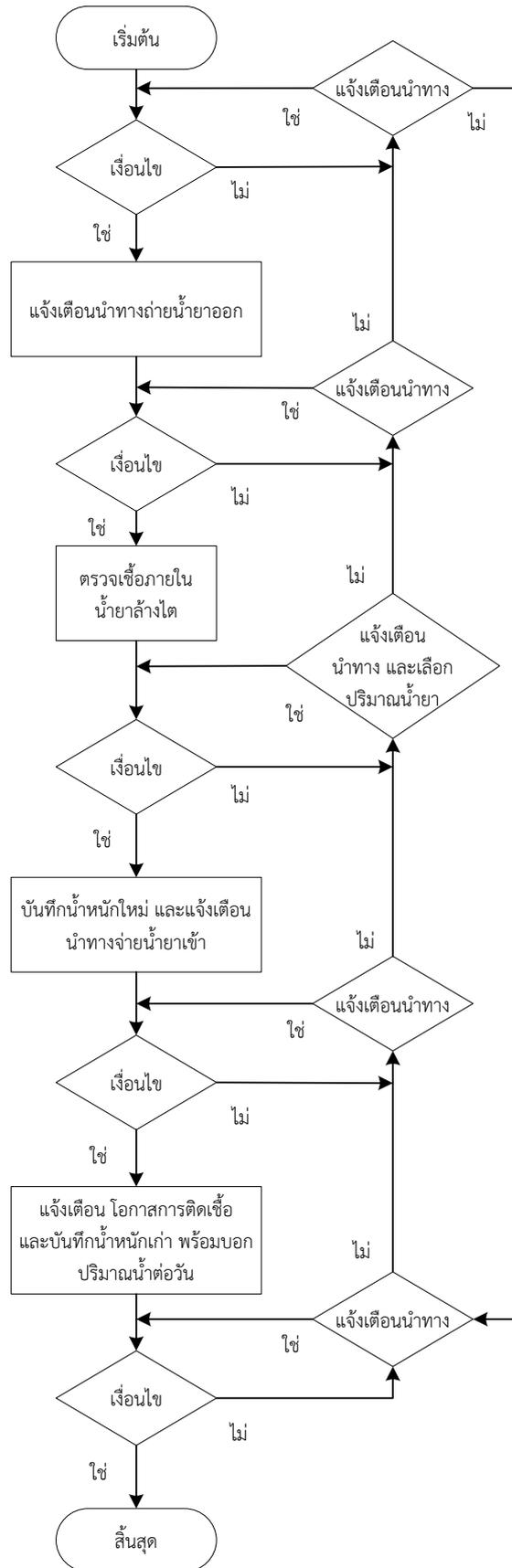
- จอแสดงผลเซกเมนต์ (Seven-Segment) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แสดงผลค่าต่าง ๆ ที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์
- วงจรเก็บข้อมูล (Memory Circuit) ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือการเก็บข้อมูล
- วงจรเวลาจริง (Real Time Circuit) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์บอกเวลากับระบบ
- วงจรชาร์ตแบตเตอรี่ (Charge Battery Circuit) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ชาร์ตพลังงานให้กับแบตเตอรี่
- วงจรระดับแรงดัน (Level Circuit) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดระดับแรงดันคงเหลือภายในแบตเตอรี่
- แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เป็นพลังงานให้กับเครื่องช่วยล้างไต
- สวิตช์ (Switch) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบ

### 3.1.2 ส่วนแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต (The Notification System)

เป็นเครื่องมือในการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไตแบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะมีการแจ้งเตือนลำดับขั้นตอน และการแจ้งเตือนโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อ ซึ่งประกอบด้วยดังนี้

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ทำหน้าที่เปรียบเสมือนสมองสั่งการระบบ และประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ ภายในเครื่องช่วยล้างไต
- วงจรแอลดีอาร์ (LDR) ทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์วัดแสงจากเลเซอร์ (Laser)
- สวิตช์ (Switch) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 3.2 ผังงานของเครื่องล้างไตทางหน้าท้องในส่วนที่แจ้งเตือนการถ่ายน้ำยา มีการทำงานเพื่อแจ้งเตือนลำดับการถ่ายน้ำยาล้างไต ซึ่งจะเป็นรูปแบบแจ้งเตือนนำทางผ่านสถานะไฟให้กับผู้ป่วย และแจ้งเตือนลำดับการชั่งน้ำหนักพร้อมบอกโอกาสการติดเชื้อภายในน้ำยาล้างไตที่ผู้ป่วยได้ถ่ายออก และในส่วนที่ชั่งน้ำหนักน้ำยา มีการทำงานเพื่อแสดงค่าน้ำหนักของน้ำยาล้างไต และแสดงค่าน้ำที่ผู้ป่วยควรบริโภคต่อวัน พร้อมบันทึกค่าน้ำหนักน้ำยาล้างไตทั้งน้ำหนักน้ำยาใหม่ที่จะเข้าท้องผู้ป่วย และน้ำหนักน้ำยาเก่าที่ออกจากท้องผู้ป่วย แล้วนำมาคำนวณผลของกำไร-ขาดทุนของน้ำยาล้างไต และคำนวณปริมาณน้ำที่ผู้ป่วยควรบริโภคต่อวัน บันทึกข้อมูลต่าง ๆ อาทิ วัน เดือน ปี รอบการใช้งานที่มี 4 รอบต่อวัน ค่าน้ำหนักของน้ำยาใหม่ ค่าน้ำหนักของน้ำยาเก่า ผลกำไรขาดทุนของน้ำยาล้างไต ผลรวมของกำไรขาดทุนในแต่ละวัน และปริมาณน้ำที่ผู้ป่วยควรบริโภคต่อวันในวันถัดไป โดยข้อมูลเหล่านี้จะเก็บข้อมูลอยู่ในอุปกรณ์บันทึกข้อมูล



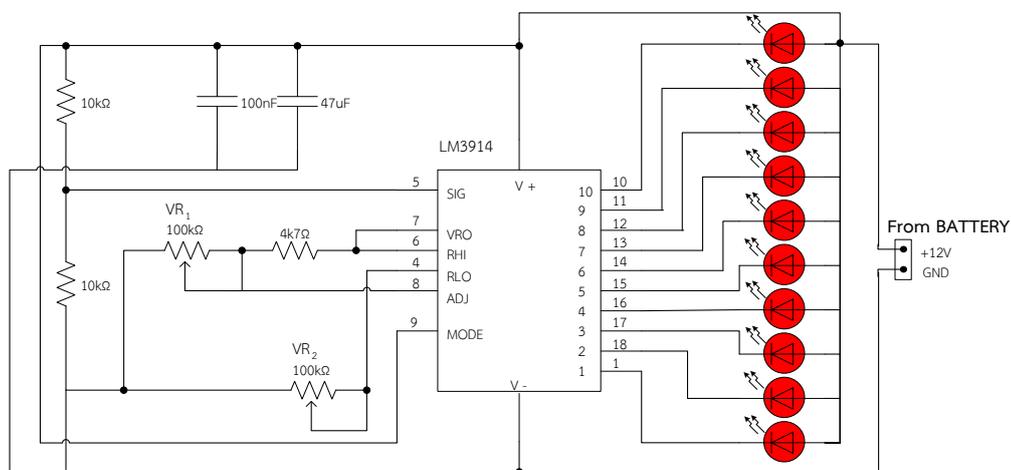
รูปที่ 3.2 ผังงาน (Flowchart) ของระบบช่วยล้างไต

### 3.2 การออกแบบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์

การออกแบบวงจรเป็นการออกแบบวงจรเพื่อคอยควบคุมการทำงานส่วนต่าง ๆ ของระบบเครื่องช่วยล้างไต ซึ่งจะมีการคำนวณวงจรที่เป็นปัจจัยหลักในการสร้างส่วนต่าง ๆ ของเครื่องช่วยล้างไต เพื่อที่จะได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการหรือใกล้เคียงที่สุด โดยมีวงจรดังต่อไปนี้

#### 3.2.1 วงจรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่

เนื่องจากระบบของเครื่องช่วยล้างไตต้องสามารถทราบปริมาณแรงดันคงเหลือของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ (V) ได้ จึงใช้วงจรวัดระดับแรงดันไฟที่วัดแรงดันจากแบตเตอรี่แล้วนำไปแสดงออกเป็นจำนวนหลอดไฟที่สว่าง ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้ LM3914 ทำหน้าที่แสดงระดับแรงดันคงเหลือ ณ ปัจจุบันของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ในรูปแบบไฟแสดงสถานะของแบตเตอรี่ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งจะต่อเข้ากับแบตเตอรี่โดยตรงและจะมีหลอดไฟแสดงตามระดับแรงดันคงเหลือในแบตเตอรี่



รูปที่ 3.3 วงจรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่

จากคู่มือการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Data sheet) ของ LM3914 ทำให้ทราบถึงแนวทางการนำไปใช้สร้างวงจรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งภายในวงจรจะมีค่าความต้านทานปรับค่าได้ 2 ตัว เป็นตัวกำหนดแรงดันสูงสุด และต่ำสุดที่เหมาะสมจึงต้องการทราบค่าที่แน่นอน โดยสามารถทราบค่าของ  $VR_1$  ตำแหน่งขา 6 จากตัวต้านทาน  $R_3$  ตำแหน่งขา 6 มีค่าความต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม (kΩ) ดังนั้นจะมีกระแสไหลผ่านหลอดไฟ ประมาณ 2.66 มิลลิแอมป์ (mA) คิดที่แรงดัน 1.25 โวลต์

ตัวต้านทาน  $VR_1$  ทำหน้าที่กำหนดแรงดันสูงสุดที่ขา 6 โดยเราจำเป็นต้องทำให้แรงดันที่ขา 6 และขา 7 เท่ากับ 6.75 โวลต์ ซึ่งจะได้จากแรงดันที่ขา 5 เมื่อแบตเตอรี่เต็ม ค่าของตัวต้านทาน  $VR_1$  คิดจาก เมื่อเรารู้กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน  $VR_1$  เท่ากับที่ไหลผ่านตัวต้านทาน  $R_3$  ซึ่งเท่ากับ 2.66 มิลลิแอมป์ บวกกับกระแสที่ไหลออกจากขา 8 ซึ่งเป็น กระแสผิดพลาด (error current) มีค่าเท่ากับ 120 ไมโครแอมป์ (μA) ดังนั้นสามารถหาค่าตัวต้านทาน  $VR_1$  จากสมการที่ 3.1

$$\text{จากสูตร} \quad V_{6,7} = V_{LED} + VR_1 (I_{error,8} + I_{R_3}) \quad (3.1)$$

$$6.75V = 1.25V + R_3(120\mu A + 266\mu A)$$

$$VR_1 = \frac{(6.75 - 1.25)}{386\mu A}$$

จะได้ค่า  $VR_1 = 14.2$  กิโลโอห์ม หรือมากกว่า ซึ่งในที่นี้ใช้ตัวต้านทานปรับค่า 25 รอบ 100 กิโลโอห์ม เป็นตัวกำหนดแรงดันสูงสุด ส่วนตัวต้านทาน  $VR_2$  ทำหน้าที่จำกัดแรงดันต่ำสุดที่ขา 4 คัดได้จากสมการที่ 3.2

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times R_b}{(R_a + R_b)} \quad (3.2)$$

เมื่อ  $R_a$  = ค่าความต้านทานภายในตัวไอซีมีค่า 1 กิโลโอห์ม จำนวน 10 ตัว เท่ากับ 10 กิโลโอห์ม  
 $R_b$  = ตัวต้านทานที่ต้องการหาในที่นี้คือ  $VR_2$   
 $V_{in,4}$  = แรงดันสูงสุด คือ 6.75 โวลต์ (แรงดันจะแกว่งขึ้นลงอยู่ในช่วง 6.75 ถึง 5 โวลต์)  
 $V_{out,(6,7)}$  = แรงดันต่ำสุด คือ 5 โวลต์ (แรงดันจะแกว่งขึ้นลงอยู่ในช่วง 6.75 ถึง 5 โวลต์)

จะได้

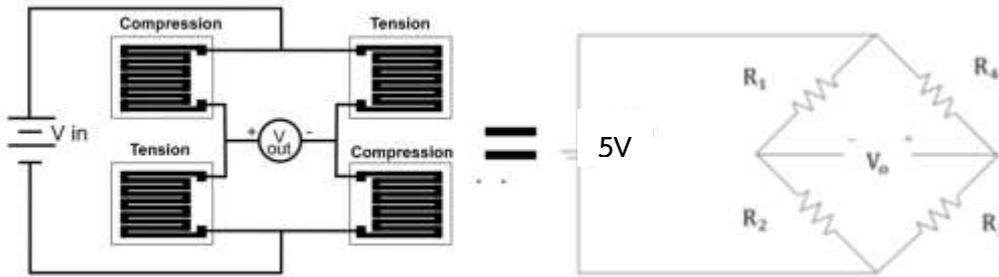
$$5 = \frac{6.75 \times VR_2}{(10k + VR_2)}$$

จะได้ค่า  $VR_2 = 28.5$  กิโลโอห์ม หรือมากกว่า ซึ่งในที่นี้ใช้ตัวต้านทานปรับค่า 25 รอบ 100 กิโลโอห์ม เป็นตัวกำหนดแรงดันต่ำสุด

โดยจากการคำนวณองค์ประกอบต่าง ๆ ของวงจรวัดระดับแรงดันแบบเตอริจะทำได้สามารถออกแบบวงจรวัดระดับแรงดันแบบเตอริให้เหมาะสมกับขนาดแรงดันแบบเตอริ 12 โวลต์ ได้ดังรูปที่ 3.3

### 3.2.2 วงจรบริดจ์

เนื่องจากปริมาณของน้ำหนักวัตถุขนาด 2,000 กรัม เลือกใช้วงจรบริดจ์ที่รับค่าน้ำหนักมาจากวัตถุแล้วส่งค่าน้ำหนักในรูปแบบสัญญาณทางไฟฟ้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล ซึ่งเป็นวงจรทำหน้าที่ใช้แปลงค่าพลังงานเชิงกล โดยใช้หลักการของความเครียด ความเค้น เป็นพลังงานไฟฟ้าจากค่าความต้านทาน (Ohm) เป็นค่าแรงดันไฟฟ้าดีซี (DC) โดยวงจรจะมีค่าความต้านทานที่ได้จากสเตรนเกจ (Strain Gauge) ดังรูปที่ 3.4 ซึ่งสามารถเลือกใช้สเตรนเกจที่มีในปัจจุบัน โดยสเตรนเกจที่มีความเหมาะสมในการใช้งานประเภทนี้ คือ โหลดเซลล์ (Load Cell) แบบแท่ง ขนาด 10 กิโลกรัม เนื่องจากต้องการป้องกันไม่ให้โหลดเซลล์เสียหาย (Over Load) จากการใช้งาน และไม่ให้ค่าน้ำหนัก 2,000 กรัม ที่ต้องการวัดค่ามีความผิดพลาดจากการใช้งานโหลดเซลล์ไม่เหมาะสม โดยทราบสัญญาณไฟสูงสุดที่โหลดเซลล์สามารถส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ได้จากสเปค (Spec) บนตัวโหลดเซลล์ หรือสามารถทราบได้จากการคำนวณต่อไปนี้



รูปที่ 3.4 การต่อ สเตรนเกจ (Strain Gauge) เข้ากับวงจรบริดจ์ (Bridge) [6]

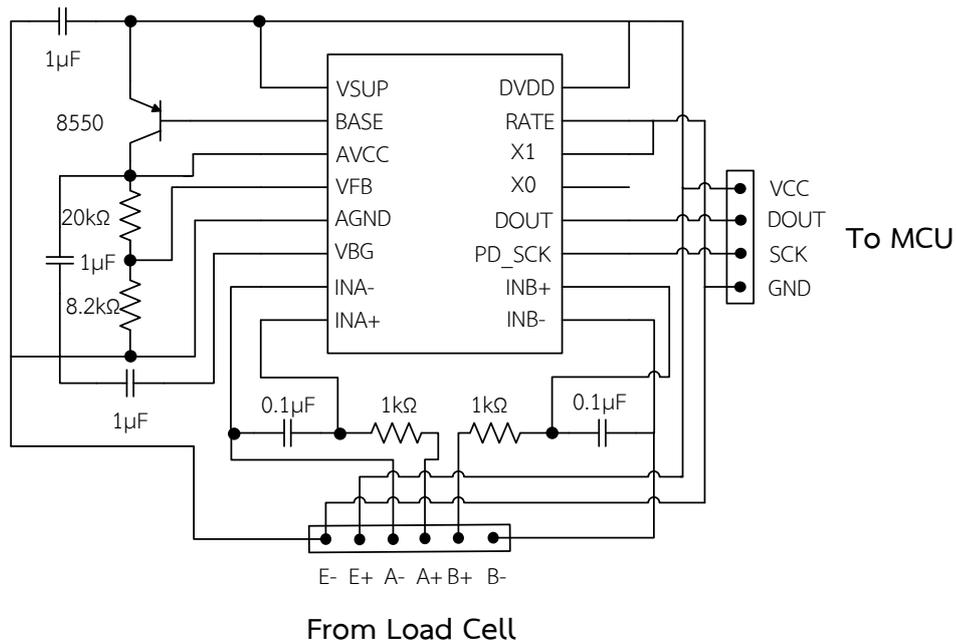
จากการใช้งานของโหลดเซลล์แรงกระทำต่อโหลดเซลล์ (Load Cell) ที่น้ำหนัก เมื่อต้องการทราบค่าสัญญาณไฟสูงสุดของน้ำหนักสูงสุด (Full Load) โดยจากคู่มือการใช้งานอุปกรณ์สามารถทราบถึงค่าความละเอียดแรงดันเท่ากับ 2 มิลลิโวลต์ต่อโวลต์ (mV/V) และใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์

แรงดันที่จะได้เท่ากับ 
$$\text{Full Load} = 2 \text{ mV/V} \times 5 \text{ V}$$

$$\text{Full Load} = 10 \text{ mV}$$

### 3.2.3 วงจรขยายอินสตรูเมนเตชัน

เนื่องจากใช้โหลดเซลล์ขนาด 10 กิโลกรัม แรงดันสูงสุดของวงจรบริดจ์ 10 มิลลิโวลต์ แต่ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังไม่สามารถรับค่าสัญญาณไฟที่ต่ำของโหลดเซลล์ได้ ดังนั้นจึงต้องใช้วงจรขยายอินสตรูเมนเตชันเบอร์ Hx711 เป็นวงจรทำหน้าที่ขยายสัญญาณทางไฟฟ้ามีขนาดแรงดันต่ำในช่วงความถี่ต่ำ ซึ่งวงจรจะรับสัญญาณไฟจากโหลดเซลล์แล้วขยายสัญญาณเพื่อส่งไมโครคอนโทรลเลอร์ดังวงจรรูปที่ 3.5 และสามารถคำนวณอัตราขยายของวงจรจากสมการที่ 3.3



รูปที่ 3.5 วงจรขยายอินสตรูเมนเตชัน

$$\text{Gain} = 1 + \frac{V_0}{V_{\text{Load Cell}}} \quad (3.3)$$

เมื่อต้องการค่าน้ำหนักสูงสุด 10 กิโลกรัม ที่แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ จะได้แรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากตัวโหลดเซลล์มีค่า 10 มิลลิโวลต์ ดังนั้นจึงต้องใช้วงจรขยายอินสตรูเมนต์ขึ้นในการขยายแรงดันเพื่อส่งสัญญาณเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยสามารถคิดอัตราขยายดังสมการที่ 3.3

$$\text{Gain} = 1 + \frac{5\text{V}}{10\text{mV}}$$

$$\text{Gain} = 501 \text{ เท่า}$$

สำหรับการใช้งานวงจรขยายอินสตรูเมนต์ขึ้น ต้องการใช้อัตราขยาย 501 เท่า ซึ่งจากตาต้าซีสวิทช์บริดจ์ดังรูปที่ 3.5 ใช้มีค่าความต้านทาน  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 120$  โอห์ม ( $\Omega$ ) จะได้แรงดันที่โวลต์มิเตอร์ (Volt Meter) หรือ  $V_0$  จากวงจร พบว่า = 2.5 โวลต์

เมื่อ  $W = 0$  กรัม,  $V_0 = 2.5$  V

$$\text{จะได้} \quad = 2.5 - 2.5 = 0 \text{ V}$$

เมื่อ  $W = 10,000$  กรัม,  $V_0 = 7.5$  V

$$\text{จะได้} \quad = 7.5 - 2.5 = 5 \text{ V} = 5,000 \text{ mV}$$

$$\text{สามารถหาค่าความไวของวงจรบริดจ์} = \frac{\Delta V_{\text{max}} \times \Delta V_{\text{min}}}{W_{\text{max}} - W_{\text{min}}} \quad (3.4)$$

$$= \frac{5,000\text{mV} - 0\text{mV}}{10,000\text{g} - 0\text{g}}$$

$$= 0.5 \text{ mV/g}$$

จะได้ค่าความไวของวงจรบริดจ์ = 0.5 มิลลิโวลต์ต่อกรัม (mV/g) ซึ่งในที่นี้ใช้โหลดเซลล์ 10 กิโลกรัมที่มี ความไวของวงจรบริดจ์ 0.5 มิลลิโวลต์ต่อกรัม

สำหรับการใช้งานวงจรขยายอินสตรูเมนต์ขึ้น ต้องการใช้อัตราขยาย 501 เท่า ดังนั้นการเลือกใช้ Hx711 ในการขยายสัญญาณ ซึ่งเป็นการเลือกใช้งานที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานโหลดเซลล์ขนาด 10 กิโลกรัม ที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์

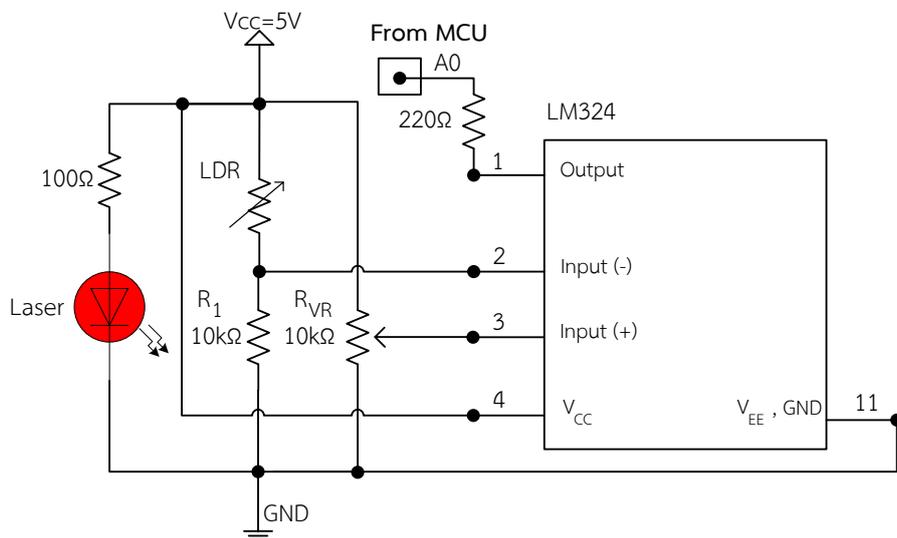
### 3.2.4 วงจรเซ็นเซอร์วัดแสง

เนื่องจากตรวจสอบเชื้อภายในถุงน้ำยาล้างไตที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อเกิดการติดเชื้อ ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้เซ็นเซอร์ (Sensor) ที่ใช้หลักการของการตรวจสอบความเข้มข้น ซึ่งต้องใช้เซ็นเซอร์ประเภทตรวจสอบการดูดกลืนของแสงของเซ็นเซอร์วัดแสงเป็นวงจรทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงดังรูปที่ 3.6 โดยแสงจะเป็นตัวแปรให้ค่าความต้านทานของแอลดีอาร์ (LDR) เปลี่ยนไป เซ็นเซอร์วัดแสงถูกนำไปประยุกต์ใช้เป็นสวิตซ์ทางแสง โดยตัวของเซ็นเซอร์วัดแสงนั้นได้นำออปแอมป์เบอร์แอลเอ็ม324 (LM324) มาเป็นตัวเปรียบเทียบแรงดัน ระหว่างแรงดันที่ได้มาจากแอลดีอาร์ กับ แรงดันสมมติ เมื่อแรงดันสมมติมากกว่า จะทำให้สวิตซ์ทำงานได้ โดยรับแสงมายังแอลดีอาร์แล้วส่งแรงดันไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

เมื่อกำหนดแรงดันมาตรฐานจากการทดลองที่ 4 เท่ากับ 4.4 โวลต์ ที่ขา 3

ดังนั้น ถ้าต้องการไม่ให้สวิตซ์ทำงาน แรงดันจากแอลดีอาร์ ต้องสูงกว่า 4.4 โวลต์

ถ้าต้องการให้สวิตซ์ทำงาน แรงดันจากแอลดีอาร์ ต้องต่ำกว่า 4.4 โวลต์

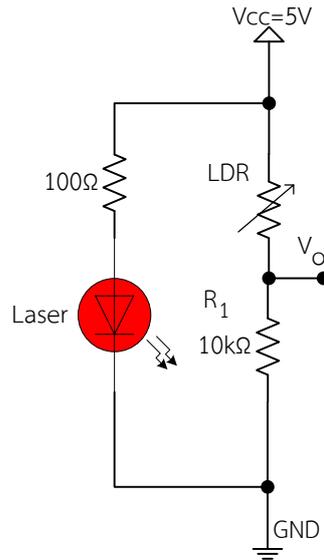


รูปที่ 3.6 วงจรเซ็นเซอร์วัดแสง

ค่าความต้านทานของแอลดีอาร์ (LDR) นี้เปลี่ยนไปตามความสว่างของแสงที่ตกบนตัวแอลดีอาร์ ดังนี้

- เมื่อไม่มีแสงตกกระทบเลย (มืดสนิท) มีค่าประมาณ 100 กิโลโอห์ม ขึ้นไป
- ถ้ามีแสงมาก มีค่าประมาณ 1 กิโลโอห์ม
- แสงไฟนีออนตกกระทบมีค่าประมาณ 10 กิโลโอห์ม

โดยแรงดันที่ใช้ทำการเปรียบเทียบนั้นได้มาจากการแบ่งแรงดันจากรูปที่ 3.7 ในกรณีที่ต้องการให้สวิตซ์ไม่ทำงานเมื่อกำหนดให้แรงดันจากแอลดีอาร์ที่ต่ำกว่า 4.4 โวลต์



รูปที่ 3.7 วงจรแอลดีอาร์

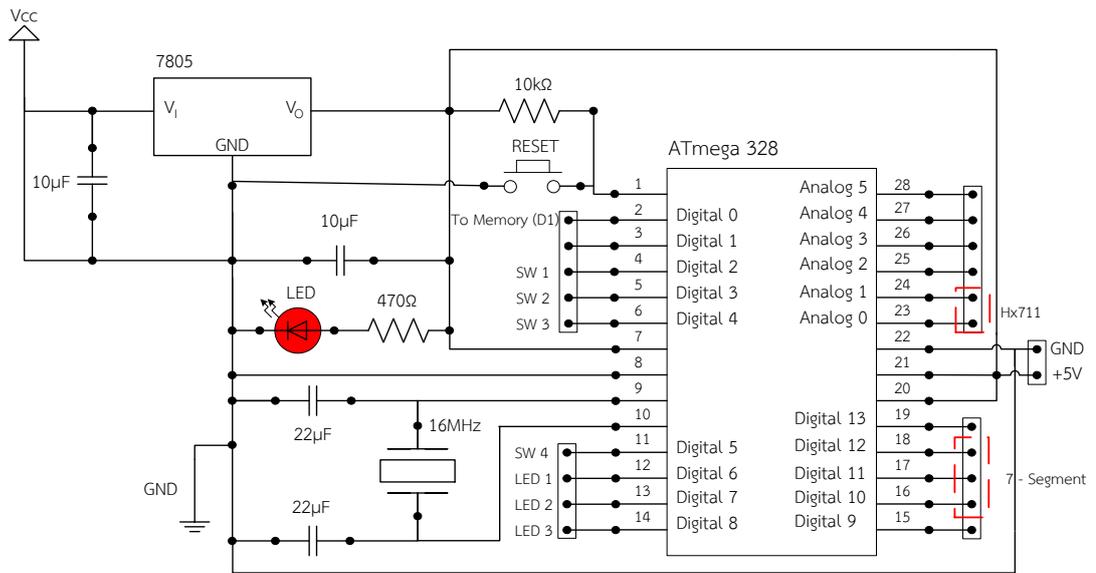
ในกรณีที่แรงดันที่ขา 2 และขา 3 มีค่าเท่ากันค่าความต้านทานอยู่ในช่วง 1 – 10 กิโลโอห์ม เมื่อค่า  $R_{LDR}$  เพิ่มขึ้นจะทำให้  $V_0$  มีค่าที่ลดลงจะสามารถหาได้จากสมการที่ 3.2

$$\begin{aligned} \text{จากสมการที่ 3.2} \quad V_{2,3} &= \frac{V_{in} \times R_1}{(R_1 + R_{LDR})} \\ 4.4 &= \frac{5 \times R_{10k}}{(R_1 + 1k)} \\ R_1 &= 7,333.33 \text{ } \Omega \text{ หรือประมาณ } 7.3 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

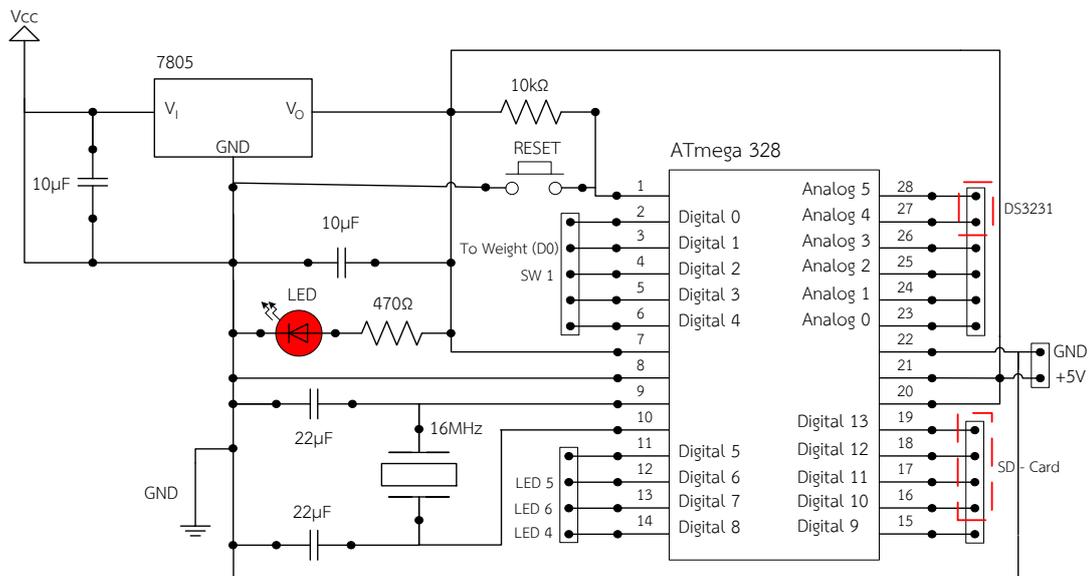
โดยจากการคำนวณองค์ประกอบต่าง ๆ ของวงจรแอลดีอาร์จะทำให้สามารถออกแบบวงจรแอลดีอาร์ได้ดังรูปที่ 3.7 ซึ่งจากวงจรแอลดีอาร์ที่ผ่านการคำนวณมาแล้ว สามารถนำมาสร้างเป็นวงจรแอลดีอาร์ โดยสามารถนำอุปกรณ์ต่าง ๆ มาประกอบกับแผงวงจรของวงจรแอลดีอาร์ที่ได้ออกแบบมาประยุกต์ใช้ในการบอกโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ป่วย โดยใช้หลักการความแตกต่างของความเข้มแสง

### 3.2.5 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

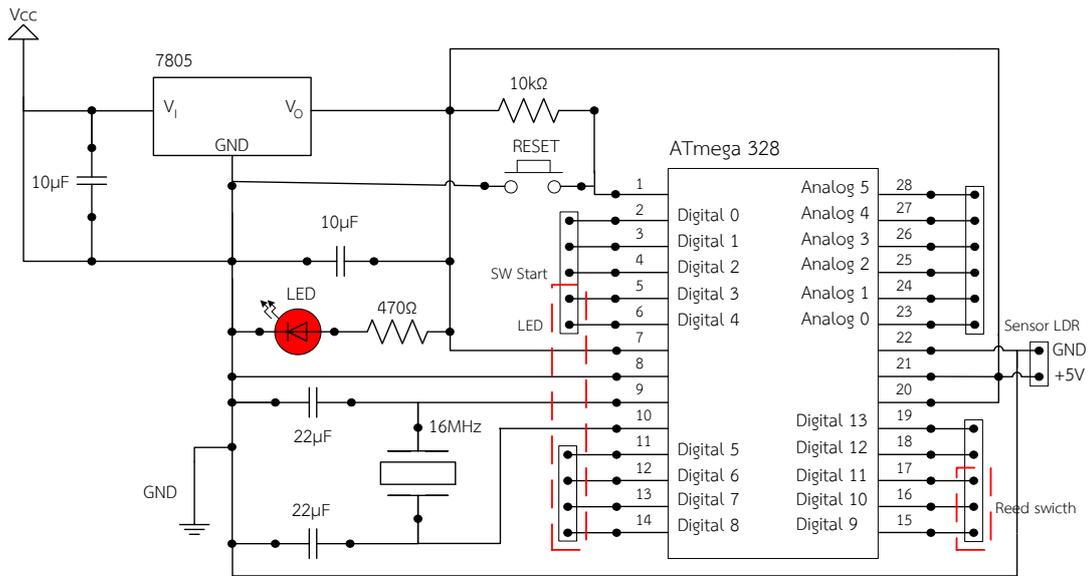
เมื่อต้องการควบคุมระบบของเครื่องช่วยล้างไตจะต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่รับค่า และส่งค่าข้อมูลจากวงจรต่าง ๆ ไปควบคุมการทำงานของระบบ และสั่งการการปฏิบัติงานของระบบต่าง ๆ ที่ใช้ทำงานภายในเครื่องช่วยล้างไต เปรียบเสมือนเป็นสมองของระบบ ซึ่งอาดูโน่จะทำงานตามโปรแกรม (Program) ที่ได้เขียนสั่งงาน โดยอาดูโน่ (Arduino) ที่ใช้จะเป็นเอทีเมก้า 328 (ATmega 328) วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ออกแบบไว้ 3 ส่วน แบ่งออกเป็นวงจรส่วนซึ่งนำหน้าดังรูปที่ 3.8 ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบซึ่งนำหน้าพร้อมแสดงผลค่านำหน้าบนหน้าจอส่วนวงจรบันทึกข้อมูลดังรูปที่ 3.9 ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบบันทึกข้อมูลลงในอุปกรณ์บันทึกข้อมูล และส่วนวงจรแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไตดังรูปที่ 3.10 ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาผ่านสัญญาณแสงไฟ (LED)



รูปที่ 3.8 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่ (ส่วนข้างหน้าหน้า)



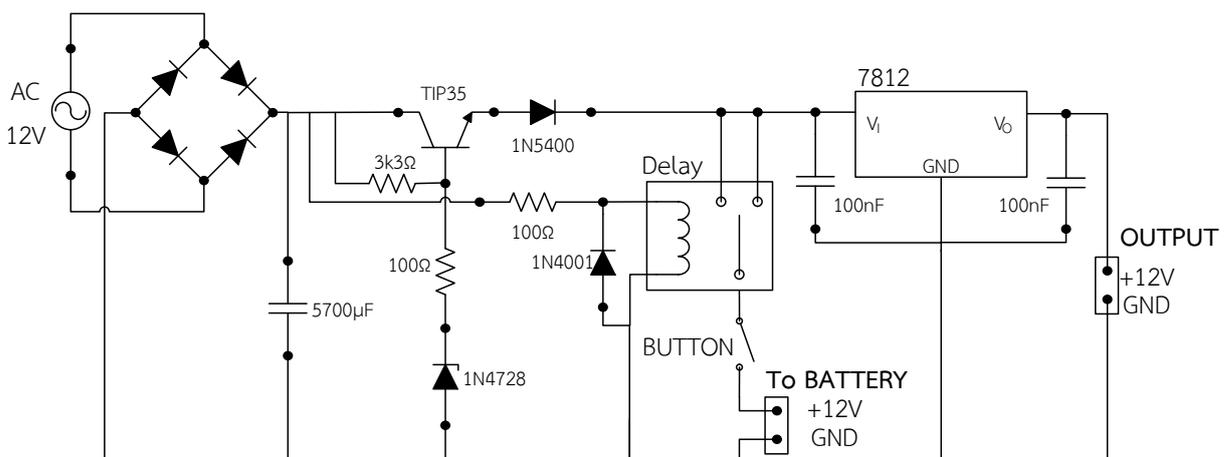
รูปที่ 3.9 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่ (ส่วนบันทึกข้อมูล)



รูปที่ 3.10 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ อาตูดูโน้ (ส่วนแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต)

### 3.2.6 วงจรไฟฉุกฉิน

เมื่อต้องการใช้พลังงานในขณะที่ไฟดับ หรือออกไปในพื้นที่ที่ขาดแคลนพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นจึงต้องมีการชาร์จ (Charger) ไฟลงในแบตเตอรี่เพื่อเป็นการสำรองไฟในการใช้งาน ซึ่งจะต้องใช้วงจรไฟฉุกฉินเป็นสื่อกลางระหว่างแหล่งจ่ายกับแบตเตอรี่เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยวงจรทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ช่วยชาร์จไฟสำรองของแบตเตอรี่ที่เป็นแหล่งจ่ายให้กับอุปกรณ์ในยามฉุกฉิน ซึ่งวงจรไฟฉุกฉินนี้ จะทำงานในภาคของการจ่ายไฟเป็นแหล่งจ่ายไฟ โดยวงจรไฟฉุกฉินจะคอยจ่ายพลังงานไฟฟ้า และชาร์จพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ที่ได้ติดตั้งเป็นพลังงานสำรองของอุปกรณ์ โดยสามารถออกแบบวงจรไฟฉุกฉินได้ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 วงจรไฟฉุกฉิน

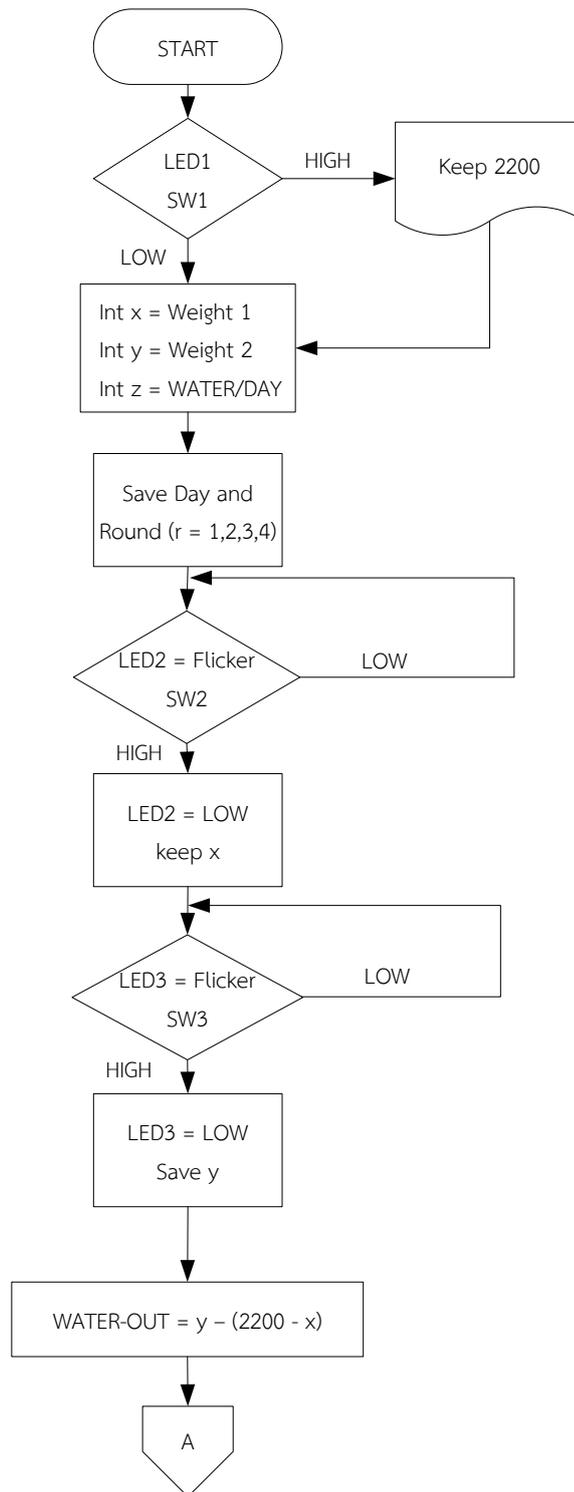
โดยจากศึกษาข้อมูลของการทำวงจรเก็บไฟสำรองจากแบตเตอรี่ในการนำวงจรไปใช้ชาร์จพลังงานไฟสำรองให้เหมาะสมกับการใช้งานแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ กระแส 2 แอมป์ โดยการนำวงจรมาออกแบบวงจรไฟฉุกเฉินที่สามารถสลับการใช้งานระหว่างไฟบ้านกับไฟจากแบตเตอรี่

### 3.3 การออกแบบโปรแกรม

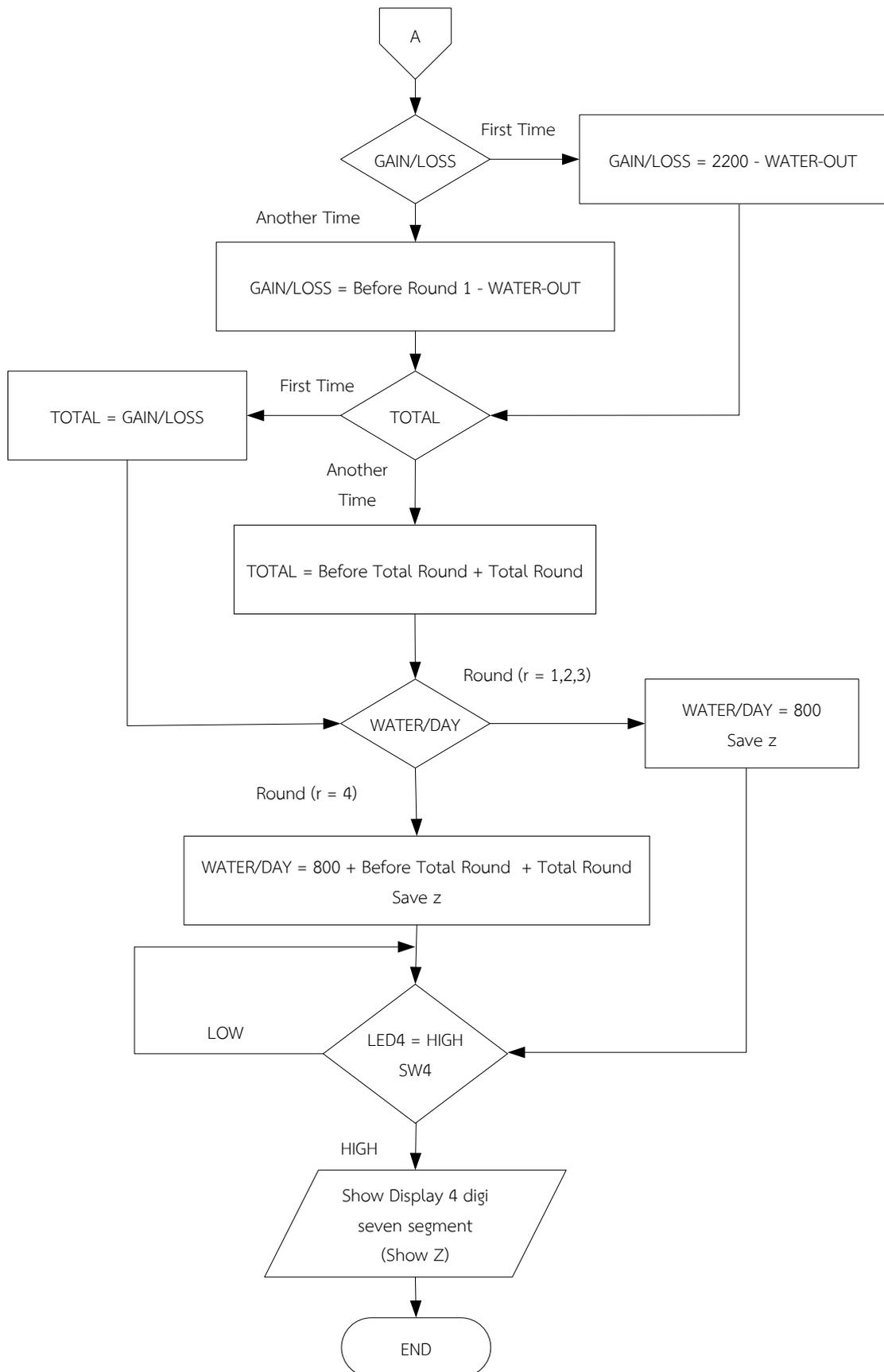
การออกแบบโปรแกรมเป็นการออกแบบสมองสั่งงานระบบภายในวงจรที่จะคอยควบคุมการทำงานภายในส่วนต่าง ๆ ของระบบเครื่องช่วยล้างไต โดยจะมีการสั่งการในระบบซึ่งน้ำหนักที่มีการแสดงผลบนหน้าจอ ระบบบันทึกค่าต่าง ๆ ของข้อมูล อาทิ วัน เดือน ปี รอบ ปริมาณน้ำยาเข้า ปริมาณน้ำยาออก ผลกำไร-ขาดทุนของน้ำยาในแต่ละรอบ ผลรวมของกำไร-ขาดทุนของน้ำยาในแต่ละวัน และปริมาณน้ำที่ผู้ป่วยควรบริโภคต่อวัน ซึ่งจะมีการคำนวณภายในระบบที่เป็นปัจจัยหลักในการควบคุม เก็บค่า และแสดงผลในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องช่วยล้างไต เพื่อที่จะได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการหรือใกล้เคียงที่สุด และระบบการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไตเป็นระบบที่มีการจัดลำดับของขั้นตอนในขบวนการล้างไตของผู้ป่วย ซึ่งมีระบบการตรวจสอบเชื้อภายในถุงน้ำยาล้างไตของผู้ป่วยรวมอยู่ในระบบการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไตด้วย โดยมีการออกแบบโปรแกรมออกเป็น 2 ส่วนของเครื่องช่วยล้างไต อาทิ ในส่วนซึ่งน้ำหนักที่จะรวมระบบซึ่งหนัก และระบบบันทึกข้อมูลเข้าด้วยกัน ซึ่งในส่วนนี้จะสามารถแสดงค่าน้ำหนักพร้อมบันทึกข้อมูลได้ในตัวดังรูปที่ 3.12 และในส่วนแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไตจะเป็นส่วนที่สามารถแสดงขั้นตอนการล้างไตตามลำดับ พร้อมบอกโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ป่วยดังรูปที่ 3.13

จากรูปที่ 3.12 ผังงานของส่วนซึ่งน้ำหนักน้ำยาล้างไต เป็นโปรแกรมซึ่งน้ำหนักค่าน้ำยาล้างไตทั้งน้ำยาที่ออกมาจากห้องผู้ป่วย และน้ำหนักค่าน้ำยาที่จะนำเข้าไปในห้องผู้ป่วย พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลค่าน้ำหนักของน้ำยาล้างไต และประมวลผลการคำนวณค่าต่าง ๆ ที่ได้รับจากการซึ่งน้ำหนักน้ำยาล้างไต โดยมีลำดับการทำงานของส่วนซึ่งน้ำหนักให้แสดงค่าน้ำหนัก ณ ปัจจุบันตลอดการทำงาน และกดสวิตช์ เพื่อบันทึกค่าน้ำหนักน้ำยาที่จะนำเข้าไปห้องก่อนที่จะกดสวิตช์ เพื่อบันทึกค่าน้ำหนักน้ำยาที่ออกจากห้อง และนำค่าที่บันทึกได้มาทำการประมวลผลการคำนวณผลกำไร หรือขาดทุน ผลรวมของกำไร และขาดทุนในแต่ละวัน แล้วนำผลรวมมาคำนวณค่าปริมาณน้ำที่ผู้ป่วยควรบริโภคต่อวัน และแสดงค่าปริมาณน้ำที่ผู้ป่วยสามารถบริโภคได้

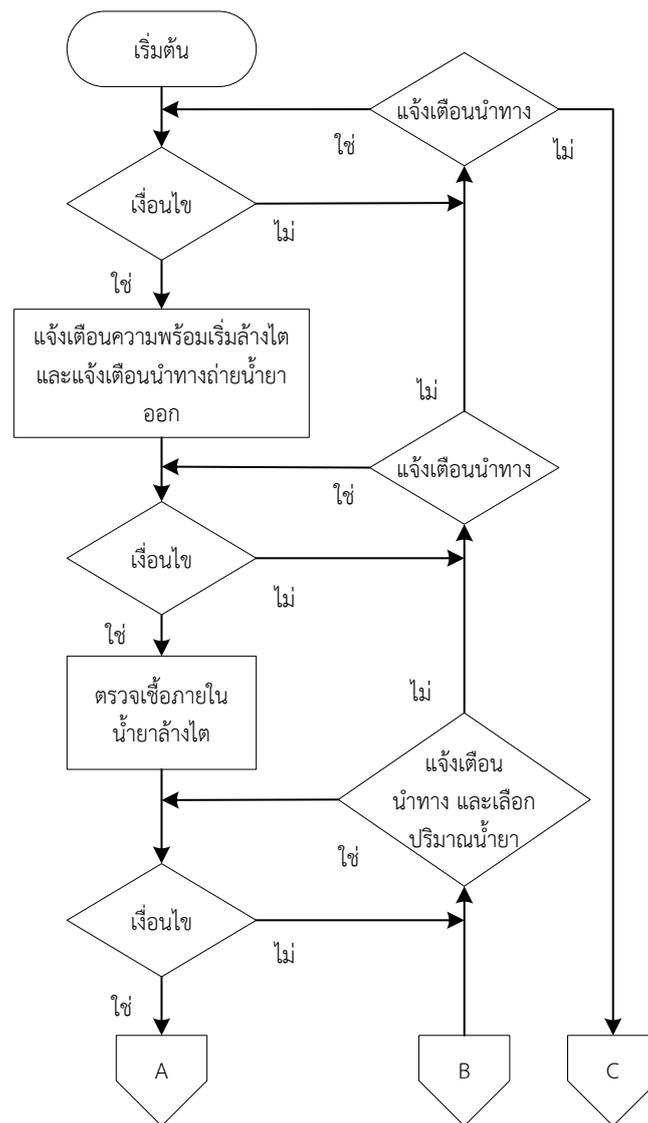
จากรูปที่ 3.13 ผังงานของส่วนเปลี่ยนน้ำยาล้างไต เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการแจ้งเตือนการนำทางเปลี่ยนของน้ำยาล้างไต พร้อมการแจ้งเตือนช่วยการบันทึกค่าน้ำหนักของน้ำยาล้างไต และการแจ้งเตือนโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อของน้ำยาล้างไต โดยมีลำดับการทำงานให้แจ้งเตือนการนำทางน้ำยาล้างไตออกจากห้องของผู้ป่วยพร้อมตรวจสอบโอกาสความเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ป่วยโดยตรวจสอบจากคุณลักษณะของน้ำยาล้างไต อาทิ สีของน้ำยาล้างไต และตะกอนภายในน้ำยาที่ออกมาจากห้องของผู้ป่วย แจ้งเตือนการล้างน้ำยาล้างไตเก่าออกจากข้อต่อรูปตัววายพร้อมทั้งน้ำยาล้างไต เพื่อเลือกปริมาณน้ำหนักน้ำยาล้างไตที่ต้องการใช้งาน แจ้งเตือนการบันทึกน้ำหนักน้ำยาล้างไตก่อนนำน้ำยาล้างไตเข้าเพื่อเก็บค่าน้ำหนักสุทธิ แจ้งเตือนการนำทางน้ำยาล้างไตเข้าห้องของผู้ป่วย และแจ้งเตือนการบันทึกน้ำหนักน้ำยาล้างไตที่ออกมาจากห้องห้องผู้ป่วย



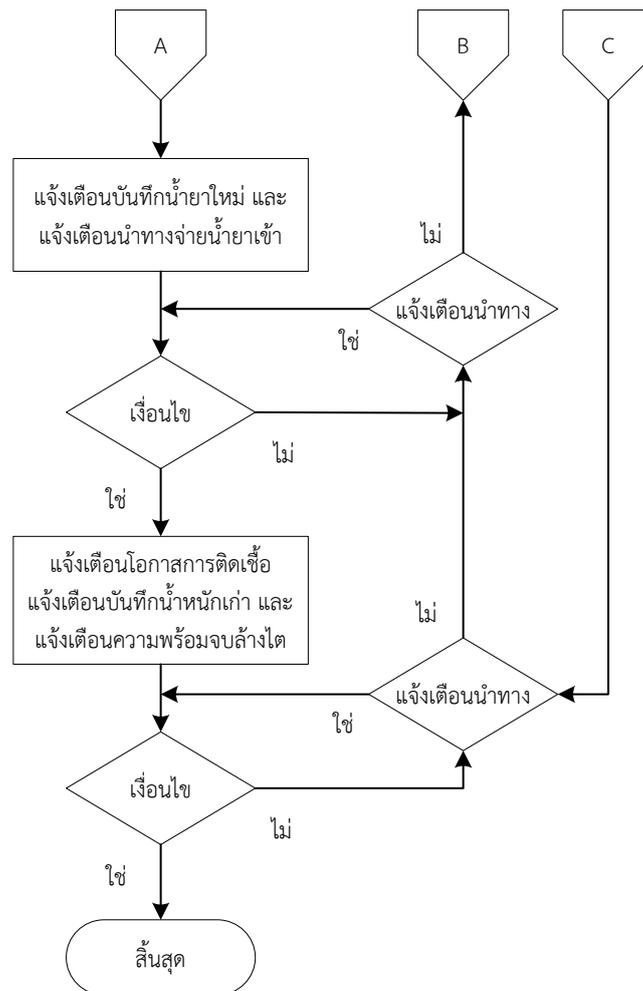
รูปที่ 3.12 ผังงาน (Flowchart) โปรแกรมของระบบช่วยล้างไต



รูปที่ 3.12 (ต่อ) ผังงาน (Flowchart) ของโปรแกรมส่วนชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 3.13 ผังงาน (Flowchart) ของโปรแกรมส่วนเปลี่ยนน้ำยาลำไ้ต



รูปที่ 3.13 (ต่อ) ผังงาน (Flowchart) ของโปรแกรมส่วนเปลี่ยนน้ำยาล้างไต

### 3.3.1 ปริมาณน้ำที่ผู้ป่วยควรบริโภคต่อวัน

น้ำที่ผู้ป่วยโรคไตวายควรบริโภคต่อวันนั้น เป็นน้ำที่ได้จากทุก ๆ ที่ อาทิเช่น น้ำดื่ม น้ำจากแกงจืด น้ำจากข้าว เป็นต้น โดยที่ผู้ป่วยจะต้องรักษาการควบคุมระดับการบริโภคของน้ำในแต่ละวันให้อยู่ในความพอดี เนื่องจาก ในกรณีที่ผู้ป่วยได้รับน้ำมากเกินไป ผู้ป่วยจะมีอาการบวม น้ำ และในกรณีที่ผู้ป่วยได้รับน้ำน้อยจนเกินไป ผู้ป่วยจะมีอาการขาดน้ำ โดยในทั้งสองกรณีเป็นอาการเสี่ยงต่อผู้ป่วย ปริมาณน้ำสำหรับผู้ป่วยดังสมการที่ 3.5 (ใช้หน่วยมิลลิลิตร)

$$\text{Water} = 800 + \text{Water-out} (+, -, ) + \text{urinate} \quad (3.5)$$

โดยที่ Water = น้ำที่ควรได้รับ  
 Water-out = ปริมาณผลกำไรหรือขาดทุนน้ำยาที่ออกจากช่องท้อง  
 Urinate = ปริมาณปัสสาวะ

### 3.3.2 ปริมาณน้ำยาล้างไต

น้ำยาล้างไตที่ใช้ในการล้างไตในแต่ละครั้งของการใช้งานจะมีทั้งน้ำยาที่มาจากถุงน้ำยาใหม่เข้าช่องท้องผู้ป่วย และน้ำยาเก่าที่มาจากช่องท้องของผู้ป่วยเข้าถุงทิ้งน้ำยา โดยการคำนวณที่ใช้จะมีการนำสูตรการคำนวณปริมาณน้ำยาล้างไตทั้งน้ำยาใหม่ของถุงใหม่ และน้ำยาเก่าของถุงทิ้งน้ำยาเข้าบรรจุไว้ในกระบวนการในช่วงของการบันทึกข้อมูลดังสมการที่ 3.6 และ 3.7 ซึ่งค่า 2200 เป็นค่าน้ำหนักมาตรฐานของถุงน้ำยาล้างไต (ใช้หน่วยมิลลิลิตร)

ถุงใหม่

$$\text{Water-in} = \text{Last-weight} \quad (3.6)$$

ถุงทิ้งน้ำยา

$$\text{Water-out} = \text{Weight-old} - (2200 - \text{Weight-new}) \quad (3.7)$$

โดย    Water-in        = น้ำยาล้างไตช่วงเข้าช่องท้อง  
           Water-out        = น้ำยาล้างไตช่วงออกช่องท้อง  
           Last-weight       = ค่าน้ำหนักถุงน้ำยาใหม่ที่ซื้ได้จากครั้งก่อน  
           Weight-old        = ค่าน้ำหนักถุงทิ้งน้ำยาที่ซื้ได้ ณ ปัจจุบัน  
           Weight-new       = ค่าน้ำหนักถุงน้ำยาใหม่ที่ซื้ได้ ณ ปัจจุบัน

### 3.3.3 โอกาสในการติดเชื้อของผู้ป่วย

การติดเชื้อของผู้ป่วยว่าสามารถมีโอกาสที่จะติดเชื้อได้หรือไม่จะสามารถดูได้จากน้ำยาล้างไตที่ออกมาจากช่องท้องโดยที่จะสังเกตได้จาก สี ตะกอน ลิ้มเลือด ความขุ่น เป็นต้น ซึ่งในที่นี้เราจะใช้ความผิดปกติของน้ำยาล้างไต 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำยาล้างไตที่ออกมาจากช่องท้องของผู้ป่วย เมื่อเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ จะแจ้งเตือนโอกาสการติดเชื้อให้กับผู้ป่วย โดยใช้หลักการตรวจวัดในช่วงการไหลของน้ำยาล้างไตภายในสายยาง โดยใช้สมการ 3.8 ในการหาโอกาสความเสี่ยงของการติดเชื้อของผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรัง

$$\text{Infect} = (\text{Full-time} * 50) / 100 \quad (3.8)$$

โดย    Infect                = ขอบเขตของการติดเชื้อ  
           Full-time            = เวลาทั้งหมดที่น้ำยาออกจากช่องท้อง (ใช้หน่วยเป็นวินาที)

จากสมการที่ 3.8 สามารถยกตัวอย่างได้ดังนี้ เมื่อสมมติว่าเวลาทั้งหมดน้ำยาออกจากช่องท้องเป็นเวลา (Full-time) 100 วินาที สามารถคำนวณโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อได้ดังสมการที่ 3.8 โดยที่สมมติว่าค่าของการติดเชื้อที่มาจากเซ็นเซอร์ตรวจเชื้อที่ตรวจจับทุก ๆ 1 วินาที ในครั้งนี้มีค่าเท่ากับ 40

$$\text{Infect} = (100 * 50) / 100$$

$$\text{Infect} = 50$$

ดังนั้นสามารถบอกได้ว่าขอบเขตของการติดเชื้อในการล้างไตรอบนื้ออยู่ที่ 50 ซึ่งจากข้างต้นแล้วค่าการติดเชื้ออยู่ที่ 40 ทำให้สามารถบอกความเสี่ยงของโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อได้ว่า “ไม่ติดเชื้อ” ( $40 < 50$ ) โดยสามารถสรุปได้จากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

- เมื่อมีค่าการติดเชื้อมีมากกว่าค่าขอบเขตของการติดเชื้อจะบอกได้ว่า “ติดเชื้อ”
- เมื่อมีค่าการติดเชื้อมีน้อยกว่าค่าขอบเขตของการติดเชื้อจะบอกได้ว่า “ไม่ติดเชื้อ”

การตรวจสอบโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ป่วยนั้น เป็นการตรวจสอบในรูปแบบความเข้มแสงของน้ำยาล้างไตภายในสายยางล้างไตทางถุงน้ำยาล้างไตที่ออกมาจากช่องท้องของผู้ป่วย โดยสมการที่ 3.8 จะนำไปใช้ในการตรวจสอบโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ป่วย ซึ่งมีการทดลองจากการทดลองที่ 4 โดยระบบการตรวจสอบนี้สามารถระบุโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อได้ในระดับหนึ่ง และสามารถใช้ระบบการตรวจโอกาสเสี่ยงการติดเชื้อนี้ได้กับสายยางของบริษัท แบ็กซ์เตอร์ เฮลท์แคร์ จำกัด และบริษัท เพรซีเนียส เมดิคอลแคร์ จำกัด

### 3.4 การออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้างเป็นการออกแบบร่างกายของระบบที่จะคอยรองรับการทำงานของส่วนต่างๆ ของระบบเครื่องช่วยล้างไต ซึ่งจะมีการออกแบบโครงสร้างให้เหมาะสมกับรูปแบบของการทำงานของเครื่องช่วยล้างไต และขั้นตอนการล้างไตทางช่องท้องของผู้ป่วย ซึ่งเป็นปัจจัยหลักสำคัญในความเหมาะสมต่อการใช้งานในการทำงาน และการแสดงผลในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องช่วยล้างไต เพื่อที่จะได้สามารถใช้งานในการทำงานของขบวนการการทำงานของการล้างไตทางช่องท้องของผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และมีปลอดภัยต่อการใช้งานของเครื่องช่วยล้างไตสำหรับผู้ป่วยที่ใช้วิธีการล้างไตทางช่องท้อง โดยมีการออกแบบแนวทางของโครงสร้างของเครื่องช่วยล้างไตดังรูปที่ 3.14 และมีแนวทางการสร้าง และพัฒนารูปแบบของอุปกรณ์ในการช่วยเหลือผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังที่ใช้วิธีการล้างไตทางช่องท้องดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.14 โครงสร้างของเครื่องช่วยล้างไต

#### 3.4.1 แนวทางการล้างไตรูปแบบดั้งเดิม

เป็นวิธีการล้างไตทางช่องท้องของผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรัง โดยใช้ถุงน้ำยาล้างไตแบบถุงคู่ (Twin Bag) ซึ่งผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังที่ใช้วิธีการล้างไตทางช่องท้องต้องใช้น้ำยาล้างไตล้างไตเป็นจำนวนอย่างน้อย 4 ครั้งต่อวัน เนื่องจากน้ำยาล้างไตมีคุณภาพสามารถอยู่ได้ประมาณ 6 ชั่วโมง และถุงน้ำยาล้างไตใช้ระบบท่อส่งน้ำยาเข้าออกรูปตัววาย (Y-Set system) ที่มีถุงน้ำยาใหม่ และถุงเปล่าติดมากับสายดังรูปที่ 3.15 โดยในขั้นตอนการเปลี่ยนน้ำยาล้างไตต้องใช้อุปกรณ์ในการหนีบสายยาง แล้วต้องนำถุงน้ำยาทั้งน้ำยา

เก่า และน้ำยาใหม่ไปซังน้ำหนักร่วมบันทึกผลลงในสมุดบันทึกของผู้ป่วยดังรูปที่ 3.16 ซึ่งมีข้อดี และข้อเสียดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.15 ถุงน้ำยาล้างไตแบบถุงคู่ (Twin Bag)

ข้อดีของวิธีการล้างไต

- สามารถล้างไตได้ด้วยตนเอง ทั้งใน และนอกสถานที่ (สำหรับสถานที่สะอาด)
- การล้างไตมีการจัดของเสียทุกวัน
- การล้างไตช่วยชะลอการสูญเสียการทำงานของไตได้ดีกว่าวิธีอื่น ๆ
- เหมาะกับผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจ และหลอดเลือดที่รุนแรง

ข้อเสียของการล้างไต

- ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตมีหลายขั้นตอนในการล้างไต (วิธีการจำขั้นตอน)
- ในการล้างไตมีการจับข้อต่อรูปตัววายประมาณ 6 ครั้งต่อรอบ (เสี่ยงติดเชื้อ)
- ในขั้นตอนการซังน้ำหนักน้ำยาล้างไตจะทำให้ผู้ป่วยมีความลำบากต่อการล้างไต
- ในการบันทึกผลข้อมูลผู้ป่วยจะต้องบันทึกค่า และคำนวณค่าด้วยตัวเอง



ก.



ข.



ค.

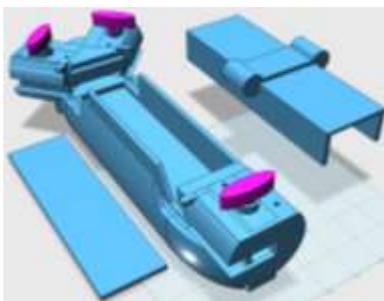
รูปที่ 3.16 ตัวอย่างอุปกรณ์ต่าง ๆ

- ก. อุปกรณ์หนีบสายยาง
- ข. ที่ซังน้ำหนัก
- ค. สมุดบันทึกข้อมูล

จากแนวทางการล้างไตนี้ เป็นแนวทางพื้นฐานการเลือกวิธีที่ผู้ป่วยสามารถเลือกปฏิบัติได้เอง พร้อมกับคำแนะนำของแพทย์ และพยาบาลที่คอยดูแลรักษาอยู่ ซึ่งแนวทางนี้จะทำให้ผู้ป่วยสามารถมีอิสระในการดำเนินชีวิตได้อย่างปกติสุข แต่วิธีการล้างไตทางช่องท้องนี้ยังคงมีความเสี่ยงอาจเกิดโอกาสในการติดเชื้อต่อผู้ป่วยได้ง่ายมาก ดังนั้นผู้ป่วยที่เลือกใช้วิธีการล้างไตนี้ควรมีความระมัดระวังในทุก ๆ ขั้นตอนของการปฏิบัติในวิธีการล้างไต ซึ่งในทุก ๆ ขั้นตอนนั้นมีความเสี่ยงต่อโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อค่อนข้างสูง

### 3.4.2 แนวทางการล้างไตรูปแบบกึ่งอัตโนมัติ

เป็นวิธีการที่มีการพัฒนา และปรับปรุงมาจากการล้างไตทางช่องท้องของผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังด้วยเครื่องเปลี่ยนน้ำยาล้างไตแบบอัตโนมัติ โดยใช้อุปกรณ์หนีบมาหนีบลงน้ำยาล้างไตแบบถุงคู่ (Twin Bag) แบบกึ่งอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 3.17



ก.



ข.

### รูปที่ 3.17 ส่วนแจ้งเตือนลำดับการเปลี่ยนน้ำยาล้างไต

- ก. แบบจำลองอุปกรณ์แจ้งเตือนลำดับการเปลี่ยนน้ำยาล้างไต
- ข. ต้นแบบอุปกรณ์แจ้งเตือนลำดับการเปลี่ยนน้ำยาล้างไต



ก.



ข.

### รูปที่ 3.18 ต้นแบบระบบชั่ง และบันทึกข้อมูลน้ำหนักของน้ำยาล้างไต

- ก. แบบจำลองต้นแบบระบบชั่ง และบันทึกข้อมูลน้ำหนักของน้ำยาล้างไต
- ข. ต้นแบบต้นแบบระบบชั่ง และบันทึกข้อมูลน้ำหนักของน้ำยาล้างไต

วิธีการนี้ผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังจะมีความสะดวกสบาย และปลอดภัยต่อการใช้งานได้มากขึ้น โดยวิธีนี้เป็นวิธีการล้างไตในรูปแบบกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งสามารถจัดได้ว่าเป็นแนวคิดที่ดี และเมื่อนำวิธีการนี้มาเปรียบเทียบกับวิธีการดั้งเดิมแล้วสามารถลดโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ป่วยได้ในระดับหนึ่ง แต่แนวคิดนี้ยังคงจะต้องได้รับการพัฒนาเพิ่มขึ้นให้มีความสะดวกสบาย และปลอดภัยต่อการใช้งานมากกว่านี้ ดังนั้นจึงไม่สามารถนำเครื่องช่วยล้างไตชุดนี้มาแจกจ่ายให้กับผู้ป่วยใช้ได้ นอกจากการนำเครื่องช่วยล้างไตนี้ไปทดสอบการใช้งานกับผู้ป่วยจริง ซึ่งอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของพยาบาล และแพทย์

ในด้านระบบโครงสร้างในการเปลี่ยนน้ำยาล้างไตยังคงจะต้องมีการปรับปรุง ดัดแปลง และพัฒนาทางด้านอุปกรณ์การหนีบสายยางของถุงน้ำยาล้างไตอยู่อีกมาก โดยได้มีแนวคิดแนวใหม่ที่สามารถหวังผลได้เป็นอย่างดีจากการผสมผสานระหว่างการล้างไตแบบดั้งเดิมกับแบบอัตโนมัติ จนมาเป็นแนวคิดการล้างไตแบบกึ่งอัตโนมัติที่ใช้อุปกรณ์การหนีบโดยผู้ป่วย ซึ่งมีระบบการแจ้งเตือนในการนำทางการหนีบให้กับผู้ป่วย พร้อมทั้งตรวจโอกาสความเสี่ยงในการติดเชื้อของน้ำยาล้างไตดังรูปที่ 3.17 และยังช่วยเสริมประสิทธิภาพในการใช้งานโดยการนำการชั่งน้ำหนักกับการบันทึกผลข้อมูลมารวมเป็นอุปกรณ์เดียวดังรูปที่ 3.18 เพื่อเพิ่มความสะดวก และเที่ยงตรงต่อผลข้อมูลของผู้ป่วย จนมาเป็นเครื่องช่วยล้างไตดังรูปที่ 3.19 ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.19 เครื่องช่วยล้างไต

#### ข้อดีของวิธีการล้างไต

- สามารถล้างไตได้ด้วยตนเอง ทั้งใน และนอกสถานที่ (สำหรับสถานที่สะอาด)
- ในการเปลี่ยนน้ำยาล้างไตมีขั้นตอนในการล้างไตที่น้อยลง
- ในการล้างไตมีการจับข้อต่อรูปตัววายลดน้อยลง
- ในการล้างไตผู้ป่วยมีการตรวจโอกาสเสี่ยงต่อการติดเชื้อที่ยังมีเสถียรภาพอย่างเพียงพอ
- การจดบันทึกข้อมูลมีความสะดวก และเที่ยงตรงมากขึ้น
- สูญเสียค่าใช้จ่ายในการล้างไตไม่สูงมาก เมื่อเทียบกับวิธีการอื่น

#### ข้อเสียของการล้างไต

- วัสดุทำอุปกรณ์หนีบสายยางยังไม่เหมาะต่อเครื่องเปลี่ยนน้ำยาล้างไต
- อาจทำให้ผู้ป่วยต้องลำบากในการใช้งานจากขนาดของเครื่องเปลี่ยนน้ำยาล้างไต
- เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่ใช้งานด้วยตัวเองเท่านั้น