สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่องด้วยตนเอง

The Semi-automation control system for Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์
นายพิมล ผลพฤกษา
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ

b 00274215
i

สขหมู่
เลขทะเบียน 147250
รัน.เดือน.ปี 13 ต.ค. 2560

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่องด้วยตนเอง

แหล่งเงิน เงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2559

ประจำปีงบประมาณ 2559 **จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน** 438,4,00 **บาท**

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 **ปี ตั้งแต่** ตุลาคม 2558 **ถึง** กันยายน 2559

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์	สถานะ หัวหน้าโครงการวิจัย	**หน่วยงานต้นสังกัด** วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
นายพิมล ผลพฤกษา	สถานะ ผู้ร่วมวิจัย	**หน่วยงานต้นสังกัด** วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ	สถานะ ผู้ร่วมวิจัย	**หน่วยงานต้นสังกัด** วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติเพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่องด้วยตนเอง โดยนำระบบที่ออกแบบเข้าไปช่วยในขั้นตอนการล้างไตของผู้ป่วยด้วยการนำไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาควบคุมการแจ้งเตือนลำดับขั้นตอนการล้างไตผ่านทางแอลอีดี (LED) แทนการจดจำขั้นตอนการล้างไตของผู้ป่วย ใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อ และตรวจวัดค่าน้ำหนักของน้ำยาล้างไตเข้า-ออก จากท้อง พร้อมบันทึกข้อมูลลงในอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Micro SD) ทำการทดสอบความแม่นยำของการวัดค่าน้ำหนักของน้ำยาล้างไต ทดสอบโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ป่วย ทดสอบประสิทธิภาพลำดับการแจ้งเตือนการล้างไต การทดสอบประสิทธิภาพ การเก็บบันทึกข้อมูล ผลการทดสอบระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : โรคไตเรื้อรัง การผ่าตัดปลูกถ่ายไตใหม่ การล้างไตทางช่องท้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: The Semi-automation control system for Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis

Researcher: Mr. Montree CHAICHANYUT

Faculty: Chumphon campus **Department:** Electronics engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon campus

ABSTRACT

This research presents the Semi-automation control system for Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis. The system is designed to help kidney disease patients who use peritoneal dialysis. The microcontroller is used notification procedure dialysis through LED. The system have the sensors to check the risk of infection and read the weight of PD exchange peritoneal dialysis and recording the data into the Memory Card (MicroSD). After designed, the performance test of the system with the accuracy test of the weight of the PD exchange peritoneal dialysis, testing the risk of infection of the patient, the performs test notification procedure dialysis patients. As a result from experimental, Performance test of Semi-automation control system was properly.

Keywords: Chronic kidney disease/CKD, Kidney transplant-KT, Peritoneal Dialysis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆ ท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุกๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษาอย่างเต็มที่ตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา ผู้เขียนขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ผศ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ ที่ปรึกษางานวิจัย และคำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับการทำงานวิจัย ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาของท่านจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณนางวรัญญา ไชยชาญยุทธ์ ที่ช่วยในการสนับสนุนค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัย ทั้งยังช่วยเหลือในด้านการประสานงาน และคอยให้กำลังใจเสมอมา จนงานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคณะพยาบาล เจ้าหน้าที่ และแม่บ้านประจำศูนย์โรคไต ณ โรงพยาบาลชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ผู้ซึ่งให้คำปรึกษา ช่วยเหลือ และคำแนะนำต่าง ๆ ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้ง และขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นอกจากนี้ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ที่ให้ความรู้ และโอกาสในการทำงาน ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้รับงบประมาณจากแหล่งทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2559

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์
นายพิมล ผลพฤกษา
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูปภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย	5
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 โรคไตเรื้อรัง (Chronic kidney disease/CKD)	6
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่ (Arduino)	13
2.2.1 ชุดโมดูลบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่	13
2.2.2 คุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	13
2.2.3 ทฤษฎีภาษาอาดูโน่	14
2.2.4 เปรียบเทียบภาษาซีกับอาดูโน่	14
2.2.5 โครงสร้างการเขียนโปรแกรมภาษาซีของอาดูโน่	14
2.3 วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม	15
2.4 เซนเซอร์ตรวจวัดน้ำหนัก	16
2.4.1 โหลดเซลล์	16
2.4.2 สเตรนเกจ	17
2.4.3 วงจรบริดจ์	17
2.5 แอลอีดีเจ็ดส่วน	18
2.6 โฟโต้คอนดัคตีฟเซลล์ (Photo Conductive Cell)	19
2.7 ทฤษฎีไอซีฐานเวลาจริง	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.8 เลเซอร์ 22
2.8.1 เลเซอร์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Laser) 23
2.8.2 เลเซอร์ประเภทแสงสีแดง 23
2.8.3 การลดทอนของแสงเลเซอร์ (Laser Beam Attenuation) 23
2.8.4 มาตรฐานทางทัศนวิสัย 24
2.9 วงจรขยายอินสตรูเมนเตชั่น (Instrument Amplifier) 24
2.10 รีดสวิตช์ 25
2.11 อีอีพรอม (EEPROM) 25

บทที่ 3 วิธีการ และการออกแบบ 27
3.1 การออกแบบขอบเขต และบล็อกไดอะแกรมของเครื่องช่วยล้างไต 27
3.1.1 ส่วนชั่งน้ำหนัก (Weight scales) 28
3.1.2 ส่วนแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต (The Notification System) 29
3.2 การออกแบบวงจร 31
3.2.1 วงจรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่ 31
3.2.2 วงจรบริดจ์ 32
3.2.3 วงจรขยายอินสตรูเมนเตชั่น 33
3.2.4 วงจรเซ็นเซอร์วัดแสง 35
3.2.5 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 36
3.2.6 วงจรไฟฉุกเฉิน 38
3.3 การออกแบบโปรแกรม 39
3.3.1 ปริมาณน้ำที่ผู้ป่วยควรบริโภคต่อวัน 43
3.3.2 ปริมาณน้ำยาล้างไต 44
3.3.3 โอกาสในการติดเชื้อของผู้ป่วย 44
3.4 การออกแบบโครงสร้าง 45
3.4.1 แนวทางการล้างไตรูปแบบดั้งเดิม 45
3.4.2 แนวทางการล้างไตรูปแบบกึ่งอัตโนมัติ 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 วิธีการ และผลการทดลอง	49
4.1 การทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพความเที่ยงตรงระบบชั่งน้ำหนัก	49
4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาเวลาเข้า-ออกของน้ำยาล้างไต	54
4.3 การทดลองที่ 3 การตรวจประสิทธิภาพระบบการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาเข้า-ออก	56
4.4 การทดลองที่ 4 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจสอบโอกาสการติดเชื้อในส่วนแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยา	57
4.5 การทดลองที่ 5 การทดลองประสิทธิภาพการหนีบสายยางทางผู้ป่วย	62
4.6 การทดลองที่ 6 การทดลองประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนักเมื่อใช้อุปกรณ์เสริม	64
4.7 การทดลองที่ 7 การทดลองประสิทธิภาพการเก็บบันทึกข้อมูล	65
4.8 การทดลองที่ 8 การทดลองใช้งานระบบโดยผู้เกี่ยวข้องเบื้องต้น	66
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	68
5.1 สรุปผลการทดลอง	68
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	68
5.3 ข้อเสนอแนะ	68
บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก	70
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุม	70
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งาน	93
ภาคผนวก ค สรุปผลดำเนินงานวิจัย	105
ภาคผนวก ง สรุปการใช้จ่ายการดำเนินการโครงการวิจัย	107
ประวัตินักวิจัย	109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความชุกของโรคไตเรื้อรังในประชากรไทย	7
2.2 จำนวนผู้ป่วยรวมทั้งหมดที่ได้รับการบำบัดทดแทนไตในปี พ.ศ. 2551-2553	8
2.3 จำนวนผู้ป่วยใหม่ที่ได้รับการบำบัดทดแทนไตในแต่ละปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551-2553	8
2.4 International Classification of Visibility (Meteorological Office1969) [6]	24
4.1 ค่าน้ำหนักที่ชั่งเทียบกับลูกตุ้มมาตรฐาน	50
4.1 (ต่อ) ค่าน้ำหนักที่ชั่งเทียบกับลูกตุ้มมาตรฐาน	51
4.1 (ต่อ) ค่าน้ำหนักที่ชั่งเทียบกับลูกตุ้มมาตรฐาน	52
4.1 (ต่อ) ค่าน้ำหนักที่ชั่งเทียบกับลูกตุ้มมาตรฐาน	53
4.1 (ต่อ) ค่าน้ำหนักที่ชั่งเทียบกับลูกตุ้มมาตรฐาน	54
4.2 เวลาการไหลของน้ำยาล้างไตเมื่อทำการล้างไต	55
4.3 ผลการตรวจสอบลำดับขั้นตอนการล้างไตของผู้ป่วยล้างไตทางหน้าท้อง	57
4.4 แรงดันทางไฟฟ้าจากการส่องผ่านวัตถุตัวอย่างต่าง ๆ	58
4.4 (ต่อ) แรงดันทางไฟฟ้าจากการส่องผ่านวัตถุตัวอย่างต่าง ๆ	59
4.4 (ต่อ) แรงดันทางไฟฟ้าจากการส่องผ่านวัตถุตัวอย่างต่าง ๆ	60
4.4 (ต่อ) แรงดันทางไฟฟ้าจากการส่องผ่านวัตถุตัวอย่างต่าง ๆ	61
4.5 ประสิทธิภาพการหนีบสายยาง	63
4.6 ประสิทธิภาพเปรียบเทียบการชั่งน้ำหนัก	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 สายท่อล้างไตที่ต่อจากช่องท้อง	11
2.2 การเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไต	11
2.3 ชุดโมดูลบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่	13
2.4 พื้นฐานของวงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม	15
2.5 จำลองแผนผังวงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม	16
2.6 โหลดเซลล์	16
2.7 แสดงการใช้งานสเตรนเกจ	17
2.8 วงจรบริดจ์เมื่อเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟ	18
2.9 แอลอีดี 7 ส่วน	18
2.10 แสดงลักษณะของแอลดีอาร์ที่ใช้งานทั่วไป	19
2.11 ลักษณะโครงสร้างของโฟโต้คอนดัคตีฟเซลล์ หรือแอลดีอาร์	20
2.12 แสดงเครื่องมือวัดความเข้มแสงด้วยการเซนเซอร์จากแอลดีอาร์	20
2.13 การควบคุมวงจรรีเลย์ด้วยแอลดีอาร์	21
2.14 กระบวนการเปล่งแสงแบบเร่งเร้า	22
2.15 เลเซอร์สารกึ่งตัวนำ	23
2.16 วงจรขยายอินสตรูเมนเตชั่น (Instrument Amplifier)	24
2.17 การทำงานของรีดสวิตช์	25
2.18 ตัวอย่างชิป อีอีพรอม	26
3.1 แสดงไดอะแกรมกรอบแนวความคิดของโครงงานวิจัย	27
3.2 ผังงาน (Flowchart) ของเครื่องช่วยล้างไต	30
3.3 วงจรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่	31
3.4 การต่อ สเตรนเกจ (Strain Gauge) เข้ากับวงจรบริดจ์ (Bridge)	33
3.5 วงจรขยายอินสตรูเมนเตชั่น	33
3.6 วงจรเซ็นเซอร์วัดแสง	35
3.7 วงจรแอลดีอาร์	36
3.8 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่ (ชั่งน้ำหนัก)	37
3.9 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่ (บันทึกข้อมูล)	37
3.10 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่ (แจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต)	38
3.11 วงจรไฟฉุกเฉิน	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.12 ผังงาน (Flowchart) ของโปรแกรมเครื่องช่วยล้างไต 40
3.12 (ต่อ) ผังงาน (Flowchart) ของโปรแกรมส่วนชั่งน้ำหนัก 41
3.13 ผังงาน (Flowchart) ของโปรแกรมส่วนเปลี่ยนน้ำยาล้างไต 42
3.13 (ต่อ) ผังงาน (Flowchart) ของโปรแกรมส่วนเปลี่ยนน้ำยาล้างไต 43
3.14 โครงสร้างของเครื่องช่วยล้างไต 45
3.15 ถุงน้ำยาล้างไตแบบถุงคู่ (Twin Bag) 46
3.16 ตัวอย่างอุปกรณ์ต่าง ๆ 46
3.17 ส่วนแจ้งเตือนลำดับการเปลี่ยนน้ำยาล้างไต 47
3.18 ต้นแบบระบบชั่ง และบันทึกข้อมูลน้ำหนักของน้ำยาล้างไต 47
3.19 เครื่องช่วยล้างไต 48
4.1 อุปกรณ์การทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพความเที่ยงตรงส่วนชั่งน้ำหนัก 49
4.2 อุปกรณ์การทดลองการตรวจประสิทธิภาพระบบชั่งน้ำหนัก และเวลาเข้า-ออกน้ำยา 54
4.3 อุปกรณ์การทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพระบบการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาเข้า-ออก 56
4.4 อุปกรณ์การทดลองการตรวจสอบโอกาสเสี่ยงของการติดเชื้อ 58
4.5 กราฟเปรียบเทียบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับเชื้อจำลอง 61
4.6 อุปกรณ์การทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการหนีบสายยางทางผู้ป่วย 62
4.7 อุปกรณ์การทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการเก็บบันทึกข้อมูล 65
4.8 ไฟล์บันทึกผลข้อมูลของผู้ป่วย 65
4.9 ตารางบันทึกผลภายในไฟล์บันทึกผลข้อมูลของผู้ป่วย 66
4.10 ชุดจำลองการล้างไตทางช่องท้องของผู้ป่วย 66
4.11 ทดลองการใช้งานเครื่องช่วยล้างไตกับผู้ป่วย ณ ห้องล้างไต 2 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎี หรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และแผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคไตเรื้อรังเป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญ และเป็นสาเหตุที่ทำให้ประชาชนเสียชีวิตเพิ่มมากขึ้น จากรายงานของสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 2005 พบว่ามีผู้ป่วยไตเรื้อรังรายใหม่มากกว่า 102,000 ราย และในแต่ละปีจะมีประชาชนเสียชีวิตด้วยโรคไตเรื้อรังถึง 70,000 คน โดยประชาชน อย่างน้อย 40 ล้านคนที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคไตเรื้อรัง ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการดูแลผู้ป่วยไตเรื้อรังถึง 19.3 พันล้านเหรียญสหรัฐ ในปี ค.ศ. 2000 และคาดว่าจะเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 28 พันล้านเหรียญสหรัฐ ในปี ค.ศ. 2010 (National Kidney Foundation, 2002)

โรคไตวายเรื้อรังในประเทศไทย มีอัตราเพิ่มขึ้นของผู้ป่วยอย่างรวดเร็ว และส่งผลต่ออัตราการตายเพิ่มขึ้นเป็นอันดับต้น ซึ่งรายงานจากสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์, 2551 พบว่าอัตราการตายของประชาชนที่ป่วยด้วยโรคไตวายต่อประชากร 100,000 คน ในปี พ.ศ. 2546-2551 มีอัตราตายเท่ากับ 17.7, 17.9, 18.1, 18.3 และ 19.5 ตามลำดับ และพบว่ามีผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังจำนวน 45,326 ราย เข้ารับการรักษา 83,734 ครั้ง ในโรงพยาบาล 929 แห่ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.84 ครั้งต่อผู้ป่วย 1 ราย โดยมีจำนวนวันนอนในโรงพยาบาลเฉลี่ย 5.4 วัน และมีค่าใช้จ่ายในการเข้านอนโรงพยาบาล 1 ครั้งเฉลี่ยเท่ากับ 4,845 บาท (กฤษณ์ พงศ์พิรุฬห์, อรอุมา ช่วยเรือง และอลีน่า กรรณสูต, 2551 ปัจจุบันการบริการทดแทนไตเป็นการรักษาพยาบาลสำหรับผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ถึงแม้ว่าชุดสิทธิประโยชน์ของระบบหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้าจะขยายความครอบคลุมการบริการทดแทนไตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายจำนวนหนึ่งยังไม่สามารถเข้ารับการรักษาได้อย่างทั่วถึง เนื่องจากความจำกัดของระบบบริการทดแทนไตและจำนวนไตที่ได้รับบริจาค และข้อมูลจากสมาคมโรคไตแห่งประเทศไทยได้ดำเนินโครงการคัดกรองและประมาณเบื้องต้นในผู้ป่วยโรคไต (SEEK project:Screening and Early Evaluation of Kidney Disease Project) ในช่วงปีพ.ศ. 2551 และได้รายงานความชุกของโรคไตเรื้อรัง ว่า ในปี พ.ศ. 2551 มีผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายประมาณ 31,496 ราย และมีผู้ป่วยรายใหม่เพิ่มเดือนละ 400 ราย ในขณะที่ปี พ.ศ. 2554 มีจำนวนผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่ได้รับการบริการทดแทนไต จำนวน 13,518 ราย โดยแบ่งเป็นการได้รับการล้างไตผ่านทางช่องท้อง (Peritoneal dialysis, PD) จำนวน 6,323 ราย และได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม (Hemodialysis, HD) จำนวน 7,195 ราย [1] และมีผู้ป่วยที่ได้รับการปลูกถ่ายไตในปี พ.ศ. 2552 เพียง 308 ราย จากสถิติดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าโรคไตเรื้อรังเป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุขที่สำคัญของประเทศ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนที่จะหาแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งการรักษาผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายแบ่งเป็น 3 วิธีการรักษา คือ การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม การล้างไตทางหน้าท้อง และการปลูกถ่ายไต โดยวิธีการ 2 ประการแรกเป็นการรักษาเพื่อขจัดของเสียและน้ำคั่งออกไปจากร่างกายเท่านั้น ไม่ได้แก้ที่ต้นเหตุ เนื่องจากภาวะไตวายเรื้อรังยังไม่ได้รับการแก้ไข ดังนั้น ผู้ป่วยจำเป็นต้องได้รับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษาไปตลอด จนกว่าจะเสียชีวิต ***ซึ่งสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช.) ร่วมกับศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ*** มีนโยบายให้ผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังรักษาด้วยวิธีการล้างไตผ่านทางช่องท้อง การล้างไตทางหน้าท้องจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการบำบัดรักษาให้ผู้ป่วยที่เป็นโรคไตวายเรื้อรัง เนื่องจากการปลูกถ่ายไตนั้นต้องรอเวลา และจังหวะการบริจาคไต รวมถึงความเข้ากันได้ของไตที่ได้รับบริจาค กับผู้ป่วย แต่ทั้งนี้การล้างไตผ่านช่องท้องก็มีข้อจำกัดในหลายด้านด้วยกันเช่น จำเป็นต้องกำหนดตารางเวลาการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตให้เป็นหนึ่งในกิจวัตรประจำวันตลอดสัปดาห์ ทุกครั้งที่มีการล้างท้องจะต้องมีการจดบันทึก วัน เวลา ปริมาณน้ำยาพีดีเข้า และออก รวมทั้งสีของน้ำยาพีดีที่ปล่อยออกจากช่องท้อง จำเป็นต้องมีสายท่อล้างไตแบบถาวรยื่นออกมานอกร่างกาย มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ กรณีใช้วิธีการล้างไตทางช่องท้องด้วยเครื่องอัตโนมัติที่มีในปัจจุบันมีราคา และต้นทุนสูงซึ่งผู้ป่วยไม่มีกำลังเงินที่ซื้อเครื่องจากตัวแทนจำหน่ายได้

กอปรกับก่อนหน้านี้ผู้วิจัยมีโอกาสเข้าร่วมการอบรมการดูแลผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังที่รับการบำบัดรักษาด้วยการล้างไตผ่านช่องท้อง(เพื่อดูแลพ่อของผู้วิจัยเอง) จึงถือโอกาสพูดคุย ถึงปัญหา และเสนอแนวทางในการดูแลผู้ป่วยโรคไตที่ล้างไตผ่านช่องท้อง ร่วมกับเจ้าหน้าที่ ณ หน่วยดูแลผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังที่โรงพยาบาลสงขลา ซึ่งผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่รับการรักษาผ่านช่องท้องส่วนใหญ่ จะมีปัญหาเรื่องการซื้อเครื่องล้างไตในราคาแพง สุขอนามัยในการล้างไตด้วยตัวเองเสี่ยงต่อการติดเชื้อ และการการบันทึกข้อมูลการล้างไตรายวันมีความผิดพลาด ซึ่งทางเจ้าหน้าที่ได้เสนอขอความร่วมมือให้ออกแบบระบบเพื่อลด และแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น

คณะผู้วิจัยได้ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน จึงได้ถือเป็นหัวข้อวิจัยหลักที่จะทำการวิจัยและพัฒนา ออกแบบระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยไตเรื้อรังเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่องด้วยตนเอง โดยเป็นระบบที่สามารถบันทึก วันที่ เวลาที่ใช้ในการเข้า-ออกของน้ำยา ปริมาณน้ำยาเข้าสู่ช่องท้อง ปริมาณน้ำยาออกจากช่องท้อง ระบบควบคุมอัตราการนำน้ำยาพีดีเข้า-ออกจากช่องท้อง และระบบตรวจสอบความขุ่นของน้ำยาพีดีออกจากช่องท้องเพื่อตรวจสอบโอกาสการติดเชื้อของผู้ป่วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อศึกษา และออกแบบระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยไตเรื้อรังเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่องด้วยตนเอง ซึ่งวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยมีดังนี้

- เพื่อศึกษา ออกแบบระบบระบบที่สามารถบันทึก วันที่ เวลาที่ใช้ในการเข้า-ออกของน้ำยาพีดี ปริมาณน้ำยาพีดีที่เข้าสู่ช่องท้อง ปริมาณน้ำยาพีดีที่ออกจากช่องท้อง เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลให้กับแพทย์ผู้ดูแลผู้ป่วยหรือคนไข้โรคไต
- เพื่อศึกษา และออกแบบระบบควบคุมอัตราการนำน้ำยาพีดีเข้า-ออกจากช่องท้อง
- เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสม และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภายในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุด ลดอาการเครียดเพื่อสุขภาพที่ดีของผู้ป่วยไต
- เพื่อศึกษา พัฒนาระบบตรวจสอบความขุ่นของน้ำยาพีดีออกจากช่องท้องผู้ป่วยไตเพื่อตรวจสอบการติดเชื้อของผู้ป่วยไต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานที่ง่าย และให้ผู้ป่วยพึ่งพาตนเองในการล้างไตผ่านช่องท้อง โดยการใช้ระบบการประมวลผลด้วยเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (ไมโครคอลโทลเลอร์) เพื่อเพิ่มความสะดวก และปลอดภัยแก่ผู้ป่วย
- เพื่อการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขัน และการพึ่งพาตนเองทางด้านชีวการแพทย์
- เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย เชิงประยุกต์โดยแนวทางใหม่
- กระตุ้นให้เกิดการวิจัยในเชิงวิศวกรรมระดับสูง และเผยแพร่ต่อสาธารณะ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ภายในปีงบประมาณ 2559 จะทำศึกษาออกแบบวงจร ระบบวิธีการวัด และเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการควบคุมอัตราการนำน้ำยาพีดีเข้า-ออกจากช่องท้อง ระบบการบันทึกข้อมูลระบบการตรวจสอบการติดเชื้อกระบวนการทางกลสำหรับการปล่อยน้ำยาพีดีเข้า-ออกจากช่องท้อง และทำการทดสอบให้มีประสิทธิภาพทั้งในด้านความถูกต้อง และใช้งานได้ง่าย ซึ่งจะศึกษาส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ออกแบบระบบเซนเซอร์ เพื่อตรวจวัดปริมาณการนำน้ำยาพีดีเข้า-ออกจากช่องท้องของผู้ป่วยไตเรื้อรังที่รักษาด้วยการล้างไตผ่านช่องท้อง
- ออกแบบระบบทางกลเพื่อการปิด-เปิดการปล่อยน้ำยาล้างไตเข้า-ออกจากช่องท้องของผู้ป่วยไตเรื้อรังที่รักษาด้วยการล้างไตผ่านช่องท้อง
- ออกแบบระบบการบันทึกข้อมูล วันที่ เวลาการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไต ปริมาณน้ำยาพีดีเข้า ปริมาณน้ำยาพีดีออก ในรอบวัน เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับแพทย์ในรอบหนึ่งเดือน เพื่อการประเมินดูแลผู้ป่วยโรคไตไตเรื้อรังที่รักษาด้วยการล้างไตผ่านช่องท้อง
- ระบบคำนวณพร้อมทั้งแสดงผลปริมาณต่อวันที่ผู้ป่วยไตสามารถดื่มได้ ในรอบวันเพื่อป้องการการบวมน้ำสำหรับผู้ป่วยโรคไตไตเรื้อรังที่รักษาด้วยการล้างไตผ่านช่องท้อง
- ออกแบบระบบ และวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ในการตรวจสอบการติดเชื้อของผู้ป่วยจากน้ำยาพีดีที่ออกจากช่องท้องของผู้ป่วยโรคไต เพื่อแจ้งเตือนโอกาสการติดเชื้อของผู้ป่วย

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้จะดำเนินงาน ศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติ เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่องด้วยตนเองโดยจะแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของการออกแบบระบบทางอิเล็กทรอนิกส์ ระบบควบคุมประมวลผลและระบบทางกล ส่วนที่สองเป็นกระบวนการในการทดลองหรือทดสอบระบบเพื่อการใช้งานด้วยการจำลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

1.4.1 รวบรวมข้อมูลการรักษาโรคไตวายเรื้อรัง และการรักษาด้วยวิธีการต่าง โดยเฉพาะการล้างไตผ่านช่องท้องแบบต่อเนื่องด้วยตัวเอง เพื่อออกแบบเป็นระบบการทำงานแบบอัตโนมัติ

1.4.2 ส่วนของการออกแบบระบบทางอิเล็กทรอนิกส์ ระบบควบคุมประมวลผล และซึ่งแยกเป็นการออกแบบแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

- ออกแบบระบบทางกลเพื่อการปิด-เปิดการปล่อยน้ำยาล้างไตเข้า-ออกจากช่องท้องของผู้ป่วยไตเรื้อรังที่รักษาด้วยการล้างไตผ่านช่องท้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ออกแบบระบบเซนเซอร์ เพื่อตรวจวัดปริมาณการนำน้ำยาพีดีเข้า-ออกจากช่องท้องของผู้ป่วยไตเรื้อรัง
- ออกแบบระบบการบันทึกข้อมูล วันที่ เวลาการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไต ปริมาณน้ำยาพีดีเข้า ปริมาณน้ำยาพีดีออก ในรอบวัน เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับแพทย์ในรอบหนึ่งเดือน เพื่อการประเมินดูแลผู้ป่วยโรคไตไตเรื้อรังที่รักษาด้วยการล้างไตผ่านช่องท้อง
- ระบบคำนวณพร้อมทั้งแสดงผลปริมาณต่อวันที่ผู้ป่วยไตสามารถดื่มได้ ในรอบวันเพื่อป้องการการบวมน้ำสำหรับผู้ป่วยโรคไต
- ออกแบบระบบ และวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ในการตรวจสอบการติดเชื้อของผู้ป่วยจากน้ำยาพีดีที่ออกจากช่องท้องของผู้ป่วยโรคไต เพื่อแจ้งเตือนโอกาสการติดเชื้อของผู้ป่วยไตเรื้อรัง

1.4.3 การทดลอง และการสอบเทียบมาตรฐาน หลังจากออกแบบระบบโดยรวมเสร็จเรียบร้อยแล้วจะเป็นการทดลองเก็บผลเพื่อสอบเทียบกับวิธีมาตรฐานโดยแบ่งเป็นการทดลองต่างดังนี้

การทดลองที่ 1 การสอบเทียบมาตรฐานของระบบอิเล็กทรอนิกส์และการควบคุม

ในการทดลองนี้จะทำการทดลองความถูกต้องในการตรวจวัดของเซนเซอร์แต่ละชนิดดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น เพื่อสอบเทียบกับวิธีการมาตรฐาน พร้อมทั้งคำนวณหาค่าความผิดพลาด รวมทั้งทดลองความถูกต้องในการเก็บข้อมูล การแสดงผล และการทำงานของระบบเชิงกลในการ เปิด-ปิด ระบบปล่อยน้ำยาพีดีเข้า – ออกท้องผู้ป่วย

การทดลองที่ 2 การทดลองประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ

เมื่อระบบเซนเซอร์ทำงานถูกต้องได้มาตรฐานแล้ว ในการทดลองนี้จะทำการทดลองระบบโดยรวมด้วยการประกอบระบบทั้งหมดเข้ากับระบบโครงสร้าง และทำการทดสอบกับแบบจำลองเทียบกับการทำงานจริงของผู้ป่วย เพื่อให้ทราบถึงข้อจำกัด และเทคนิคอื่นๆเพิ่มเติมเพื่อการพัฒนาต่อไป

1.4.4 ปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบให้มีคุณภาพเป็นที่น่าพอใจมากยิ่งขึ้นเช่น การพัฒนาโครงสร้างภายนอกเพิ่มเติม หรือการพัฒนาโปรแกรม เป็นต้น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เมื่อเสร็จสิ้นโครงการวิจัยแล้วผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับนี้เป็น **ผลสำเร็จเบื้องต้น(P)** ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ได้ระบบระบบที่สามารถบันทึก วันที่ เวลาที่ใช้ในการเข้า-ออกของน้ำยาพีดี ปริมาณน้ำยาพีดีที่เข้าสู่ช่องท้อง ปริมาณน้ำยาพีดีที่ออกจากช่องท้อง เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลให้กับแพทย์ผู้ดูแลผู้ป่วยหรือคนไข้โรคไตเรื้อรัง
- สามารถพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสม และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภายในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุด ลดอาการเครียดเพื่อสุขภาพที่ดีของผู้ป่วยไต
- สามารถ พัฒนาระบบตรวจสอบความขุ่นของน้ำยาพีดีออกจากช่องท้องผู้ป่วยไตเพื่อตรวจสอบการติดเชื้อของผู้ป่วยไตเรื้อรังที่รักษาด้วยการล้างไตผ่านช่องท้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานที่ง่าย และให้ผู้ป่วยพึ่งพาตนเองในการล้างไตผ่านช่องท้อง โดยการใช้ระบบการประมวลผลด้วยเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (ไมโครคอลโทลเลอร์ เพื่อเพิ่มความสะดวก และปลอดภัยแก่ผู้ป่วย
- ด้านการเรียนการสอนจะช่วยเพิ่มศักยภาพในการวิจัยสำหรับนักวิจัยรุ่นใหม่ โดยเฉพาะนักศึกษานักศึกษาระดับปริญญาตรีของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

นอกจากนี้ เป้าหมายของผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับ เมื่อเสร็จสินโครงการวิจัยนี้แล้ว คือ

- มีชิ้นงาน หรือนวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์
- หรือเผยแพร่ผลงานในวารสารวิชาการระดับนานาชาติที่มีชื่อปรากฏอยู่ใน SCOPUS หรือ SJR หรือ ISI
- หรือเผยแพร่ผลงานในการประชุมวิชาการอื่นๆ ด้านวิศวกรรม และการแพทย์
- หรือจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา
- หรือนำไปให้หน่วยงาน/องค์กร/นำไปทดลองใช้ประโยชน์จริง

1.5.2 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
- ศูนย์ดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง
- หน่วยงานภาครัฐ เอกชน และอุตสาหกรรมทั่วไป

1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

เมื่อเสร็จสิ้นการวิเคราะห์ และทดลองในห้องปฏิบัติการแล้ว จะทำการถ่ายทอดเทคนิคให้กับหน่วยงาน และกลุ่มผู้สนใจ ทำการเผยแพร่ผลงานในแบบบทความ ในวารสารหรือการประชุมวิชาการ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ และชีวการแพทย์ การตีพิมพ์ในรูปแบบงานวิจัย และการเสนอผลงานทางวิชาการในระดับชาติ หรือนานาชาติ และถ่ายทอดให้นักศึกษาเพื่อเพิ่มศักยภาพด้านการเรียนการสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการวิจัย โดยมีการศึกษาในทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยอันประกอบด้วย พื้นฐานโรคไตวายเรื้อรัง พื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรรักษาระดับแรงดัน โฟโต้คอนดัคตีฟเซลล์ อุปกรณ์เก็บบันทึกข้อมูล ไอซีฐานเวลาจริง วงจรขยายอินสตรูเมนเตชั่น รีดสวิตช์ อีอีพรอมโหลดเซลล์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 โรคไตเรื้อรัง (Chronic kidney disease/CKD)

โรคไตเรื้อรัง (Chronic kidney disease/CKD) เป็นโรคที่เป็นปัญหาสาธารณสุขโรคหนึ่ง ซึ่งจำนวนผู้ป่วยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศที่กำลังพัฒนา โรคไตเรื้อรัง แบ่งเป็น 5 ระยะตามระดับอัตราการกรองของไต หรือ อัตราการทำงานของไต (Estimated Glomerular filtration rate/eGFR))

- **ระยะที่ 1**ไตมีพยาธิสภาพโดยที่ยังมีค่า eGFR มากกว่าหรือเท่ากับ 90 ซีซี/ลูกบาศก์เซนติ เมตร (CC/Cubic centrimetre) ต่อนาทีต่อพื้นที่ผิวกาย 1.73 ตารางเมตร
- **ระยะที่ 2, 3, 4** เป็นระยะที่ไตมีพยาธิสภาพ โดยมีค่า eGFR น้อยกว่า 90, 60, 30 ซีซี ต่อนาทีต่อพื้นที่ผิวกาย 1.73 ตารางเมตร ตามลำดับ
- และ**โรคไตเรื้อรังระยะที่** 5 หรือโรคไตระยะสุดท้าย (End stage kidney disease) มีค่า eGFR น้อยกว่า 15 ซีซีต่อนาทีต่อพื้นที่ผิวกาย 1.73 ตารางเมตร เป็นระยะที่จำเป็นต้องรักษาโดยการทดแทนไต (Renal replacement therapy หรือ Chronic renal replacement thera py/CRRT) ด้วยการล้างไต (Kidney dialysis หรือ Renal dialysis) หรือ การเปลี่ยนไต (การผ่า ตัดปลูกถ่ายไต/Kidney transplantation)

โรคไตเรื้อรังระยะแรกๆ ผู้ป่วยจะยังไม่มีอาการ ต่อมาเมื่อผู้ป่วยมีการเสื่อมของไตมากขึ้นโดยเฉพาะโรคไตเรื้อรังระยะที่ 4 หรือระยะที่ 5 จะมีภาวะแทรกซ้อน/ผลข้างเคียง ได้แก่ โลหิตจาง/ซีด ภาวะความดันโลหิตสูง มีความผิดปกติของสมดุลน้ำและเกลือแร่ มีการคั่งของของเสีย ทำให้ผู้ป่วยมีอาการบวม มีภาวะน้ำท่วมปอด ปัสสาวะออกน้อยลง มีอาการอ่อนเพลีย หอบเหนื่อย คลื่นไส้อาเจียน ไม่อยากอาหาร ในบางรายอาจมีอาการทางระบบประสาท เช่น อาการซึม หรืออาการชัก รวมทั้งผู้ป่วยมีโอกาสเสียชีวิตได้สูงขึ้น ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่มีภาวะแทรกซ้อนจะมีความเสี่ยงสูงในการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดซึ่งพบว่า เป็นสาเหตุหลักของการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง

ในประเทศที่พัฒนาแล้วรวมทั้งเริ่มมีแนวโน้มในประเทศกำลังพัฒนาซึ่งรวมถึงประเทศไทยเช่นกัน สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทยได้ดำเนินโครงการคัดกรองและประมาณเบื้องต้นในผู้ป่วยโรคไต (SEEK project: Screening and Early Evaluation of Kidney Disease Project) ในช่วงปีพ.ศ. 2551 และได้รายงานความชุกของโรคไตเรื้อรังทุกระยะดังนี้ (ตารางที่ 2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ความชุกของโรคไตเรื้อรังในประชากรไทย

เพศ	ความชุกของโรคไตเรื้อรัง แบ่งตามระยะของโรค (%)				รวม
	ระยะที่ 1	ระยะที่ 2	ระยะที่ 3	ระยะที่ 4 เป็นต้นไป	
ชาย	2.6	5.9	6.9	0.9	16.3
หญิง	3.8	5.5	8.1	1.3	18.7
รวม	3.3	5.7	7.6	1.1	317.6
	8.9		8.6		

จากข้อมูลทางสถิติข้างต้น ทำให้คาดการณ์ได้ว่าปัจจุบันมีประชากรไทยป่วยเป็นโรคไตเรื้อรังตั้งแต่ระยะที่ 3 เป็นต้นไป ประมาณ 5.5 ล้านคน โดยสาเหตุส่วนใหญ่ของโรคไตเรื้อรังระยะสุดท้ายเกิดจาก โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคไตอักเสบ และโรคนิ่วในไต

หลักสำคัญของการรักษาโรคไตเรื้อรังในระยะเบื้องต้นคือ การรักษาที่สาเหตุของโรคและให้การรักษาเพื่อชะลอความเสื่อมของไต การรักษาจึงประกอบด้วยยาเพื่อควบคุมระดับความดันโลหิตและระดับน้ำตาลในเลือดให้ได้ตามเป้าหมาย ร่วมกับการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดการบริโภคเกลือโซเดียมและโปรตีน การใช้ยาให้ถูกต้องและการออกกำลังกาย

เมื่อผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังมีความเสื่อมของไตเข้าช่วงท้ายของโรคไตระยะที่ 4 หรือระยะที่ 5 ซึ่งเป็นระยะที่เริ่มมีอาการแทรกซ้อนต่างๆดังที่กล่าวไปแล้ว แพทย์และพยาบาลจะให้คำแนะนำ และเตรียมความพร้อมสำหรับการบำบัดทดแทนไตเพื่อรักษาอาการแทรกซ้อนต่างๆ และเพื่อช่วยให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

การบำบัดทดแทนไตคือ อะไร และมีกี่วิธี

การบำบัดทดแทนไต เป็นกระบวนการการรักษาเพื่อทดแทนไตที่ไม่สามารถทำงานได้เองอย่างเพียงพอ เพื่อช่วยให้มีการขจัดของเสียที่คั่งอยู่ในร่างกาย ขจัดน้ำส่วนเกินจากร่างกาย รักษาสมดุลน้ำและเกลือแร่ต่างๆ และรักษาภาวะแทรกซ้อน/ผลข้างเคียงที่เกิดจากภาวะไตวายเรื้อรัง เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้และมีคุณภาพชีวิตที่ดีพอสมควร

การบำบัดทดแทนไตมี 3 วิธี คือ

1. การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม (Hemodialysis)
2. การล้างไตทางช่องท้อง (Peritoneal Dialysis)
3. การผ่าตัดปลูกถ่ายไต (Kidney transplantation)

คณะอนุกรรมการลงทะเบียนรักษาทดแทนไตของสมาคมโรคไต ได้รายงานข้อมูลผู้ป่วยที่ได้รับการบำบัดทดแทนไตในประเทศไทย ดังตารางที่ 2.2 และ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 จำนวนผู้ป่วยรวมทั้งหมดที่ได้รับการบำบัดทดแทนไตในปี พ.ศ. 2551-2553

วิธีการรักษา	ปี 2551		ปี 2552		ปี 2553	
	จำนวนผู้ป่วยรวม	จำนวนผู้ป่วยต่อประชากร 1 ล้านคน	จำนวนผู้ป่วยรวม	จำนวนผู้ป่วยต่อประชากร 1 ล้านคน	จำนวนผู้ป่วยรวม	จำนวนผู้ป่วยต่อประชากร 1 ล้านคน
การฟอกเลือดด้วยไตเทียม	26,438	417.1	27,056	425.9	30,835	9482.6
การล้างไตทางช่องท้อง	2,760	43.5	5,133	80.8	6,829	106.9
การผ่าตัดปลูกถ่ายไต	2,298	36.3	2,923	46	3,181	49.8
รวม	31,496	496.9	35,112	552.8	40,845	639.3

ตารางที่ 2.3 จำนวนผู้ป่วยใหม่ที่ได้รับการบำบัดทดแทนไตในแต่ละปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551-2553

วิธีการรักษา	ปี 2551		ปี 2552		ปี 2553	
	จำนวนผู้ป่วยรวม	จำนวนผู้ป่วยต่อประชากร 1 ล้านคน	จำนวนผู้ป่วยรวม	จำนวนผู้ป่วยต่อประชากร 1 ล้านคน	จำนวนผู้ป่วยรวม	จำนวนผู้ป่วยต่อประชากร 1 ล้านคน
การฟอกเลือดด้วยไตเทียม	4,688	73.96	3,991	62.83	6,244	97.73
การล้างไตทางช่องท้อง	1,330	20.98	3,532	55.6	4,979	77.93
การผ่าตัดปลูกถ่ายไต	342	5.39	308	4.84	354	5.54
รวม	6,360	100.34	7,825	123.28	11,577	181.2

จากตารางที่ 2 และ 3 พบว่าจำนวนผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังทั้งหมดที่เข้ารับการรักษาและมีชีวิตรอดทั่วประเทศไทยจนถึงวันสิ้นปี พ.ศ. 2553 พบว่ามีจำนวนผู้เข้ารับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมมากถึง 30,835 คน มีผู้ป่วยฟอกล้างช่องท้องถาวรจำนวน 6,829 คน และมีผู้ที่ได้รับการผ่าตัดปลูกถ่ายไตจำนวน 3,181 คน รวมทั้งสิ้นคิดเป็นสัดส่วนผู้รับการรักษาทั้งสามวิธีเท่ากับ 639.3 รายต่อประชากร 1 ล้านคน และหากดูจำนวนผู้ป่วยที่เข้ามารับการรักษาใหม่ในปี พ.ศ. 2553 ทั้งหมดพบว่ามีจำนวนทั้งสิ้นมากถึง 11,577 รายต่อปีคิดเป็น 181.20 รายต่อประชากร 1 ล้านคน และถึงแม้ว่าจะมีผู้ป่วยใหม่ที่ได้รับการผ่าตัดปลูกถ่ายไตเพิ่มขึ้นปีละประมาณ 300 รายต่อปี แต่พบว่ามีผู้ป่วยใหม่ที่ได้รับการล้างไตทางช่องท้องปีละมากกว่า 4,000 ราย และมีผู้ป่วยใหม่ที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยไตเทียมปีละมากกว่า 6,000 ราย ทำให้มีผู้ป่วยรอรับบริจาคไตอีกเป็นจำนวนมาก และมีผู้เสียชีวิตระหว่างการรอรับอวัยวะบริจาคไตอีกจำนวนไม่น้อย ดังนั้น ระหว่างรอรับบริจาคไตผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย ควรได้รับการดูแลบำบัดทด แทนไตอย่างเหมาะสม เพื่อการมีคุณภาพชีวิตที่ดี มีชีวิตที่ยืนยาว ไม่เป็นภาระกับครอบครัวและคนรอบข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบำบัดทดแทนไตทั้ง สาม วิธีแตกต่างกันอย่างไร

- **การปลูกถ่ายไต หรือ การเปลี่ยนไต**

การผ่าตัดทำโดยวางไตใหม่ไว้ในอุ้งเชิงกรานข้างใดข้างหนึ่งของผู้ป่วย แล้วต่อหลอดเลือดของไตใหม่เข้ากับหลอดเลือดของผู้ป่วย และต่อท่อไตใหม่เข้าในกระเพาะปัสสาวะของผู้ป่วย

การปลูกถ่ายไตนี้ใช้ไตเพียงข้างเดียวก็พอ ถ้าร่างกายของผู้ป่วยรับไตใหม่ได้ดีและไม่มีภาวะแทรกซ้อน/ผลข้างเคียงอื่นๆ ไตที่ได้รับใหม่จะทำงานได้ดี แต่ผู้ป่วยต้องได้รับยากดภูมิต้านทานตลอดชีวิต และจะต้องอยู่ในความดูแลของแพทย์ตลอดไป/ตลอดชีวิตเช่นกัน หากขาดยากดภูมิต้านทาน ร่างกายจะต่อต้านไตที่ได้รับใหม่ทำให้ไตใหม่นั้นเสีย และยังอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้

ปัจจุบันการปลูกถ่ายไตถือเป็นการรักษาภาวะไตวายขั้นสุดท้ายที่ดีที่สุด แต่การรักษาวิธีนี้ก็ยังมีความเสี่ยงอยู่และมีมากกว่าวิธีอื่น แต่ถ้าผลที่ได้รับดีกว่า ผู้ป่วยจะมีชีวิตใกล้เคียงคนปกติมากกว่าวิธีอื่น ผลการรักษาจะดีถ้าเป็นผู้ที่ไม่มีโรคของระบบอื่นนอกเหนือจากโรคไต ไม่มีภาวะติดเชื้อ และอายุไม่มาก เป็นต้น ในการปลูกถ่ายไตแพทย์จึงต้องพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วนและรอบคอบ ว่าผู้ป่วยเหมาะสมกับการรักษาด้วยวิธีนี้หรือไม่ รวมทั้งต้องเตรียมความพร้อมทั้งด้านร่างกายและจิตใจให้ผู้ป่วยด้วย มิฉะนั้นผลการรักษาจะไม่ดี และในบางครั้งอาจเสียชีวิตได้

ผู้ป่วยโรคไตที่ไม่เหมาะสมกับการปลูกถ่ายไต หรือผู้ป่วยที่อยู่ระหว่างรอรับการบริจาค ผู้ป่วยต้องบำบัดทดแทนไตไปตลอดชีวิต ซึ่งทำได้ 2 วิธีคือ การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม และการล้างไตทางช่องท้อง ทั้งสองวิธีไม่ทำให้หายจากโรคไตวาย แต่เป็นการทำงานแทนไตที่เสียไป คือ ล้างเอาน้ำและของเสียออกจากร่างกาย รักษาสมดุลน้ำและเกลือแร่ต่างๆ ซึ่งเมื่อหยุดล้างไต น้ำและของเสียในเลือดก็จะสะสมขึ้นมาอีก ทำให้ผู้ป่วยมีภาวะแทรกซ้อน เช่น อาการบวม อ่อนเพลีย หอบเหนื่อย มีภาวะน้ำท่วมปอด คลื่นไส้อาเจียน ไม่อยากอาหาร ซึม สับสน หรืออาการชัก เป็นต้น เพราะฉะนั้นผู้ป่วยไตวายเรื้อรัง จึงต้องล้างไตอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง เพื่อให้มีคุณภาพชีวิตที่ดี และให้มีชีวิตอยู่ได้เช่นคนทั่วไป

คือ การนำไตของผู้อื่นที่เข้าได้กับผู้ป่วยมาปลูกถ่ายให้กับผู้ป่วย มิใช่การเปลี่ยนเอาไตผู้ป่วยออกแล้วเอาไตผู้อื่นใส่เข้าไปแทนที่ในตำแหน่งไตเดิม

- **การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม** หรือ ที่เรียกกันทั่วไปว่า "การฟอกเลือด" เป็นการนำเลือดจากหลอดเลือด (ต้องมีการเตรียมหลอดเลือดไว้ล่วงหน้า) ออกจากร่างกาย ผ่านเข้ามาในตัวกรองของเสียที่เครื่องไตเทียมเพื่อดึงน้ำและของเสียออกจากร่างกาย เลือดที่ถูกกรองแล้วจะไหลกลับเข้าร่างกายทางหลอดเลือดอีกหลอดหนึ่ง วิธีการนำเลือดเข้า - ออกทางหลอดเลือดนี้คล้ายกับการให้เลือดหรือน้ำเกลือทางหลอดเลือด (มิใช่การผ่าตัดเอาเลือดออกมาล้าง) โดยทั่วไปทำครั้งละ 4-5 ชั่วโมง สัปดาห์ละ 2-3 ครั้ง ผู้ป่วยต้องมาโรงพยาบาลหรือศูนย์ไตเทียมสัปดาห์ละ 2-3 ครั้ง เนื่องจากการฟอกเลือดต้องทำที่ศูนย์ไตเทียมหรือโรงพยาบาล โดยพยาบาลผู้เชี่ยวชาญไตเทียม ในปัจจุบันมีการฟอกเลือดที่บ้าน (Home hemodialysis) แต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย เนื่องจากเป็นภาระและใช้การลงทุนที่ค่อนข้างสูง
- **การล้างไตทางช่องท้อง** วิธีนี้อาศัยเยื่อบุช่องท้องช่วยกรองของเสียออกจากร่างกาย โดยการใส่น้ำยาเข้าในช่องท้องทางสายพลาสติกที่แพทย์ได้ทำผ่าตัดฝังไว้ในช่องท้อง ทิ้งน้ำ ยาไว้ในช่องท้องประมาณ 4-6 ชั่วโมง แล้วปล่อยน้ำยาออกจากช่องท้องแล้วทิ้งไป น้ำและของเสียในเลือดที่ซึมออกมาอยู่ในน้ำยาจะถูกกำจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากร่างกาย ผู้ป่วยและญาติสามารถเปลี่ยนน้ำ ยาได้เองที่บ้าน โดยทั่วไปจะทำการเปลี่ยนน้ำยาวันละ 4 ครั้ง ต้องทำต่อเนื่องทุกวัน ผู้ป่วยและญาติสามารถปรับเปลี่ยนการเปลี่ยนถุงน้ำยาให้เข้ากับกิจวัตรประจำวันของผู้ป่วยได้ โดยขณะที่มีน้ำยาในช่องท้อง ผู้ป่วยสามารถทำงานและมีกิจกรรมได้ตามปกติ

ผู้ป่วยรายใดที่ควรเตรียมตัวเพื่อการบำบัดทดแทนไต เมื่อไรควรเริ่มล้างไต

ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังควรได้รับคำแนะนำให้เตรียมตัวเพื่อการบำบัดทดแทนไต เมื่อเริ่มเข้าสู่โรคไตเรื้อรังระยะที่ 4 (eGFR น้อยกว่า 30 ซีซี/นาที/ต่อพื้นที่ผิวกาย 1.73 ตารางเมตร) โดยผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 4 ขึ้นไปและญาติ ควรได้รับความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรังและการรักษาโดยการล้างไต การปลูกถ่ายไต และการรักษาแบบประคับประคอง รวมถึงสิทธิประโยชน์ต่างๆที่พึงได้จากรัฐบาล หรือหน่วยงานอื่นๆ

ควรพิจารณาเริ่มทำการล้างไต เมื่ออัตราการกรองของไต (eGFR) น้อยกว่า 10 ซีซี/นาที /พื้นที่ผิวกาย 1.73 ตารางเมตร หรืออาจพิจารณาเมื่ออัตราการกรองของไต (eGFR) 10-15 ซีซี/นาทีต่อ 1.73 ตารางเมตร และมีข้อบ่งชี้ทางคลินิก เช่น

- ภาวะน้ำเกินในร่างกาย (Volume overload) ที่ไม่ตอบสนองต่อยาขับปัสสาวะ
- ภาวะเยื่อหุ้มหัวใจอักเสบหรือเยื่อหุ้มปอดอักเสบที่เกิดจากการคั่งของของเสีย (Ure mic pericarditis or pleuritis)
- ภาวะขาดสารอาหาร อ่อนเพลีย คลื่นไส้อาเจียน ไม่อยากอาหาร
- อาการซึม สับสน หรืออาการชัก ที่เกิดจากการคั่งของของเสีย (Uremic encephalo pathy)
- ภาวะเป็นกรดของเลือด (Metabolic acidosis) ภาวะโปแตสเซียมสูงในเลือด (Hyper kalemia) ที่ไม่ตอบสนองต่อการใช้ยารักษา
- ภาวะเลือดออกที่เกิดจากการคั่งของของเสีย (Bleeding diathesis due to uremia)

ไม่ควรรอจนอัตราการกรองของไต (eGFR) น้อยกว่า 5 ซีซี/นาที/พื้นที่ผิวกาย 1.73 ตารางเมตร จึงเริ่มการรักษาบำบัดทางไต เนื่องจากการเริ่มล้างไตเมื่อผู้ป่วยมีอาการมากจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนสูงกว่าการเริ่มล้างไตในผู้ป่วยที่มีอาการน้อยกว่า

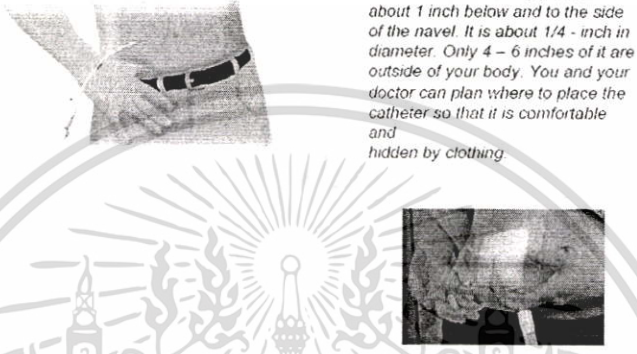
การล้างไตทางช่องท้อง (PD) คืออะไร

การล้างไตทางช่องท้อง (PD) เป็นการทำความสะอาดเลือดและขจัดของเหลวส่วนเกินออกจากร่างกาย โดยใช้ตัวกรองที่มีอยู่ตามธรรมชาติซึ่งก็คือ เยื่อบุผนังช่องท้องของร่างกายนั่นเอง เยื่อบุผนังช่องท้องเป็นเยื่อบางๆ ที่ห่อหุ้มช่องท้อง หรือเป็นเยื่อที่แบ่งช่องในท้อง ซึ่งบรรจุอวัยวะต่างๆ ทั้งกระเพาะอาหาร ม้าม ตับ และลำไส้ น้ำยาล้างไตจะถูกใส่เข้าไปในช่องท้อง เยื่อบุผนังช่องท้องจะทำหน้าที่กรองของเสียและของเหลวออกจากเลือดไปสู่น้ำยาล้างไต หลังจากนั้น 2-3 ชั่วโมง น้ำยาล้างไตที่มีของเสียอยู่จะถูกปล่อยออกจากช่องท้องและถูกแทนที่ด้วยน้ำยาใหม่ที่เติมเข้าไป ทั้งหมดนี้เรียกว่า การเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตและการแลกเปลี่ยนของเสีย (Exchange) พยาบาลผู้มีประสบการณ์ในการล้างไตทางช่องท้องจะช่วยฝึกสอนให้คุณสามารถทำการล้างไตทางช่องท้องได้ด้วยตนเองที่หน่วยบริการล้างไตในฐานะผู้ป่วยนอกได้ ผู้ป่วยส่วนใหญ่สามารถทำการล้างไตทางช่องท้องได้เองหลังจากได้รับการฝึกอบรมประมาณ 5-7 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายท่อล้างไตทางช่องท้อง (Peritoneal Dialysis Catheter)

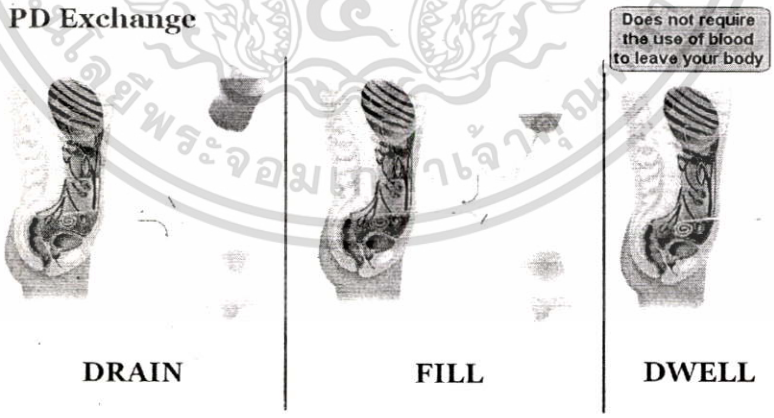
สายท่อล้างไต (catheter) เป็นสายท่ออ่อนขนาดเล็กที่ใส่เข้าไปในช่องท้องผ่านทางผนังหน้าท้องดังในรูปที่ 2.1 เพื่อเป็นช่องทางให้น้ำยาล้างไตไหลเข้าออก การใส่สายท่อล้างไตเข้าไปในช่องท้องใช้เพียงการผ่าตัดเล็กแบบผู้ป่วยนอก และควรปล่อยให้แผลสมานดีเสียก่อนที่จะเริ่มทำการล้างไต ซึ่งอาจใช้เวลาประมาณ 2-3 สัปดาห์ โดยปกติแล้วสายท่อล้างไตจะไม่สร้างความเจ็บปวด และจะติดอยู่กับร่างกายของผู้ป่วยตลอดการล้างไตทางช่องท้อง



รูปที่ 2.1 สายท่อล้างไตที่ต่อจากช่องท้อง

การเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไต (Exchange)

การเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไต แบ่งเป็น 3 ระยะดังในรูปที่ 2.2 คือระยะปล่อยน้ำยาล้างไตออกจากช่องท้อง ระยะใส่น้ำยาล้างไตกลับเข้าสู่ช่องท้อง และระยะค้างน้ำยาล้างไตไว้ในช่องท้อง ซึ่งวิธีการล้างไตทางช่องท้องนี้จะไม่มีการสูญเสียเลือดจากร่างกาย



รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรล้างไตด้วยวิธีไหน การล้างไตในปัจจุบันมี 2 วิธีดังที่กล่าวไปแล้ว คือ การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม และการล้างไตทางช่องท้อง ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีล้างไต คือ

- โรคประจำตัวของผู้ป่วย
- มีข้อห้ามในการล้างไตในแต่ละวิธีหรือไม่
- สิทธิการรักษา
- สภาวะทางการเงินและสังคมของผู้ป่วย เป็นต้น

ถ้าผู้ป่วยไม่มีปัญหาโรคประจำตัวอื่นๆนอกจากโรคไตเรื้อรัง ไม่มีข้อห้ามของการล้างไตทั้ง 2 วิธี ไม่มีปัญหาด้านสภาวะการเงินและสังคม หรือมีสิทธิการรักษาที่สามารถรักษาได้ทั้ง 2 วิธี ผู้ป่วยกลุ่มนี้สามารถเลือกวิธีการล้างไตได้ทั้ง 2 วิธี

การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม

ข้อดี คือ ผู้ป่วยและญาติไม่ต้องทำเอง และการฟอกเลือดแต่ละครั้งใช้เวลาไม่มาก นอกจาก นี้การฟอกเลือดสามารถแก้ไขภาวะแทรกซ้อนที่เกิดจากการที่ของเสียคั่ง ภาวะเกลือแร่ผิดปกติ หรือภาวะน้ำท่วมปอดได้อย่างรวดเร็ว เหมาะกับการรักษาในกรณีที่ผู้ป่วยมาด้วยภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรง

ข้อเสีย คือ ต้องมาโรงพยาบาลหรือศูนย์ไตเทียมบ่อย อย่างน้อยอาทิตย์ละ 2-3 ครั้ง ไม่เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่มีที่อยู่ห่างไกลหรือไม่สะดวกที่จะมาศูนย์ไตเทียม และ ไม่ได้มีการขจัดของเสียอยู่ตลอดเวลาอย่างการรักษาทางช่องท้อง ส่วนในผู้สูงอายุ หรือในโรคเบาหวาน ที่มีปัญหาเรื่องของหลอดเลือด ไม่สามารถทำหลอดเลือดสำหรับการฟอกเลือดได้ ก็ไม่เหมาะสมกับการฟอกเลือด นอกจากนี้ผู้ป่วยที่มีปัญหาเรื่องโรคหัวใจ และหลอดเลือดที่รุนแรง การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมอาจจะทำให้สัญญาณชีพ (ชีพจร อัตราการหายใจ อุณหภูมิร่างกาย และความดันโลหิต) ไม่คงที่ (Hemodynamic instability) และ มีความดันโลหิตต่ำขณะฟอกเลือดได้

- **การล้างไตทางช่องท้อง มีข้อดี ข้อเสียดังนี้**

ข้อดี คือ มีการขจัดของเสียตลอดเวลา เนื่องจากผู้ป่วยล้างไตทางช่องท้องทุกวัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณชีพที่รุนแรงและรวดเร็วเหมือนการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม จึงเหมาะกับผู้ป่วยโรคหัวใจและหลอดเลือดที่รุนแรง และช่วยชะลอการสูญเสียการทำงานของไตที่เหลืออยู่ (Residual renal function) ได้ดีกว่า ผู้ป่วยและญาติสามารถทำเองได้ที่บ้าน และไม่ต้องมาโรงพยาบาลบ่อย ผู้ป่วยสามารถทำงานได้ตามปกติ และในกรณีเกิดภัยพิบัติ การล้างไตทางช่องท้องก็จะมีความคล่องตัวมากกว่า

ข้อเสีย คือ หากไม่ระมัดระวังความสะอาดให้ดีโดยเฉพาะในการเปลี่ยนถุงน้ำยาจะเกิดการติดเชื้อที่บริเวณที่ใส่สายหรือติดเชื้อในช่องท้องได้ (เยื่อบุช่องท้องอักเสบ) นอกจากนี้ยังไม่เหมาะกับผู้ป่วยตัวใหญ่ ผู้ป่วยที่ไม่เหลือการทำงานของไตเดิมเลย และข้อจำกัดอีกหลายประการของการล้างไตทางช่องท้องคือ ผู้ป่วยที่เคยมีการผ่าตัดแล้วเกิดพังผืดในหน้าท้อง/ช่องท้องอย่างมาก ผู้ที่เคยมีประวัติการผ่าตัดลำไส้ทะลุ ผู้ป่วยที่กำลังมีภาวะติดเชื้อในช่องท้องก่อนที่จะใส่สายล้างไตที่ท้อง ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของผนังหน้าท้องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ จะไม่สามารถล้างไตทางช่องท้องได้

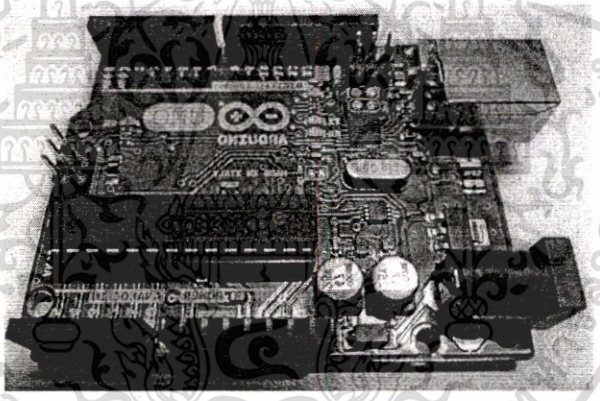
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่ (Arduino)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แบบหนึ่งที่รวมเอาหน่วยประมวลผลหน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต (Input) วงจรส่งสัญญาณเอาท์พุท (Output) รวมถึงหน่วยความจำวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกันทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี โดยไมโครคอนโทรลเลอร์มาจากคำสองคำรวมกัน คือ “ไมโคร” ซึ่งหมายถึง ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) เป็นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็กภายในประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หรือซีพียู (CPU) อีกคำหนึ่งคือคำว่า “คอนโทรลเลอร์” หมายถึง อุปกรณ์ควบคุม

2.2.1 ชุดโมดูลบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่

เป็นไมโครคอนโทลเลอร์ตระกูลเอวีอาร์ (AVR) โดยใช้ไมโครคอนโทลเลอร์เบอร์เอทีเมก้า 328 (ATmega 328) เป็นเอ็มซียู (MCU) ประจำบอร์ด โดยเอ็มซียูรุ่นนี้ มีขาทั้งหมด 28 ขา และมีจุดเด่นคือเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ขนาดเล็กแต่เพียบพร้อมไปด้วยทรัพยากรพื้นฐานต่าง ๆ อย่างครบถ้วนจึงมีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งในการใช้งานทั่วไป สำหรับภายในมีระบบฮาร์ดแวร์ และสามารถใช้ในการพัฒนาโปรแกรมด้วยอาดูโน่ดังรูปที่ 2.3 ได้ทันที



รูปที่ 2.3 ชุดโมดูลบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่

2.2.2 คุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

ชุดโมดูลบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่มีเอทีเมก้า 328เป็นเอ็มซียู ตระกูลเอวีอาร์ ประจำบอร์ด (Broad) โดยเลือกใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาแบบคริสตัล (Crystal) ที่มีค่า 16 เมกกะเฮิร์ตซ์ (MHz) เพื่อให้สามารถใช้งานพอร์ทสื่อสารอนุกรมได้อย่างลงตัว

- บอร์ดสามารถเปลี่ยนการติดตั้งเอ็มซียูเป็นแบบ 28 ขา หรือเบอร์อื่นในอนุกรมเดียวกันได้ โดยไม่ต้องมีการดัดแปลงใด ๆ เช่น เอทีเมก้า 88 เป็นต้น
- มีหน่วยความจำแบบแฟลช (Flash) 32 กิโลไบต์ (Kbyte) โดยแบ่งเป็นบูท โหลดเดอร์ (Boot loader) 2 กิโลไบต์
- มี อีพีรอม (EPROM) 1 กิโลไบต์ต่อเอสแรม (SRAM) 2 กิโลไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีพอร์ต (Port) ดิจิตอลอินพุต และเอาต์พุต (Digital input/output) 14 ขา ซึ่งมี 6 ขา สามารถสร้างเป็นสัญญาณพัลส์ (PWM outputs)
- มีพอร์ตอะนาลอกอินพุต และเอาต์พุต (Analog input/output) 6 ขา
- ไฟกระแสตรง มีขา อินพุต และเอาต์พุต มีค่า 40 มิลลิแอมป์ (mA)
- ไฟกระแสตรง มีขา 3.3 โวลต์ (Volt) มีค่า 50 มิลลิแอมป์
- เอ็มซียู ประจำบอร์ดที่ได้รับการติดตั้งบูท โหลดเดอร์สามารถอัพโหลดโค้ด (Upload Code) ให้บอร์ดผ่านทางพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมได้ทันที
- มีขั้วยูเอสบีเชื่อมต่อ (USB Interface) สื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมเข้าคอมพิวเตอร์ได้
- มีแอลอีดีสำหรับแสดงสถานะไฟเลี้ยง
- มีแอลอีดี (LED) แสดงสถานการณ์รับส่งข้อมูล
- ใช้ไฟเลี้ยง ประจำบอร์ด 7-12 โวลต์

2.2.3 ทฤษฎีภาษาอาดูโน่

"อาดูโน่" เป็นภาษาอิตาลีซึ่งเป็นชื่อของโครงการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอวีอาร์แบบเปิด (Open source) ที่ได้รับการปรับปรุงมาจากโค้ดโปรแกรมแบบเปิดของเอวีอาร์ อาดูโน่ มีจุดเด่นในเรื่องของความง่ายในการเรียนรู้ และใช้งาน เนื่องจากมีการออกคำสั่งต่าง ๆ ขึ้นมาสนับสนุนการใช้งานด้วยรูปแบบที่ง่ายไม่ซับซ้อน ซึ่งแม้ว่าอาดูโน่ จะมีรูปแบบการใช้งานคล้ายกับไมโครคอนโทรลเลอร์ขั้นตอนพื้นฐาน (Basic Step) ของ พาลาแล็ก (Parallax) แต่ก็มีจุดเด่นกว่ารายอื่นคือ

- ราคาไม่แพง เนื่องจากมีโค้ดโปรแกรม (Source Code) และวงจรแจกให้ฟรีสามารถต่อวงจรขึ้นมาใช้เองได้รวมถึงมีการเปิดเผยวงจรโค้ดโปรแกรมทั้งหมดทำให้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ดีทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์
- รูปแบบคำสั่งง่ายต่อการใช้งานแต่สามารถนำไปใช้งานจริงกับส่วนที่มีความซับซ้อนมากได้และยังสามารถสร้างคำสั่งรวมถึงไลบรารี่ใหม่ๆ ขึ้นมาใช้งานเองได้ เมื่อมีความชำนาญมากขึ้น

2.2.4 เปรียบเทียบภาษาซีกับอาดูโน่

สำหรับการเขียนโปรแกรมของอาดูโน่นั้นใช้ภาษาซีพลัสพลัส (C++) ซึ่งเป็นรูปแบบของภาษาซี (C) ประยุกต์รูปแบบหนึ่งที่มีโครงสร้างการทำงานของตัวภาษาโปรแกรมโดยรวมคล้ายกับภาษาซีมาตรฐานทั่วไปเพียงแต่ได้มีการปรับปรุงเพื่อลดความยุ่งยากในการใช้งานลดลง และให้ผู้ใช้สามารถใช้งานเขียนโปรแกรมได้ง่ายสะดวกมากกว่าการเขียนภาษาซีแบบมาตรฐาน แต่ในความเป็นจริงนั้นโปรแกรมดังกล่าวไม่ใช่การประมวลผลโค้ด (C-compiler) โดยตรง เนื่องจากอาดูโน่จะมีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับการแก้ไขข้อความ (Text Editor) ของภาษาซีพลัสพลัส ตัวหนึ่งโดยจะทำงานร่วมกับสิ่งที่เป็นประโยชน์ (Utility) บางส่วนที่อาดูโน่สร้างขึ้นมารองรับโดยอาดูโน่จะใช้รูปแบบการทำงานของการแก้ไข (Editor) เป็นฉากหน้าในการติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้เท่านั้น ส่วนเบื้องหลังแล้ว อาดูโน่จะไปเรียกใช้ตัวแปลภาษาซี และสิ่งที่เป็นประโยชน์อื่นที่ใช้เป็นเครื่องมือพัฒนาโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอวีอาร์อีกทีหนึ่ง

2.2.5 โครงสร้างการเขียนโปรแกรมภาษาซีของอาดูโน่

ภาษาซีของอาดูโน่จะจัดแบ่งรูปแบบโครงสร้างของการเขียนโปรแกรมเป็นส่วนย่อย ๆ หลายๆ ส่วน โดยเรียกแต่ละส่วนว่า "ฟังก์ชั่น (Function)" และเมื่อนำฟังก์ชันมารวมเข้าด้วยกัน ก็จะเรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

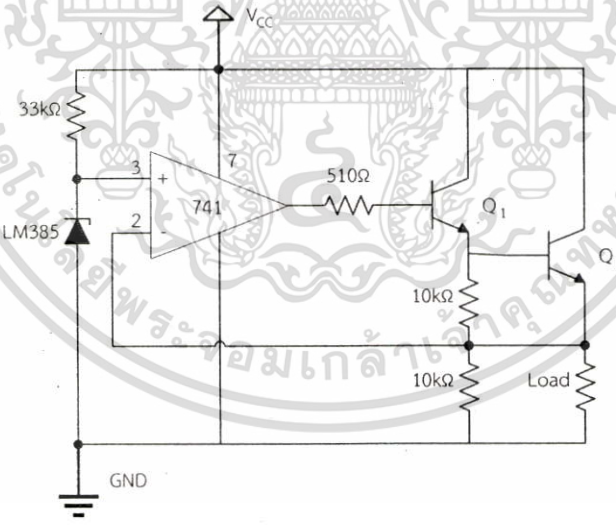
"โปรแกรม" โดยโครงสร้างการเขียนโปรแกรมของอาดูโน่ทุก ๆ โปรแกรมจะประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นจำนวนเท่าใดก็ได้ แต่อย่างน้อยสุดต้องมี 2 ฟังก์ชั่นคือ เซ็ทอัพ() (setup()) และ ลูป() (loop()) [4]

- เซ็ทอัพ() : เป็นฟังก์ชั่นบังคับที่ต้องกำหนดให้มีทุก ๆ โปรแกรมถึงแม้ว่าบางโปรแกรมจะไม่ต้องการใช้งานก็ยังจำเป็นต้องประกาศไว้เสมอเพียงแต่ไม่ต้องเขียนคำสั่งไว้หลังวงเล็บปีกกา {} ที่ใช้เป็นตัวกำหนดขอบเขตของฟังก์ชั่น โดยฟังก์ชันนี้จะใช้สำหรับบรรจุคำสั่งที่ต้องการให้โปรแกรมทำงานเพียงรอบเดียว ตอนเริ่มต้นทำงานของโปรแกรมครั้งแรกเท่านั้น ซึ่งได้แก่คำสั่งเกี่ยวกับการจัดการ ค่าการทำงานต่าง ๆ เช่น การกำหนดหน้าที่ของการใช้งานของ พินโหมด (PinMode)

- Loop() : เป็นส่วนฟังก์ชั่นบังคับที่ต้องกำหนดให้มีในทุกโปรแกรม เช่นเดียวกันกับฟังก์ชั่นเซ็ทอัพ() โดยฟังก์ชั่นลูป() นี้จะใช้ในการบรรจุคำสั่งที่ต้องการให้โปรแกรมทำงานเป็นวนรอบซ้ำ ๆ กันไปไม่รู้จบ ซึ่งเปรียบเทียบได้กับฟังก์ชั่นเมน() (main ())

2.3 วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม

วงจรรักษาระดับแรงดัน (Voltage Regulators) มีหน้าที่รักษาระดับแรงดันไฟตรงที่จ่ายให้ภาระมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนตามสภาพภาระ โดยทั่วไปสามารถแบ่งชนิดของวงจรรักษาระดับแรงดันออกเป็น 2 ชนิด คือ วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม (Series Regulator) และวงจรรักษาระดับแรงดันแบบสวิตช์ชิ่ง (Switching Regulator)



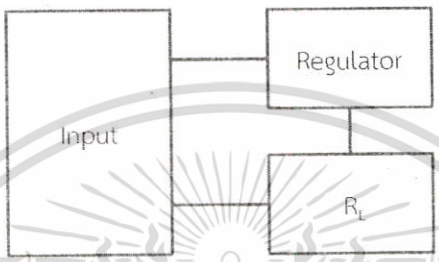
รูปที่ 2.4 พื้นฐานของวงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม

วงจรรักษาแรงดันแบบอนุกรมจะทำหน้าที่ควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ได้โดยการใช้ตัวเปรียบเทียบแรงดันกับเอาต์พุตที่ย้อนกลับมาส่วนวงจรรักษาระดับแรงดันแบบสวิตช์ชิ่งนั้นจะทำงานในลักษณะ เปิด – ปิด จากนั้นสัญญาณที่ได้ก็จะผ่านวงจรกรองกระแสแบบตัวเหนี่ยวนำตัวเก็บประจุ (LC Filter) เพื่อกรองกระแสให้เรียบเป็นไฟตรงส่วนการควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ทำได้โดยการปรับค่าเวลาในการเปิด "On" (Ton) วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษาระดับแรงดันแบบอนุกรมดังในรูปที่ 2.4 เป็นหลักการทำงานของวงจรรักษาระดับแรงดันของวงจรรวม หรือไอซี (Integrated Circuit, IC) ที่ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดัน โดยทั่วไปในปัจจุบันไม่ว่าว่าจะเป็นไอซีตระกูล 78XX หรือ 79XX

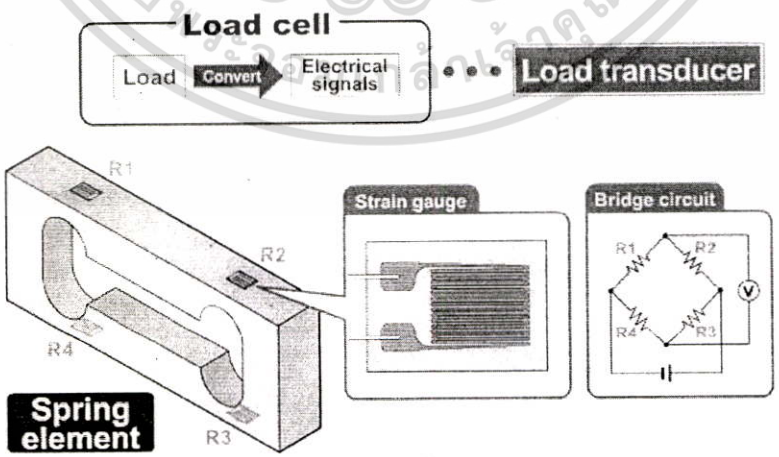
จากวงจรเป็นวงจรเบื้องต้นของวงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม เพื่อให้ง่ายในการทำความเข้าใจ เราสามารถจำลองออกมาเป็นแผนผังดังในรูปที่ 2.5 ได้ดังนี้



รูปที่ 2.5 จำลองแผนผังวงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม

2.4 เซนเซอร์ตรวจวัดน้ำหนัก

2.4.1 โหลดเซลล์ (Load cell) เป็นระบบเซนเซอร์ที่แปลงค่าน้ำหนักทางกลของสิ่งของ (กรัม. กิโลกรัม) ให้เป็นปริมาณทางไฟฟ้า (แรงดัน, V) ซึ่งประกอบด้วย สเตรนเกจ (Strain gauge) ซึ่งจะคอยแปลงค่าความเครียดทางกลอันเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุ มาเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้า เมื่อนำค่าความต้านทานที่ได้จาก สเตรนเกจ ต่อเข้ากับวงจรบริดจ์ (Bridge Circuit) ซึ่งต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรง (DC Voltage) ก็จะสามารถหาค่าเอาท์พุทของน้ำหนักวัตถุที่เป็นค่าแรงดันไฟฟ้าได้ ซึ่งสามารถนำสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ไปต่อกับวงจรแอลอีดี 7 ส่วน (LED 7 Segment) เพื่อแสดงผลค่าน้ำหนักออกมาเป็นตัวเลขได้



รูปที่ 2.6 โหลดเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

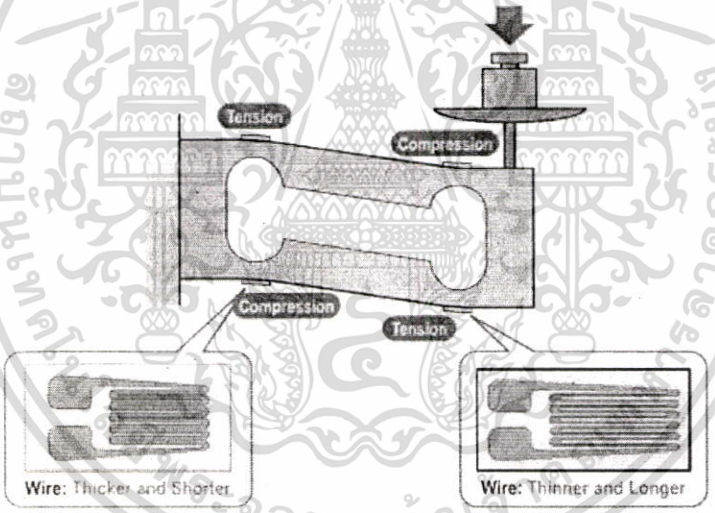
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.4.2 สเตรนเกจ (Strain Gage)

สเตรนเกจเป็นตัวแปลงแบบเฉื่อยงาน (Passive Transducer) ซึ่งทำหน้าที่แปลงแรงดึงที่ภาษาทางกลศาสตร์เรียกว่า ความเครียด (Strain) กระทำบนตัวอุปกรณ์ให้เป็นการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้า สเตรนเกจจึงมีการนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น การวัดน้ำหนัก ความดัน แรงเชิงกล และการเคลื่อนที่

สเตรนเกจสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบยึดติด (Bonded Strain Gage) และแบบไม่ยึดติด (Unbounded Strain Gage) โดยสเตรนเกจทั้งสองชนิดจะมีลักษณะโครงสร้างและการทำงานที่คล้ายกันคือทำด้วยเส้น ลวดเล็ก ๆ ขดไปขดมาและนำไปติดกับวัตถุที่ต้องการตรวจวัดความเครียด

หลักการทำงานของสเตรนเกจจะอาศัยการเปลี่ยนรูปของเส้นลวดอันเนื่องมาจากแรงที่มากระทำ ซึ่งการเปลี่ยนรูปได้นี้ จะเป็นสัดส่วนกันแรงที่มากระทำ ซึ่งแรงที่มากระทำอาจทำให้ลวดยืดออกหรือหดเข้าหากัน โดยอาศัยความสัมพันธ์จากสมการความต้านทานของเส้นลวด เมื่อเส้นลวดมีการเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะเป็นผลให้เส้นลวดหดตัวหรือยืดออก ก็จะมีผลต่อค่าความต้านทานของลวดตัวนำ ตัวอย่างการใช้งานสเตรนเกจจากรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงการใช้งานสเตรนเกจ

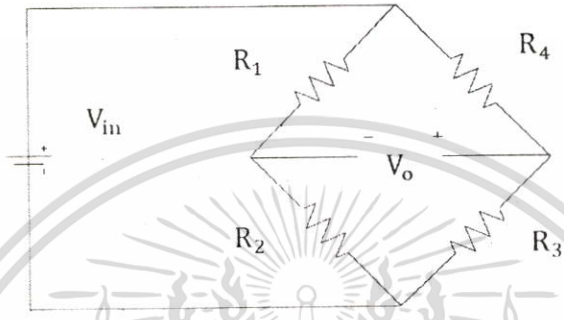
2.4.3 วงจรบริดจ์

เนื่องจากค่าความต้านทานที่เปลี่ยนไปมีค่าค่อนข้างต่างดังนั้นในทางปฏิบัติจึงนิยมนำสเตรนเกจมาใช้ งานโดยต่อวงจรแบบบริดจ์ เมื่อเราป้อนแรงดันให้แก่วงจรบริดจ์ระหว่างขั้วอินพุตบวกและอินพุตลบ ในสภาวะที่ยังไม่มีแรงมากระทำหรือ ยังไม่มีน้ำหนักมากระทำต่อโหลดเซลล์ ค่าความต้านทานของสเตรนเกจภายในจะที่ค่าเท่ากันทำให้วงจรบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล แรงดันเอาท์พุทที่ออกมาระหว่างขั้วเอาท์พุทบวกและเอาท์พุทลบจะมีค่าเป็นศูนย์ และเมื่อมีแรงมา กระทำหรือมีน้ำหนักมากระทำต่อโหลดเซลล์จะทำให้สเตรนเกจยืดออกหรืองอเข้าจะทำให้ค่าความต้านทานภายใน สเตรนเกจของแต่ละตัวนั้นเปลี่ยนค่าไปทำให้วงจรบริดจ์อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

147250

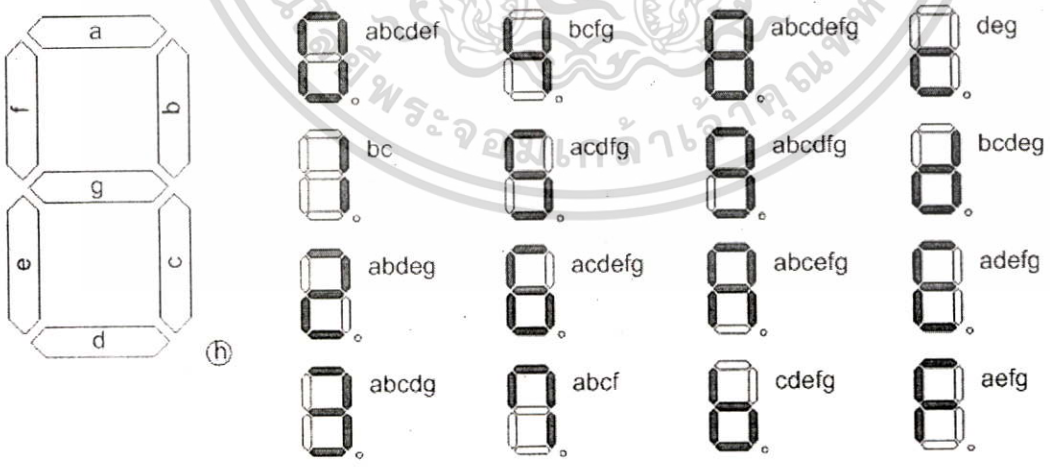
ในสภาวะที่ไม่สมดุล ทำให้สามารถวัดแรงดันที่เอาท์พุทออกมาได้ ยิ่งมีน้ำหนักหรือวัตถุที่มากระทำต่อโหลดเซลล์มากเพียงใดก็จะทำให้ค่าความต้านทานของสเตรนเกจนั้น เปลี่ยนค่าไปมากขึ้นและยังทา ให้แรงดันเอาท์พุทมีค่ามากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามแรงดันเอาท์พุทที่ได้จากวงจรบริดจ์นั้นมี ค่าน้อยมากจึงต้องอาศัยวงจรขยายสัญญาณเพื่อให้แรงดันเอาท์พุทนั้นมีค่าเพิ่มมากขึ้นเพื่อที่จะนำแรงดันที่ได้ไประมวล ผลในกระบวนการต่อไปโดยแรงดันเอาท์พุทภายในวงจรบริดจ์จะเป็นไปตามรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 วงจรบริดจ์เมื่อเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟ

2.5 แอลอีดีเจ็ดส่วน

การแสดงผลทางเอาต์พุต ถ้าต้องการให้เอาต์พุตแสดงออกมาเป็นตัวแทนไดโอดเรืองแสง ที่ปรากฏแต่ละเอาท์พุท การแสดงผลออกมาในภาพของ ไดโอดเรืองแสงแบบแอลอีดี 7 ส่วนจะทำให้ อ่านการแสดงผลได้ง่ายขึ้น วงจรถอดรหัสจะต้องเป็นวงจรถอดรหัสการแสดงผลแอลอีดี 7 ส่วน แต่ ก่อนที่จะกล่าวถึงวงจรถอดรหัสเลขฐานสองเป็นเอาต์พุตที่แอลอีดี 7 ส่วน จะต้องทำการเข้าใจ เกี่ยวกับแอลดีดี 7 ส่วน



รูปที่ 2.9 แอลอีดี 7 ส่วน [7]

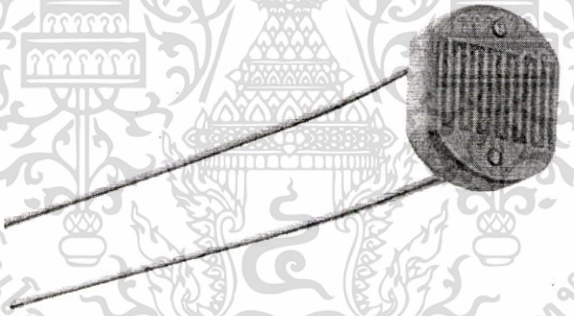
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างสำหรับภายในของแอลอีดี 7 ส่วน จะประกอบด้วย ไดโอดเรืองแสง 7 ถึง 8 ตัว (ขึ้นอยู่กับบริษัทที่ผลิต) ถ้ามีจุดด้อยก็จะมีไดโอด 8 ตัว แต่ถ้าไม่มีจุดก็เหลือไดโอดเพียง 7 ตัว แต่ละตัวจะมีชื่อเรียกตามลำดับ ตั้งแต่บนสุดแล้ววนลงมาทางขวามือ และไปสิ้นสุดตรงกลาง โดยจะมีชื่อเรียกเรียงตามลำดับ จากตัว a b c d f และ g ดังรูปที่ 2.9 ผู้ออกแบบวงจรสามารถ ออกแบบวงจรถอดรหัสให้แอลอีดี 7 ส่วนแต่ละตัวแสดงผลได้ตั้งแต่ค่า 0 จนถึง 9

การทำงานของไดโอด (Diode) เรืองแสงแต่ละตัวจะมีจำนวนขา 2 ขา คือขาแอโนด และขาแคโทด (Cathode) ไดโอดจะเรืองแสงได้จะต้องจ่ายไฟให้ถูกขา หมายความว่า แอโนด (Anode) ต้องการไฟบวก ส่วนแคโทด ต้องการไฟลบถ้าป้อนไฟถูกต้อง ไดโอดจะเรืองแสงแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ คอมมอนแคโทด (Common Cathode) และคอมมอนแอโนด (Common Anode)

2.6 โฟโต้คอนดัคตีฟเซลล์ (Photo Conductive Cell)

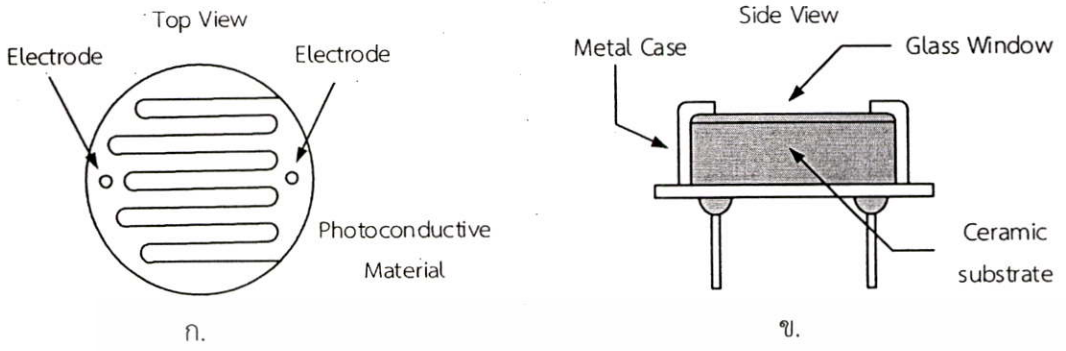
โฟโต้คอนดัคตีฟเซลล์ เป็นทรานสดิวเซอร์ (Transducer) อีกชนิดหนึ่งที่จัดอยู่ในกลุ่มของอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์แบบเฉื่อย (Passive Transducer) ซึ่งในบางครั้งเรียกว่า “เซลล์นำพลังแสง” หรือ “ตัวต้านทานพลังแสง” (Photo Resister) แต่โดยทั่วไปมักเรียกว่า “แอลดีอาร์ (LDR)” (Light Dependent Resister) ดังแสดงโครงสร้างและรูปร่างได้ในรูปที่ 2.10 และ 2.11



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะของแอลดีอาร์ที่ใช้งานทั่วไป

เนื่องจากค่าความต้านทานภายในของวัสดุที่ใช้สร้างอุปกรณ์เซนเซอร์ชนิดนี้ คือ สารกึ่งตัวนำชนิดแคดเมี่ยมซัลไฟด์ (Cadmium Sulfide ; Cds) หรือแคดเมียม ซีลีไนด์ (Cadmium Selenide ; CdSe) จะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสง นั้นคือ ถ้าไม่มีแสงมาตกกระทบลงบนตัว LDR จะทำให้ความต้านทานภายในของ แอลดีอาร์มีค่าสูง แต่ในขณะเดียวกันเมื่อมีแสงมาตกกระทบค่าความต้านทานภายในของ แอลดีอาร์ก็จะลดต่ำลงจนเกิดเป็นสภาพความนำไฟฟ้า (Conductivity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

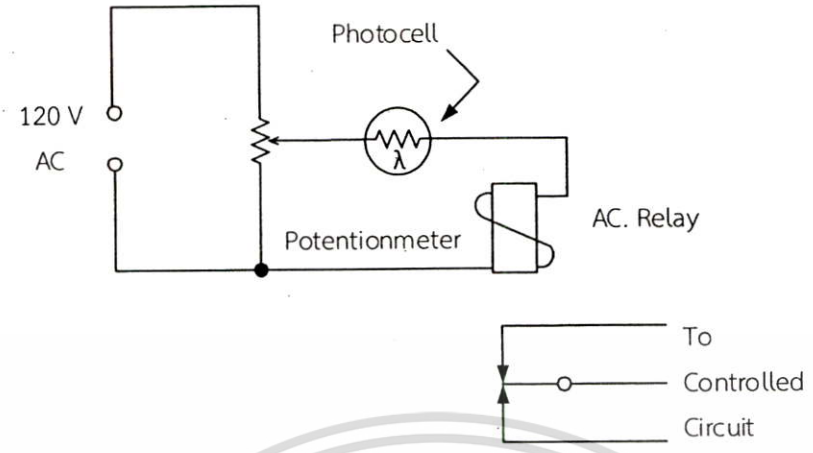


รูปที่ 2.11 ลักษณะโครงสร้างของโฟโต้คอนดัคตีฟเซลล์ หรือแอลดีอาร์
ก. ภาพด้านบนของแอลดีอาร์
ข. ภาพด้านข้างของแอลดีอาร์

รูปที่ 2.12 แสดงเครื่องมือวัดความเข้มแสงด้วยการเซนเซอร์จากแอลดีอาร์

การประยุกต์ใช้งาน แอลดีอาร์สามารทำได้หลายลักษณะ เช่น ใช้เป็นตัวเซนเซอร์ภายในเครื่องมือวัดความเข้มแสง (Lux meter) เพื่อตรวจวัดความเข้มของแสงสว่างดังแสดงในรูปที่ 2.12 หรือใช้เป็นอุปกรณ์ควบคุม การเปิดและปิดหลอดไฟโดยอัตโนมัติในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนเป็นต้น ในรูปที่ 2.13 แสดงของลักษณะการต่อใช้งาน แอลดีอาร์ร่วมกับโพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) ในลักษณะของวงจรแบ่งแรงดันเพื่อควบคุมรีเลย์ (Relay) สำหรับปรับค่าชดเชยผลตอบสนองความไวของแสงสว่างที่ตกกระทบลงบนแอลดีอาร์ หลักการทำงานคือ เมื่อแอลดีอาร์ได้รับแสงสว่างเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานภายในของ แอลดีอาร์จะลดต่ำลงมีผลทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านรีเลย์มีค่าเพิ่มขึ้นและสูงพอที่จะทำให้รีเลย์ทำงาน ในทำนองเดียวกันเมื่อความสว่างของแสงลดลงค่าความต้านทานภายในของแอลดีอาร์ก็จะเพิ่มสูงขึ้นทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านรีเลย์ลดน้อยลงรีเลย์จึงหยุดทำงาน ดังนั้นจึงได้สัญญาณไฟฟ้าทางด้านเอาท์พุทเป็นลักษณะ ไบนารี่ (Binary) หรือเปิด-ปิด (ON – OFF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 การควบคุมวงจรรีเลย์ด้วยแอลดีอาร์

2.7 ทฤษฎีไอซีฐานเวลาจริง

คุณสมบัติของ ดีเอส1307 (DS1307) ในชิปสนับสนุน (Chips Support) ประเภทนาฬิกา (Real Time Clock (RTC)) แบบ เวลา วัน เดือน และปี ณ ปัจจุบัน ขนาดเล็กซึ่ง ถูกพัฒนาและคิดค้นโดย "Dallas Semiconductor" ซึ่งใช้สำหรับทำหน้าที่เกี่ยวกับระบบฐานเวลา ในลักษณะของนาฬิกา เวลา และปฏิทินเป็นหลัก โดยลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ตัวนี้จะทำหน้าที่ในการนับเวลา โดยให้หน่วยการนับแยกออกเป็นหลายๆหน่วยไม่ว่าจะเป็น วินาที นาที ชั่วโมง วันที่ วันในหนึ่งสัปดาห์ เดือน และปี ค.ศ. ซึ่งจะช่วยในเรื่องการสนับสนุนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้มีความคล่องตัวและสะดวกมากขึ้น เมื่อจำเป็นที่ต้องประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ในลักษณะที่ต้องเกี่ยวข้องกับระบบเวลาต่าง ๆ ข้างต้น

โดยฐานเวลานาฬิกา เบอร์ดีเอส 1307 นั้นเป็นชิปฐานเวลาภายในตัวจะบรรจุวงจรนับของฐานเวลาไว้ให้ใช้งานอย่างครบถ้วน ตั้งแต่ วินาที นาที ชั่วโมง วันที่ เดือน วันในหนึ่งสัปดาห์และ ปี ค.ศ. นอกจากนี้ยังมีความอ่อนตัวในการใช้งานค่อนข้างดีเกี่ยวกับ ระบบเวลา เช่น ค่าของชั่วโมงสามารถกำหนดได้จากโปรแกรมว่าจะให้เป็น 12 ชั่วโมงหรือ 24 ชั่วโมง และในส่วนของวันที่และวันในสัปดาห์ก็สามารถปรับเปลี่ยนได้เองว่าเดือนใดมี 28/29/30 หรือ 31 วันอย่างอัตโนมัติ ซึ่งนอกจากนี้จะใช้งานเป็นฐานเวลานาฬิกา แล้ว ดีเอส1307 นี้ยังมี หน่วยความจำแรม (RAM) ขนาด 8 บิต จำนวน 56 ไบต์ สำหรับให้ผู้ใช้นำไปใช้งานเก็บข้อมูลได้อย่างอิสระ เช่น อาจนำไปใช้ในการเก็บค่าการตั้ง เวลา เพื่อใช้ตั้งเวลาเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น สำหรับคุณสมบัติโดยรวมของนาฬิกา เบอร์ดีเอส1307 มีคุณสมบัติที่น่าสนใจดังนี้

- เป็นนาฬิกาที่สามารถจะให้ข้อมูลออกมาเป็น วินาที นาที ชั่วโมง วันที่ สัปดาห์ เดือน และ ปี ซึ่งชดเชยค่าแล้ว สามารถใช้งานได้ถึงปี 2100
- มี แรม จำนวน 56 ไบต์
- สามารถตั้งโปรแกรมให้ส่งสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Square Wave) ออกที่เอาท์พุทได้
- สามารถตรวจสอบระบบไฟเลี้ยง และสลับไปใช้แบตเตอรี่ ได้โดยอัตโนมัติ
- เมื่อใช้พลังงานจากแบตเตอรี่จะใช้ไฟน้อยกว่า 500 นาโนแอมแปร์ที่ 25 องศาเซลเซียส

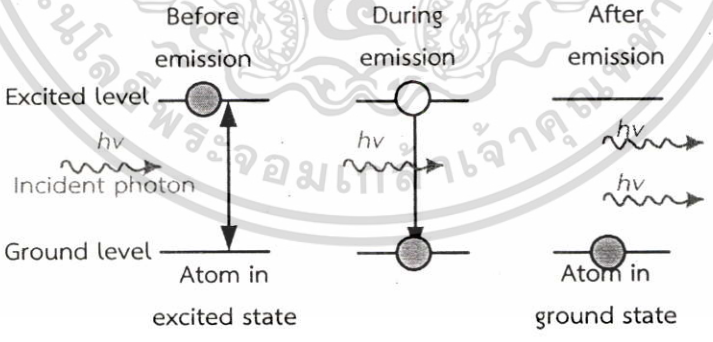
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถเลือกนาฬิกา เบอร์ ดีเอส1307 รุ่นที่ใช้งานในอุตสาหกรรมได้โดยสามารถใช้งาน อุณหภูมิได้ในช่วง –40 ถึง +85 องศาเซลเซียส
- ใช้การเชื่อมต่อแบบอนุกรม
- สามารถโปรแกรมการทำงานของนาฬิกาโนแบบ 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงได้
- ใช้งานกับความถี่ 32.768 เมกกะเฮิรตซ์

ดีเอส 1307 เป็นอุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับบัสแบบอนุกรมโดยที่จะทำตัวเข้าถึงข้อมูล ภายในจะสามารถทำได้โดยการส่งเงื่อนไข รหัสเลขประจำตัว และมีตำแหน่งเลขแอดเดรสของรีจิสเตอร์ ตามลำดับลงบนบัสแบบอนุกรม ที่มี ดีเอส1307 ต่อร่วมอยู่ โดยรีจิสเตอร์จะถูกเข้าถึงต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งเกิดเงื่อนไข ขึ้นในระบบบัสและเมื่อแรงดันที่ขา VCC ตกลงต่ำกว่าแรงดันที่ขา VBAT แล้ว ดีเอส1307 จะสลับตัวเองเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานและใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่ทำหน้าที่เป็นตัวไฟเลี้ยงสำรองเพื่อไม่ให้ข้อมูลผิดเพี้ยน แต่ในทางกลับกัน DS1307 นั้นจะกลับไปทำงานในโหมดปกติเมื่อมีแรงดันที่ขา VCC และขา VBAT ประมาณ 0.2 โวลต์

2.8 เลเซอร์

แสงเลเซอร์เป็นแสงประเภทความถี่เดียวมีแสงสีเดียวต่างจากแสงประเภทอื่น ๆ ที่มีองค์ประกอบสีของแสงหลายสีมีความเข้มมากกว่าแสงธรรมดามีความเบี่ยงเบนน้อยกว่าแสงปกติ และเดินทางออกจากแหล่งกำเนิดแสงในลักษณะที่ได้รับการจัดระเบียบให้พร้อมกันเป็นลำแสงแคบ ๆ แต่สามารถปรับขนาดของลำแสงให้ได้ตามความต้องการได้โดยเลเซอร์ (Laser) ตรงกับคำภาษาอังกฤษที่ว่า Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation ซึ่งแปลความได้ว่าการขยายแสงโดยอาศัยหลักการแผ่รังสีแบบกระตุ้น โครงสร้างของแสงเลเซอร์เกิดจากการกระตุ้นในระดับอะตอม



รูปที่ 2.14 กระบวนการเปล่งแสงแบบเร่งเร้า

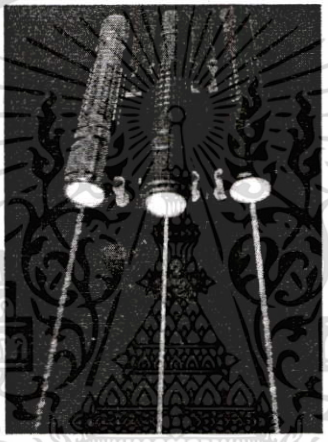
โดยปกติอะตอมหรือโมเลกุลจะอยู่ในชั้นพลังงานต่ำเสมอ (E1) แต่เมื่อถูกกระตุ้นจะในระดับอะตอมหรือโมเลกุล จะในชั้นพลังงานที่สูงกว่า (E2) แต่สำหรับการเปล่งแสงแบบเร่งเร้า (Stimulated Emission) ซึ่งเป็นหลักการของแสงเลเซอร์ เมื่ออะตอมหรือโมเลกุลขึ้นไปอยู่ที่ระดับพลังงานที่สูงกว่าใน E2 และมีการฉายแสงเข้าไปโดยแสงที่ฉายเข้าไปนั้นจะต้องมีค่าพลังเท่ากับผลต่างของชั้นพลังงาน E2-E1 ที่ อะตอมหรือโมเลกุลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูดกลืนเอาไว้ และแสงที่เข้าไปนี้เองที่จะทำให้อะตอมหรือโมเลกุลคาย พลังงานที่ดูดกลืนเอาไว้ก่อนเวลาทำให้เกิดแสงที่มีขนาดเท่าๆ กันทั้งแสงที่ถูกปล่อยออกมาและแสงที่ถูกฉายเข้าไปเพื่อเร่งเร้าทั้งพลังงานที่เท่ากัน มีทิศทางการเคลื่อนที่ในทางเดียวกัน และเฟสของคลื่นที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.14

2.8.1 เลเซอร์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Laser)

เลเซอร์สารกึ่งตัวนำดังรูปที่ 2.15 ซึ่งเป็นเลเซอร์ที่มีสารกึ่งตัวนำเป็นตัวกลางที่แสงสามารถเดินทางผ่านได้มีลักษณะคล้ายหลอดไฟขนาดเล็กแต่มีลักษณะจำเพาะ คือ จะให้แสงจากเลเซอร์ แบบนี้จะให้รังสีในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด คือ ประมาณ 650 – 900 นาโนเมตร ในเลเซอร์ประเภทสีแดง และมีความยาวคลื่น 900 – 1500 นาโนเมตร



รูปที่ 2.15 เลเซอร์สารกึ่งตัวนำ

ในเลเซอร์ประเภทสีเขียว ดังนั้นจึงมีการใช้งานที่แตกต่างกันตามลักษณะ และคุณสมบัติของค่าความยาวคลื่นนั้นโครงสร้างของเลเซอร์กึ่งตัวนำ ได้แก่ หัวต่อพีเอ็น (PN) แบบเฮตเตอโรจังชั่น (Hetero Junction) ทำให้ประสิทธิภาพของเลเซอร์ไดโอด มีค่าสูงขึ้น เพราะใช้กระแสที่เลเซอร์ไดโอดเริ่มทำงานน้อยลง การฉีดกระแสไฟฟ้าผ่านหัวต่อพีเอ็นของเลเซอร์ไดโอดเป็น เพื่อให้เกิดการรวมตัวของพาหะนำไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ และนำมาสู่การเปล่งแสง แสง ที่เปล่งออกมาจะถูกขยายสัญญาณให้มีความเข้มสูงขึ้น

2.8.2 เลเซอร์ประเภทแสงสีแดง

เลเซอร์ประเภทแสงสีแดง มีความยาวคลื่นอยู่ที่ 650 – 850 นาโนเมตร จัดว่ามี ความยาวคลื่นที่น้อยกว่า เลเซอร์ในสีประเภทอื่น เช่น เลเซอร์สีเขียวมีความยาวคลื่น อยู่ที่ 1,050 – 1,400 นาโนเมตร เลเซอร์สีแดงจึงเหมาะสมกับการนำ ไปในการวัดระยะวัดปริมาณ หมอกควัน มากกว่าเลเซอร์สีอื่น เพราะสามารถถูกลดทอนได้ง่ายจากสภาวะต่าง ๆ

2.8.3 การลดทอนของแสงเลเซอร์ (Laser Beam Attenuation)

การลดทอนของแสงเลเซอร์มีหลักการเดียวกับการลดทอนของแสงปกติ เมื่อแสงเดิน ทางผ่านตัวกลางชนิดต่างกัน เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านระหว่างตัวกลางที่ต่างกันนั้น ทำให้เกิดการลดทอนของแสง ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำแสงมีความสว่างน้อยลง หรือถ้าตัวกลางที่ต่างชนิดกันนั้นอยู่ในระนาบ เดียวจะเกิดการลดทอนของแสงที่ผ่านตัวกลางนั้น ๆ แต่ในกรณีของแสงเลเซอร์ที่วิ่งเป็นเส้นตรง จะเกิดจากการที่มีตัวกลางต่างชนิดมีขนาดใหญ่กว่าลำแสงของแสงเลเซอร์ จนทำให้เกิดการเปลี่ยนทิศทาง เช่น แสงเลเซอร์วิ่งผ่านผิวน้ำทำให้ลำแสงที่อยู่ใต้น้ำเปลี่ยนทิศทาง ไปยังทิศทางอื่น ส่วนในกรณีที่แสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดที่มีขนาดเล็กกว่าลำแสง จะทำให้เกิดการลดทอนค่าความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์

2.8.4 มาตรฐานทางทัศนวิสัย

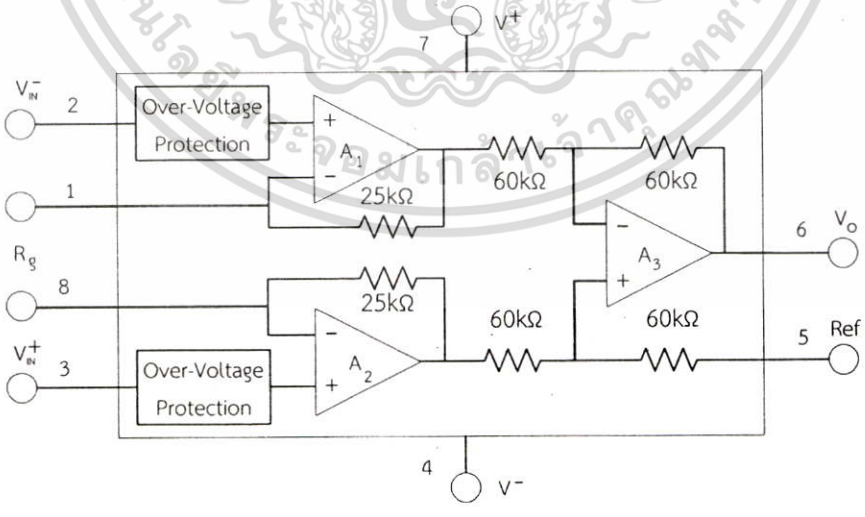
มาตรฐานทางทัศนวิสัย กำหนดขึ้นโดยสำนักงานอุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศสหรัฐ อเมริกา และมีการใช้อย่างแพร่หลายจนกำหนดชื่อขึ้นเป็น International Classification of Visibility จากตารางที่ 2.4 ของมาตรฐานทางทัศนวิสัย

ตารางที่ 2.4 International Classification of Visibility (Meteorological Office1969)

Visibility	Description	Visibility	Description
Less than 40 m	Dense Fog	2 ~ 4 km	Haze
40 ~ 200 m	Thick Fog	4 ~ 10 km	Poor Visibility
200 ~ 1000 m	Fog	10 ~ 40 km	Good Visibility
1 ~ 2 km	Mist	More than 40 km	Excellent Visibility

2.9 วงจรขยายอินสตรูเมนเตชั่น (Instrument Amplifier)

วงจรขยายอินสตรูเมนเตชั่นเป็นวงจรรวม (Integrated Circuit : IC) สำเร็จรูปเบอร์ ไอเอ็มเอ114 (INA 114) ของบริษัทเบอร์บราว์คอร์เปอร์เรชั่น โดยมีแผนผังวงจรดังรูปที่ 2.16

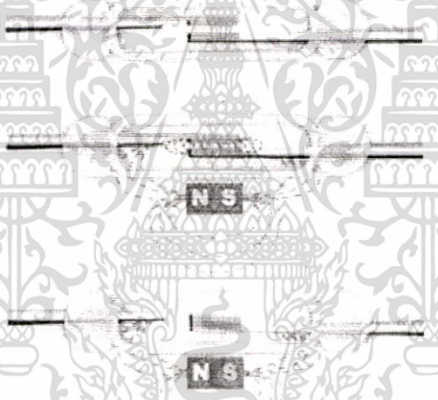


รูปที่ 2.16 วงจรขยายอินสตรูเมนเตชั่น (Instrument Amplifier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 รีดสวิตช์

รีดสวิตช์ (Reed Switch) คือ แม็กเนติกเซนเซอร์ที่มีลักษณะเป็นแบบหน้าสัมผัส ซึ่งโดยปกติทั่วไปแล้วจะเป็นหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open : NO) สวิตช์นี้จะทำงานโดยอาศัยสนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจจะเห็นแม่เหล็กถาวร หรือแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้ แผ่นหน้าสัมผัสจะทำมาจากสารที่มีผลต่อสนามแม่เหล็ก (ferromagnetic) และติดตั้งอยู่ภายในกระเปาะแก้วเล็ก ๆที่มีการเติมก๊าซเฉื่อย เพื่อทำให้การตัดต่อการส่งกระแสไฟฟ้าได้เร็วยิ่งขึ้น และสวิตช์ที่ควบคุมการทำงานโดยใช้แม่เหล็ก ในการใช้งาน จะยึดรีดสวิตช์ไว้ที่ตัวกระบอกสูบจากรูปที่ 2.17 โดยตัวกระบอกสูบต้องทำจากอลูมิเนียม ลูกสูบต้องมีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กถาวร ซึ่งการใช้รีดสวิตช์มีความสะดวกในเรื่องของการติดตั้งที่ง่ายกว่าลิมิตสวิตช์ทั่วไป การทำงาน เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่เข้าสุด อำนาจแม่เหล็กที่ตัวลูกสูบจะไปดึงดูดให้หน้าติดต่อของรีดสวิตช์ต่อกัน ซึ่งปกติหน้าติดต่อจะเป็นหน้าติดต่อปกติเปิด เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่มาตรงกับตำแหน่งของรีดสวิตช์ รีดสวิตช์ก็จะปิดวงจร และเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ออกไปตรงกับตำแหน่งของรีดสวิตช์ตัวนอก อำนาจแม่เหล็กของลูกสูบก็จะดึงดูดให้รีดสวิตช์ปิดวงจรเช่นกัน



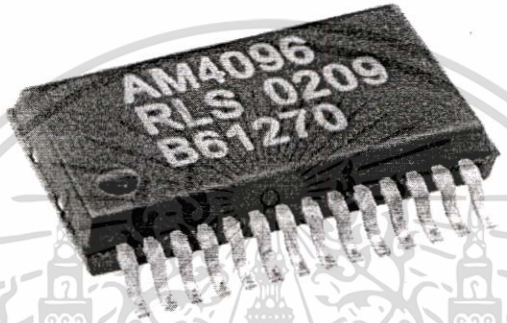
รูปที่ 2.17 การทำงานของรีดสวิตช์

2.11 อีอีพรอม (EEPROM)

อีอีพรอม (EEPROM) มาจาก Electrical Erasable Programmable Read Only Memory ดังรูปที่ 2.18 เป็นรอม (ROM) ที่ถูกพัฒนามาจาก อีพรอม (EPROM) แต่การใช้งานจะง่ายกว่าเนื่องจากเป็นการลงโปรแกรมและการเพิ่มโปรแกรมใหม่ด้วยกระแสไฟฟ้า ซึ่งการใช้งานจะง่ายกว่า ในปัจจุบันมีการใช้งาน อีอีพรอม แทน อีพรอม อย่างแพร่หลายเพราะความสะดวกในการใช้งานพร้อมกันนั้นยังมีคุณสมบัติที่ไม่แตกต่างจาก อีพรอม เลยแม้แต่น้อย สิ่งที่ทำให้ อีอีรอม (EEROM) โดดเด่นกว่า อีพรอม นั้นก็คือความสามารถในการลงโปรแกรมแก้ไขและลบโปรแกรมที่มีความเร็วและสะดวกกว่าแบบ อีพรอม แต่การลบข้อมูลของ อีอีพรอม นั้นจะเป็นการลบข้อมูลทั้งหมดเราไม่สามารถเลือกลบโปรแกรมบ้างส่วนได้ โดยอายุการใช้งานของ อีอีพรอม นั้นจะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของ อีอีพรอม ตัวนั้นจะกำหนดให้สามารถลบและเขียนข้อมูลได้สูงสุดเท่าไร อาทิ 10 ครั้ง หรือ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้ง ซึ่งความสามารถของอีอีพรอม อีกอย่างก็คือสามารถที่จะใช้ไฟฟ้าที่มีอยู่ในคอมพิวเตอร์ลบและลงโปรแกรมใหม่ได้ด้วย สำหรับอาดูโน่เป็น หน่วยความจำอีกอันหนึ่งซึ่งสามารถอ่านและเขียนโดยโปรแกรมที่ทำงานอยู่แต่ข้อจำกัดของมันคือต้องอ่านทีละ ไบต์ ทำให้เวลาใช้งานยุ่งยากหน่อยและการอ่านก็ช้ากว่า เอสแรม นอกจากนี้ก็ยังมีข้อจำกัดในการเขียนที่ 100,000 การอ่าน (write cycle) โดยในปัจจุบันเรายังสามารถเห็น อีพรอม ตามเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปได้อยู่ แต่ส่วนมากแล้วถ้าเป็นอุปกรณ์ที่ทันสมัยและต้องการความยืดหยุ่นในการใช้งานก็จะใช้รอมประเภท อีอีพรอม และ เอฟอีพรอม (FEPROM) เพราะทั้งสองแบบนี้สามารถเขียนและลบโปรแกรมได้ด้วยกระแสไฟฟ้านั่นเอง



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างชิป อีอีพรอม

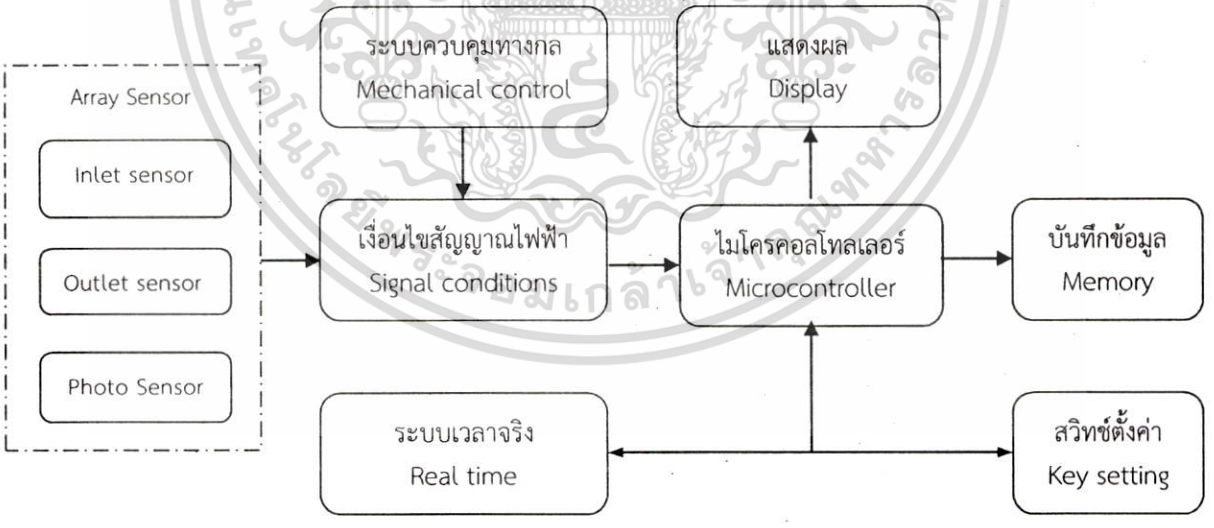
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการ และการออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการออกแบบระบบ ขอบเขตของระบบ การออกแบบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ การออกแบบโปรแกรม และโครงสร้างของระบบช่วยล้างไต ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญหลัก ๆ ในการออกแบบโครงการวิจัยเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมตามความต้องการที่สุด

3.1 การออกแบบขอบเขต และบล็อกไดอะแกรมของเครื่องช่วยล้างไต

ผู้วิจัยมีแนวคิดออกแบบโดยใช้อุปกรณ์ที่สามารถจัดหาในประเทศเพื่อลดต้นทุนแต่สำหรับต้นแบบต้องคิด ค้น ลองผิดลองถูกจึงจำเป็นต้องอาศัยงบประมาณในการศึกษาค้นคว้าวิจัยต้นแบบ ด้านสุขอนามัย หรือการลดการติดเชื้อนั้น สามารถทำได้หากผู้ป่วยมีความสะอาด ในกระบวนการล้างไตหรือเปลี่ยนน้ำยาพีดี ทั้งนี้ขั้นตอนการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาผู้ป่วยจะต้องสัมผัสกับข้อต่อสำหรับเปลี่ยนถ่ายนำยาล้างไต หรือน้ำยาพีดี ซึ่งเป็นจุดที่เพิ่มโอกาสในการติดเชื้อให้กับผู้ป่วยอย่างน้อย 6 ครั้ง ต่อการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาหนึ่งรอบ ในหนึ่งวันรวมอย่างน้อย 24 ครั้ง แต่สำหรับแนวคิดที่ผู้วิจัยออกแบบจะใช้ระบบการเปิด-ปิดทางกลและการควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์มาช่วยจึงลดการสัมผัส และโอกาสในการติดเชื้อทางข้อต่อนำน้ำยาพีดี เข้า-ออกช่องท้อง และใช้ระบบเซนเซอร์เพื่อตรวจวัดปริมาณนำยาเข้า-ออก ใช้การบันทึกข้อมูลต่างๆดังกล่าวในขอบเขตด้วยข้อมูลแบบดิจิตอลแพทย์สามารถดาวโหลดข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ได้ในรูปไฟล์เอกสาร และผู้ป่วยก็ไม่ต้องทำการบันทึกระบบจะบันทึกโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 3.1 แสดงไดอะแกรมกรอบแนวความคิดของโครงงานวิจัย

ทั้งนี้ผู้ป่วยโรคไตที่รับการบำบัดแบบการล้างไตผ่านช่องท้องจะต้องเข้าโครงการของ สปสช. ร่วมกับศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ ซึ่งในโครงการนี้ทุกเดือนผู้ป่วยจะต้องพบแพทย์เพื่อรายงานข้อมูลการบำบัด และ จะต้องมีการตรวจเยี่ยมบ้านผู้ป่วย ดังนั้นข้อมูลการรักษาเจ้าหน้าที่ ที่เดินทางไปเยี่ยมผู้ป่วยสามารถโหลดข้อมูลได้ทันที นอกจากนี้ระบบจะมีการตรวจสอบความขุ่นของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำยาพีดีที่ออกจากช่องท้องผู้ป่วย และแจ้งเตือนหากมีความขุ่นมากแสดงถึงโอกาสในการติดเชื้อของผู้ป่วยได้ ซึ่งระบบที่ออกแบบแสดงดังบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 1

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

Real time คือ ระบบฐานเวลาที่ใช้อ้างอิงเพื่อให้ระบบบันทึกข้อมูลวันที่ เวลาการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไต ปริมาณน้ำยาพีดีเข้า ปริมาณน้ำยาพีดีออก ในรอบวัน เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับแพทย์ในรอบหนึ่งเดือน เพื่อการประเมินดูแลผู้ป่วยโรคไตไตเรื้อรังที่รักษาด้วยการล้างไตผ่านช่องท้อง

ส่วน ระบบควบคุมทางกล คือ ระบบกลไกที่ออกแบบเพื่อเปิด-ปิด ปล่อยน้ำยาพีดีออกจากช่องท้องของผู้ป่วย หรือนำน้ำยาพีดีเข้าช่องท้องของผู้ป่วย

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

จากการศึกษา และลองผิดลองถูกออกแบบทำให้ได้ข้อสรุปเบื้องต้นของเครื่องล้างไตทางหน้าท้อง โดย จะมีการทำงานสองระบบ คือ ระบบชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกข้อมูลและระบบแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไตทางหน้าท้อง การทำงานแบบชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกข้อมูลของเครื่องล้างไตทางหน้าท้อง จะเริ่มทำงาน เมื่อกดสวิตช์ (Switch) เปิดเครื่อง แล้วสวิตช์จะส่งค่าข้อมูลการทำงานไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำตามโปรแกรมควบคุมที่กำหนดไว้แล้ว และส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Memory Card) จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สั่งให้ทำในขั้นตอนต่อไป จนถึงขั้นตอนสุดท้ายเมื่อกดสวิตช์จะทำให้หน้าจอจะแสดงปริมาณน้ำที่บริโภคต่อวัน ในส่วนของการทำงานแบบระบบแจ้งเตือนการเปลี่ยนจ่ายน้ำยาล้างไตทางหน้าท้อง เมื่อกดสวิตช์ แล้วสวิตช์ที่ได้รับค่ามาแล้วจะส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำตามโปรแกรมควบคุมที่กำหนดไว้ โดยจะมีการแจ้งเตือนต่าง ๆ ในการกดผ่านทางหลอดไฟ (LED) และจะมีเซ็นเซอร์ (Sensor) ตรวจเชื้อ ซึ่งจะแจ้งเตือนเมื่อมีโอกาสการติดเชื้อเกิน 50% และในส่วนของการบอกระดับแบตเตอรี่นั้นจะแสดงผลผ่านหน้าจอแสดงผลดังรูปที่ 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)
- วงจรขยายอินสตรูเมนเตชั่น (Instrument Amplifier Circuit) ทำหน้าที่เป็นตัวขยายค่าแรงดันไฟฟ้าจากโหลดเซลล์แล้วส่งต่อไปอ่านยังไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 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

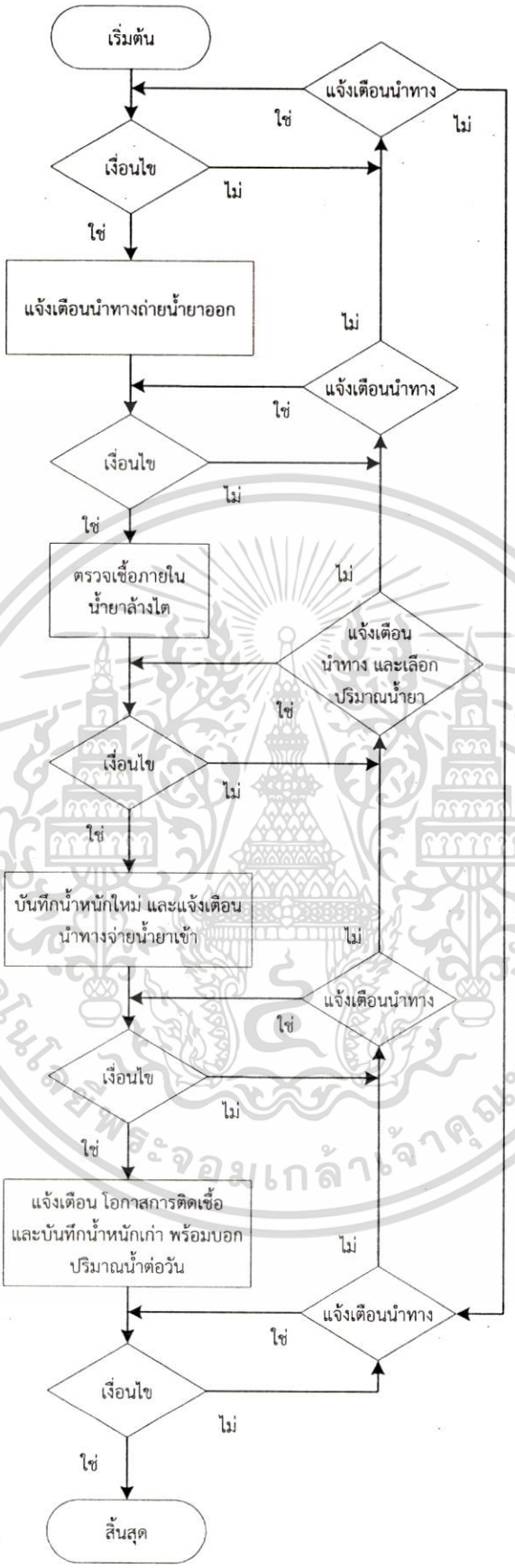
3.1.2 ส่วนแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต (The Notification System)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ผังงาน (Flowchart) ของระบบช่วยล้างไต

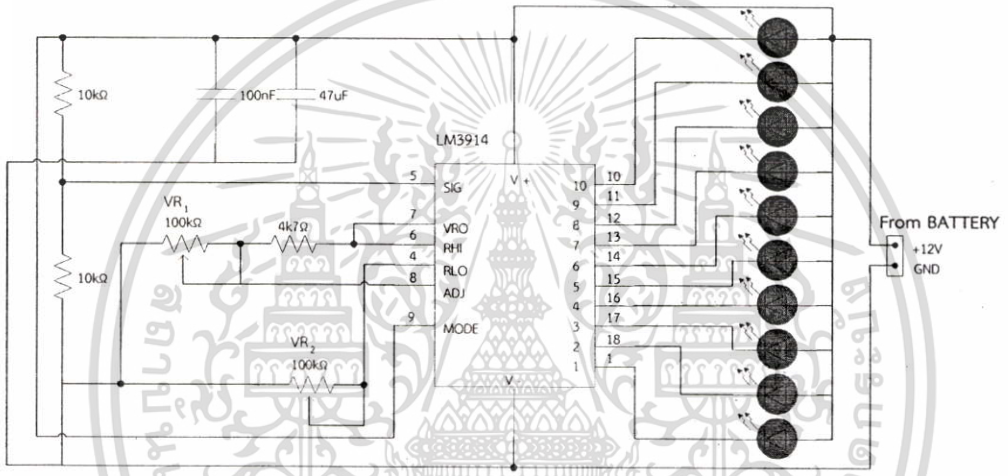
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ซึ่งจะต่อเข้ากับแบตเตอรี่โดยตรง และจะมีหลอดไฟแสดงตามระดับแรงดันคงเหลือในแบตเตอรี่



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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times Rb}{(Ra + Rb)} \quad (3.2)$$

เมื่อ Ra = ค่าความต้านทานภายในตัวไอซีมีค่า 1 กิโลโอห์ม จำนวน 10 ตัว เท่ากับ 10 กิโลโอห์ม

Rb = ตัวต้านทานที่ต้องการหาในที่นี่คือ 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

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

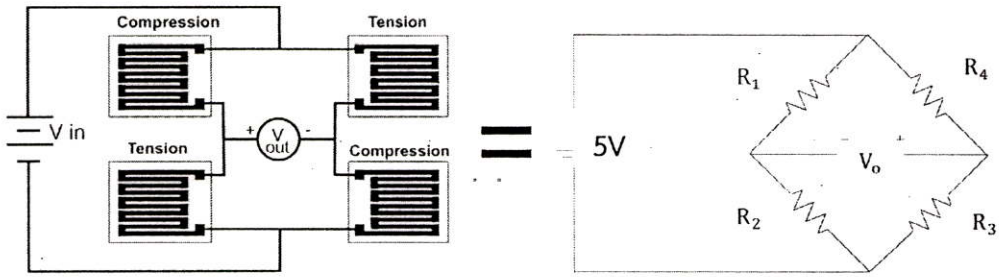
จะได้ค่า VR_2 = 28.5 กิโลโอห์ม หรือมากกว่า ซึ่งในที่นี้ใช้ตัวต้านทานปรับค่า 25 รอบ 100 กิโลโอห์ม เป็นตัวกำหนดแรงดันต่ำสุด

โดยจากการคำนวณองค์ประกอบต่าง ๆ ของวงจรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่จะทำให้สามารถออกแบบวงจรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับขนาดแรงดันแบตเตอรี่ 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 หรือสามารถทราบได้จากการคำนาณต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

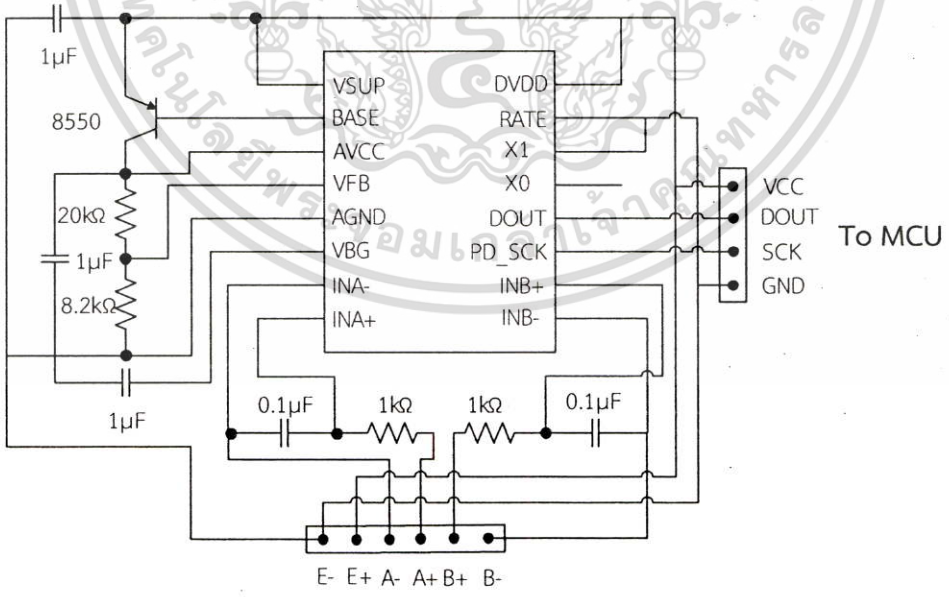
จากการใช้งานของโหลดเซลล์แรงกระทำต่อโหลดเซลล์ (Load Cell) ที่น้ำหนัก เมื่อต้องการทราบค่าสัญญาณไฟสูงสุดของน้ำหนักสูงสุด (Full Load) โดยจากคู่มือการใช้งานอุปกรณ์สามารถทราบถึงค่าความละเอียดแรงดันเท่ากับ 2 มิลลิโวลต์ต่อโวลต์ (mV/V) และใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์

แรงดันที่จะได้เท่ากับ Full Load = 2 mV/V x 5 V

Full Load = 10 mV

3.2.3 วงจรขยายอินสตรูเมนเตชั่น

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



รูปที่ 3.5 วงจรขยายอินสตรูเมนเตชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

$$\text{Gain} = 501 \text{ เท่า}$$

สำหรับการใช้งานวงจรขยายอินสตรูเมนเตชั่น ต้องการใช้อัตราขยาย 501 เท่า ซึ่งจากดาต้าชีสวงจรบริดจ์ดังรูปที่ 3.5 ใช้มีค่าความต้านทาน $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 120$ โอห์ม (Ω) จะได้แรงดันที่โวลต์มิเตอร์ (Volt Meter) หรือ V_o จากวงจร พบว่า = 2.5 โวลต์

เมื่อ W = 0 กรัม, V_o = 2.5 V

จะได้ $= 2.5 - 2.5 = 0$ V

เมื่อ W = 10,000 กรัม, V_o = 7.5 V

จะได้ $= 7.5 - 2.5 = 5$ V $= 5,000$ mV

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

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

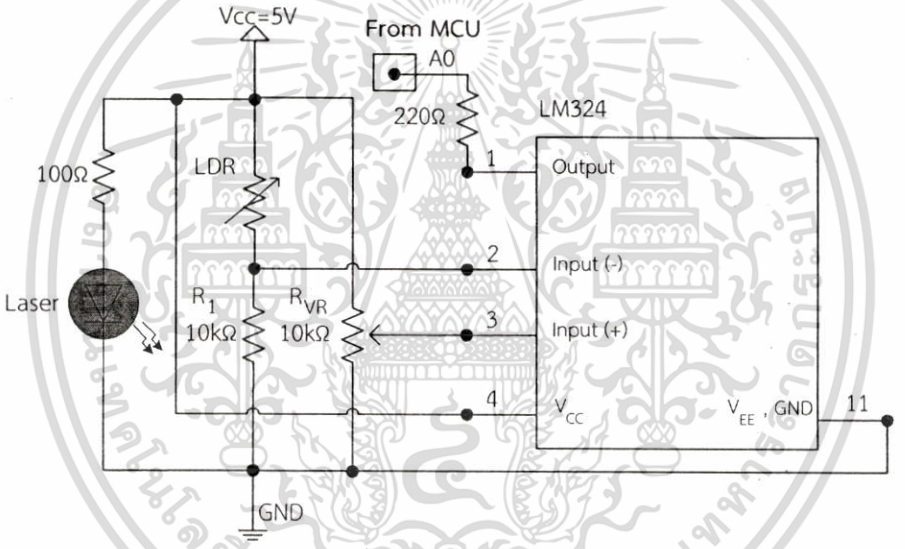
3.2.4 วงจรเซ็นเซอร์วัดแสง

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

เมื่อกำหนดแรงดันมาตรฐานจากการทดลองที่ 4 เท่ากับ 4.4 โวลต์ ที่ขา 3

ดังนั้น ถ้าต้องการไม่ให้สวิตช์ทำงาน แรงดันจากแอลดีอาร์ ต้องสูงกว่า 4.4 โวลต์

ถ้าต้องการให้สวิตช์ทำงาน แรงดันจากแอลดีอาร์ ต้องต่ำกว่า 4.4 โวลต์



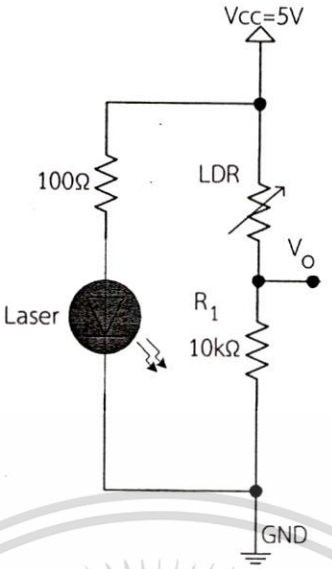
รูปที่ 3.6 วงจรเซ็นเซอร์วัดแสง

ค่าความต้านทานของแอลดีอาร์ (LDR) นี้เปลี่ยนไปตามความสว่างของแสงที่ตกบนตัวแอลดีอาร์ ดังนี้

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

โดยแรงดันที่ใช้ทำการเปรียบเทียบนั้นได้มาจากการแบ่งแรงดันจากรูปที่ 3.7 ในกรณีที่ต้องการให้สวิตช์ไม่ทำงานเมื่อกำหนดให้แรงดันจากแอลดีอาร์ที่ต่ำกว่า 4.4 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรแอลดีอาร์

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

จากสมการที่ 3.2

$$V_{2,3} = \frac{V_{in} \times R_1}{(R_1 + R_{LDR})}$$

$$4.4 = \frac{5 \times R_{10k}}{(R_1 + 1k)}$$

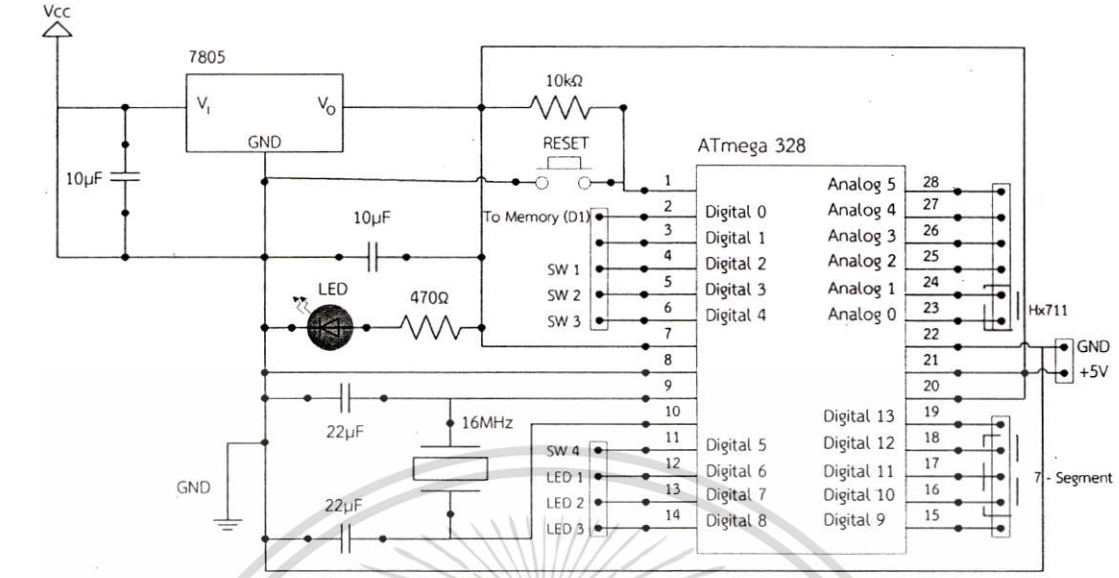
$$R_1 = 7{,}333.33\ \Omega \text{ หรือประมาณ } 7.3\ k\Omega$$

โดยจากการคำนวณองค์ประกอบต่าง ๆ ของวงจรแอลดีอาร์จะทำให้สามารถออกแบบวงจรแอลดีอาร์ได้ดังรูปที่ 3.7 ซึ่งจากวงจรแอลดีอาร์ที่ผ่านการคำนวณมาแล้ว สามารถนำมาสร้างเป็นวงจรแอลดีอาร์ โดยสามารถนำอุปกรณ์ต่าง ๆ มาประกอบกับแผงวงจรของวงจรแอลดีอาร์ที่ได้ออกแบบมาประยุกต์ใช้ในการบอกโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ป่วย โดยใช้หลักการความแตกต่างของความเข้มแสง

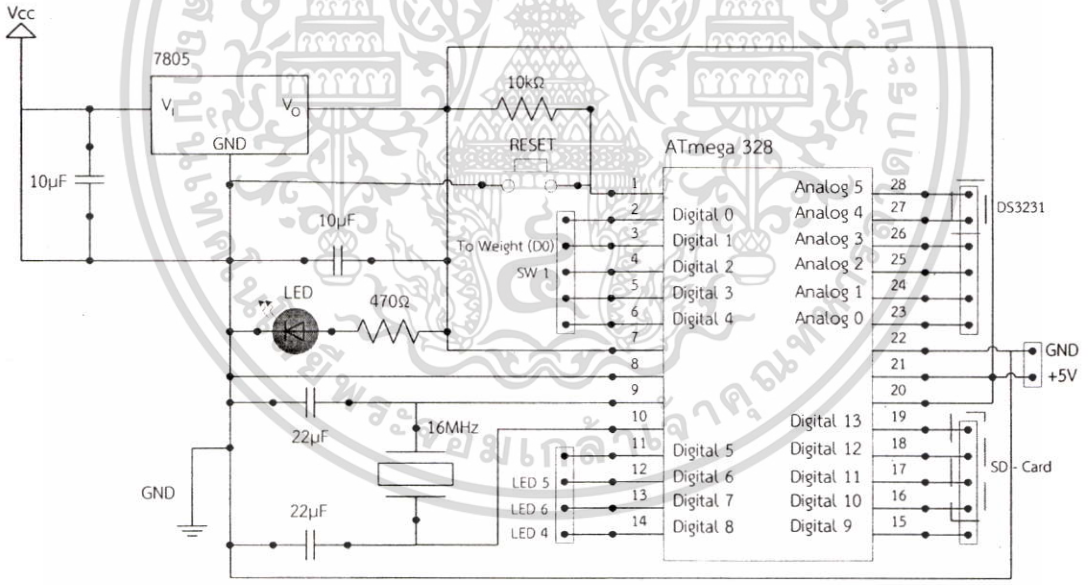
3.2.5 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่ (ส่วนชั่งน้ำหนัก)



รูปที่ 3.9 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่ (ส่วนบันทึกข้อมูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจากศึกษาข้อมูลของการทำวงจรเก็บไฟสำรองจากแบตเตอรี่ในการนำวงจรไปใช้ชาร์จพลังงานไฟสำรองให้เหมาะสมกับการใช้งานแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ กระแส 2 แอมป์ โดยการนำวงจรมาออกแบบวงจรไฟฉุกเฉินที่สามารถสลับการใช้งานระหว่างไฟบ้านกับไฟจากแบตเตอรี่

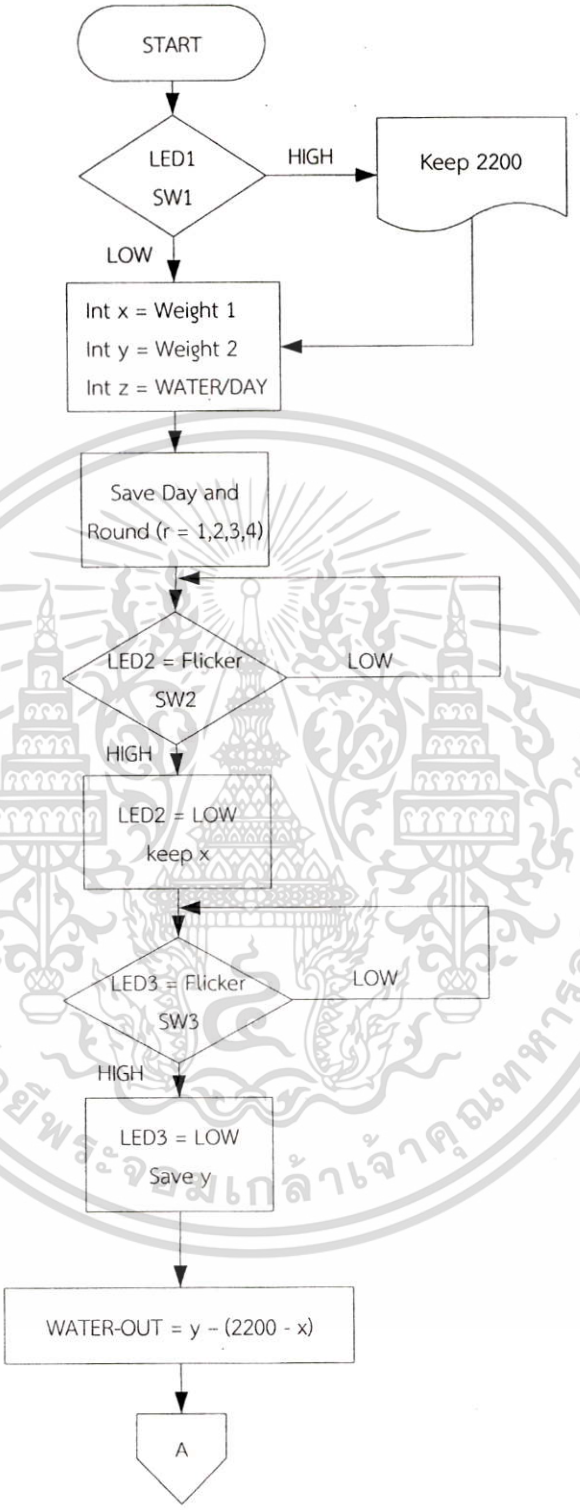
3.3 การออกแบบโปรแกรม

การออกแบบโปรแกรมเป็นการออกแบบสมองสั่งงานระบบภายในวงจรที่จะคอยควบคุมการทำงานภายในส่วนต่าง ๆ ของระบบเครื่องช่วยล้างไต โดยจะมีการสั่งการในระบบชั่งน้ำหนักที่มีการแสดงผลบนหน้าจอ 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 ในส่วนชั่งน้ำหนักที่จะรวมระบบชั่งหนัก และระบบบันทึกข้อมูลเข้าด้วยกัน ซึ่งในส่วนนี้จะสามารถแสดงค่าน้ำหนักพร้อมบันทึกข้อมูลได้ในตัวดังรูปที่ 3.12 และในส่วนแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไตจะเป็นส่วนที่สามารถแสดงขั้นตอนการล้างไตตามลำดับ พร้อมบอกโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ป่วยดังรูปที่ 3.13

จากรูปที่ 3.12 ผังงานของส่วนชั่งน้ำหนักน้ำยาล้างไต เป็นโปรแกรมชั่งน้ำหนักค่าน้ำยาล้างไตทั้งน้ำยาที่ออกมาจากท้องผู้ป่วย และน้ำหนักค่าน้ำยาที่จะนำเข้าไปในท้องผู้ป่วย พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลค่าน้ำหนักของน้ำยาล้างไต และประมวลผลการคำนวณค่าต่าง ๆ ที่ได้รับจากการชั่งน้ำหนักน้ำยาล้างไต โดยมีลำดับการทำงานของส่วนชั่งน้ำหนักให้แสดงค่าน้ำหนัก ณ ปัจจุบันตลอดการทำงาน และกดสวิตช์ เพื่อบันทึกค่าน้ำหนักน้ำยาที่จะนำเข้าท้องก่อนที่จะกดสวิตช์ เพื่อบันทึกค่าน้ำหนักน้ำยาที่ออกจากท้อง และนำค่าที่บันทึกได้มาทำการประมวลผลการคำนวณผลกำไร หรือขาดทุน ผลรวมของกำไร และขาดทุนในแต่ละวัน แล้วนำผลรวมมาคำนวณค่าปริมาณน้ำที่ผู้ป่วยควรบริโภคต่อวัน และแสดงค่าปริมาณน้ำที่ผู้ป่วยสามารถบริโภคได้

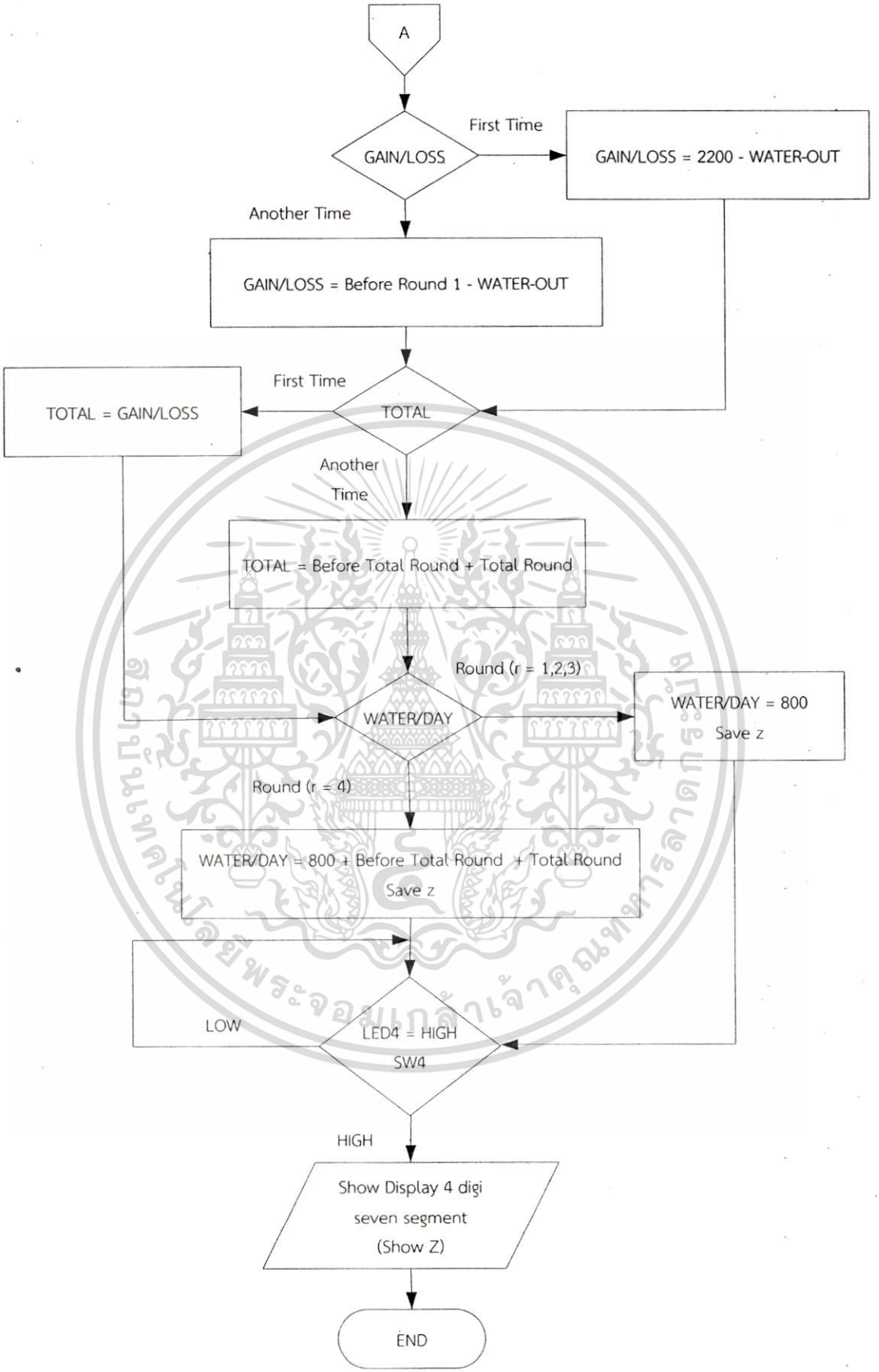
จากรูปที่ 3.13 ผังงานของส่วนเปลี่ยนน้ำยาล้างไต เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการแจ้งเตือนการนำทางเปลี่ยนของน้ำยาล้างไต พร้อมการแจ้งเตือนช่วยการบันทึกค่าน้ำหนักของน้ำยาล้างไต และการแจ้งเตือนโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อของน้ำยาล้างไต โดยมีลำดับการทำงานให้แจ้งเตือนการนำทางน้ำยาล้างไตออกจากท้องของผู้ป่วยพร้อมตรวจสอบโอกาสความเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ป่วยโดยตรวจสอบจากคุณลักษณะของน้ำยาล้างไต อาทิ สีของน้ำยาล้างไต และตะกอนภายในน้ำยาที่ออกมาจากท้องของผู้ป่วย แจ้งเตือนการล้างน้ำยาล้างไตเก่าออกจากข้อต่อรูปตัววายพร้อมทิ้งน้ำยาล้างไต เพื่อเลือกปริมาณน้ำหนักน้ำยาล้างไตที่ต้องการใช้งาน แจ้งเตือนการบันทึกน้ำหนักน้ำยาล้างไตก่อนนำน้ำยาล้างไตเข้าเพื่อเก็บค่าน้ำหนักสุทธิ แจ้งเตือนการนำทางน้ำยาล้างไตเข้าท้องของผู้ป่วย และแจ้งเตือนการบันทึกน้ำหนักน้ำยาล้างไตที่ออกมาจากช่องท้องผู้ป่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



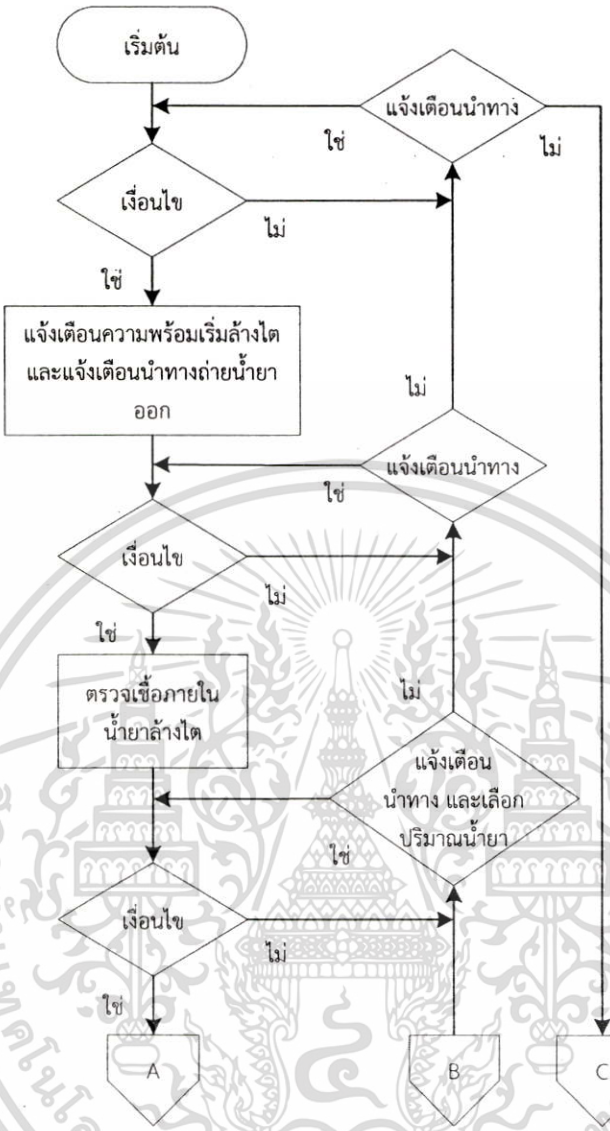
รูปที่ 3.12 ผังงาน (Flowchart) โปรแกรมของระบบช่วยล้างไต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



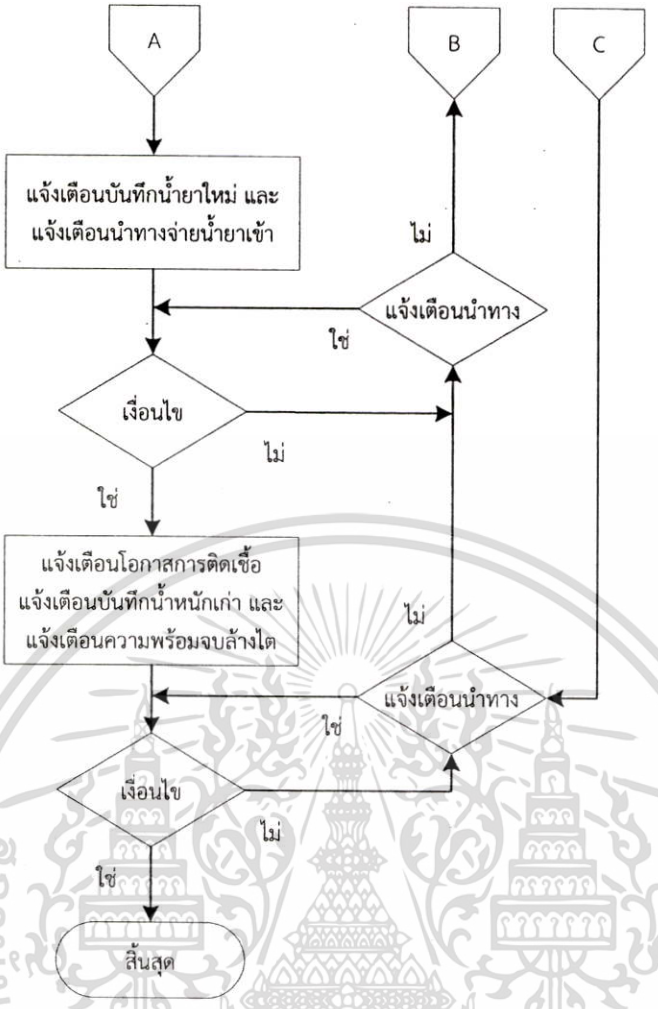
รูปที่ 3.12 (ต่อ) ผังงาน (Flowchart) ของโปรแกรมส่วนชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ผังงาน (Flowchart) ของโปรแกรมส่วนเปลี่ยนน้ำยาล้างไต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 (ต่อ) ผังงาน (Flowchart) ของโปรแกรมส่วนเปลี่ยนน้ำยาล้างไต

3.3.1 ปริมาณน้ำที่ผู้ป่วยควรบริโภคต่อวัน

น้ำที่ผู้ป่วยโรคไตวายควรบริโภคต่อวันนั้น เป็นน้ำที่ได้จากทุก ๆที่ อาทิเช่น น้ำดื่ม น้ำจากแกงจืด น้ำจากข้าว เป็นต้น โดยที่ผู้ป่วยจะต้องรักษาการควบคุมระดับการบริโภคของน้ำในแต่ละวันให้อยู่ในความพอดี เนื่องจาก ในกรณีที่ผู้ป่วยได้รับน้ำมากเกินไป ผู้ป่วยจะมีอาการบวมน้ำ และในกรณีที่ผู้ป่วยได้รับน้ำน้อยจนเกินไป ผู้ป่วยจะมีอาการขาดน้ำ โดยในทั้งสองกรณีเป็นอาการเสี่ยงต่อผู้ป่วย ปริมาณน้ำสำหรับผู้ป่วยดังสมการที่ 3.5 (ใช้หน่วยมิลลิลิตร)

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ปริมาณน้ำยาล้างไต

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

<u>ถุงใหม่</u>

$$\text{Water-in} = \text{Last-weight} \tag{3.6}$$

<u>ถุงทิ้งน้ำยา</u>

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

โดย Water-in = น้ำยาล้างไตช่วงเข้าช่องท้อง
Water-out = น้ำยาล้างไตช่วงออกช่องท้อง
Last-weight = ค่าน้ำหนักถุงน้ำยาใหม่ที่ชั่งได้จากครั้งก่อน
Weight-old = ค่าน้ำหนักถุงทิ้งน้ำยาที่ชั่งได้ ณ ปัจจุบัน
Weight-new = ค่าน้ำหนักถุงน้ำยาใหม่ที่ชั่งได้ ณ ปัจจุบัน

3.3.3 โอกาสในการติดเชื้อของผู้ป่วย

การติดเชื้อของผู้ป่วยว่าสามารถมีโอกาสที่จะติดเชื้อได้หรือไม่จะสามารถดูได้จากน้ำยาล้างไตที่ออกมาจากช่องท้องโดยที่จะสังเกตได้จาก สี ตะกอน ลิ่มเลือด ความขุ่น เป็นต้น ซึ่งในที่นี่เราจะใช้ความผิดปกติของน้ำยาล้างไต 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำยาล้างไตที่ออกมาจากช่องท้องของผู้ป่วย เมื่อเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ จะแจ้งเตือนโอกาสการติดเชื้อให้กับผู้ป่วย โดยใช้หลักการตรวจวัดในช่วงการไหลของน้ำยาล้างไตภายในสายยาง โดยใช้สมการ 3.8 ในการหาโอกาสความเสี่ยงของการติดเชื้อของผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรัง

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

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

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

$$\text{Infect} = 50$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นสามารถบอกได้ว่าขอบเขตของการติดเชื้อในการล้างไตรอบนี้อยู่ที่ 50 ซึ่งจากข้างต้นแล้วค่าการติดเชื้ออยู่ที่ 40 ทำให้สามารถบอกความเสี่ยงของโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อได้ว่า "ไม่ติดเชื้อ" (40 < 50) โดยสามารถสรุปได้จากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

- เมื่อมีค่าการติดเชื้อมีมากกว่าค่าขอบเขตของการติดเชื้อจะบอกได้ว่า "ติดเชื้อ"
- เมื่อมีค่าการติดเชื้อมีน้อยกว่าค่าขอบเขตของการติดเชื้อจะบอกได้ว่า "ไม่ติดเชื้อ"

การตรวจสอบโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ป่วยนั้น เป็นการตรวจสอบในรูปแบบความเข้มแสงของน้ำยาล้างไตภายในสายยางล้างไตทางถุงน้ำยาล้างไตที่ออกมาจากช่องท้องของผู้ป่วย โดยสมการที่ 3.8 จะนำไปใช้ในการตรวจสอบโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ป่วย ซึ่งมีการทดลองจากการทดลองที่ 4 โดยระบบการตรวจสอบนี้สามารถระบุโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อได้ในระดับหนึ่ง และสามารถใช้ระบบการตรวจโอกาสเสี่ยงการติดเชื้อนี้ได้กับสายยางของบริษัท แบ็กซ์เตอร์ เฮลธ์แคร์ จำกัด และบริษัท เฟรซีเนียส เมดิคอลแคร์ จำกัด

3.4 การออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้างเป็นการออกแบบร่างกายของระบบที่จะคอยรองรับการทำงานของส่วนต่าง ๆ ของระบบเครื่องช่วยล้างไต ซึ่งจะมีการออกแบบโครงสร้างให้เหมาะสมกับรูปแบบของการใช้งานของเครื่องช่วยล้างไต และขั้นตอนการล้างไตทางช่องท้องของผู้ป่วย ซึ่งเป็นปัจจัยหลักสำคัญในความเหมาะสมต่อการใช้งานในการทำงาน และการแสดงผลในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องช่วยล้างไต เพื่อที่จะได้สามารถใช้งานในการทำงานของขบวนการการทำงานของการล้างไตทางช่องท้องของผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และมีปลอดภัยต่อการใช้งานของเครื่องช่วยล้างไตสำหรับผู้ป่วยที่ใช้วิธีการล้างไตทางช่องท้อง โดยมีการออกแบบแนวทางของโครงสร้างของเครื่องช่วยล้างไตดังรูปที่ 3.14 และมีแนวทางการสร้าง และพัฒนารูปแบบของอุปกรณ์ในการช่วยเหลือผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังที่ใช้วิธีการล้างไตทางช่องท้องดังต่อไปนี้

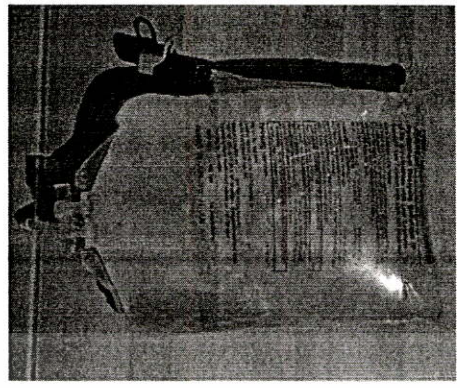
รูปที่ 3.14 โครงสร้างของเครื่องช่วยล้างไต

3.4.1 แนวทางการล้างไตรูปแบบดั้งเดิม

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก่า และน้ำยาใหม่ไปชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกผลลงในสมุดบันทึกของผู้ป่วยดังรูปที่ 3.16 ซึ่งมีข้อดี และข้อเสียดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.15 ถุงน้ำยาล้างไตแบบถุงคู่ (Twin Bag)

ข้อดีของวิธีการล้างไต

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

ข้อเสียของการล้างไต

- ในการเปลี่ยนจ่ายน้ำยาล้างไตมีหลายขั้นตอนในการล้างไต (วิธีการจำขั้นตอน)
- ในการล้างไตมีการจับข้อต่อรูปตัววายประมาณ 6 ครั้งต่อรอบ (เสี่ยงติดเชื้อ)
- ในขั้นตอนการชั่งน้ำหนักน้ำยาล้างไตจะทำให้ผู้ป่วยมีความลำบากต่อการล้างไต
- ในการบันทึกผลข้อมูลผู้ป่วยจะต้องบันทึกค่า และคำนวณค่าด้วยตัวเอง

ก. ข. ค.

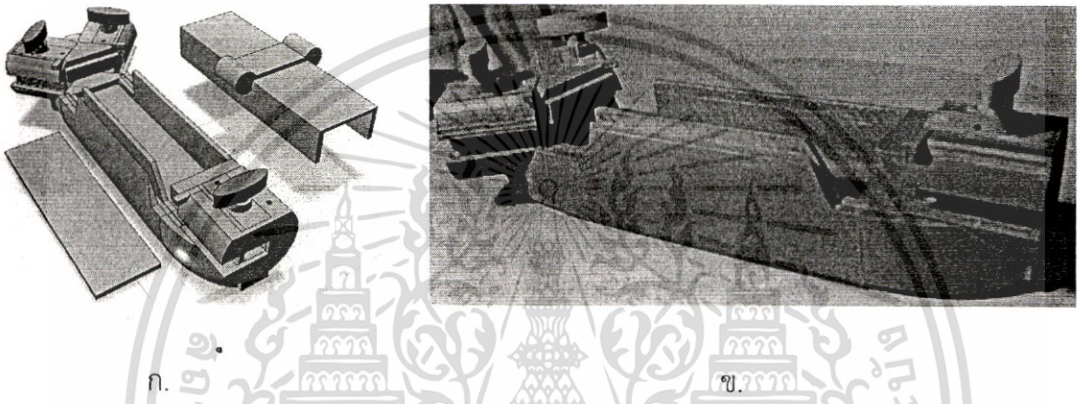
รูปที่ 3.16 ตัวอย่างอุปกรณ์ต่าง ๆ
ก. อุปกรณ์หนีบสายยาง
ข. ที่ชั่งน้ำหนัก
ค. สมุดบันทึกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

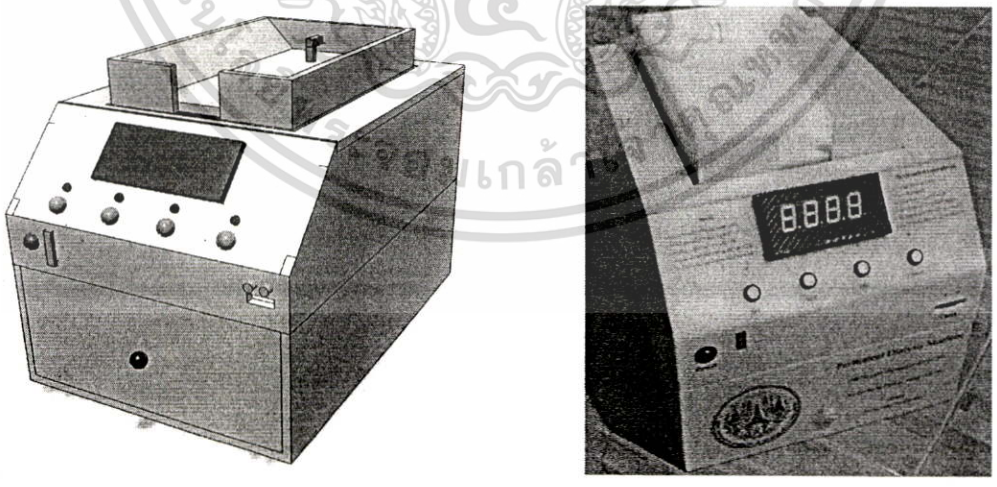
3.4.2 แนวทางการล้างไตรูปแบบกึ่งอัตโนมัติ

เป็นวิธีการที่มีการพัฒนา และปรับปรุงมาจากการล้างไตทางช่องท้องของผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังด้วยเครื่องเปลี่ยนน้ำยาล้างไตแบบอัตโนมัติ โดยใช้อุปกรณ์หนีบมาหนีบถุงน้ำยาล้างไตแบบถุงคู่ (Twin Bag) แบบกึ่งอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 3.17



ก. ข.

รูปที่ 3.17 ส่วนแจ้งเตือนลำดับการเปลี่ยนน้ำยาล้างไต
ก. แบบจำลองอุปกรณ์แจ้งเตือนลำดับการเปลี่ยนน้ำยาล้างไต
ข. ต้นแบบอุปกรณ์แจ้งเตือนลำดับการเปลี่ยนน้ำยาล้างไต



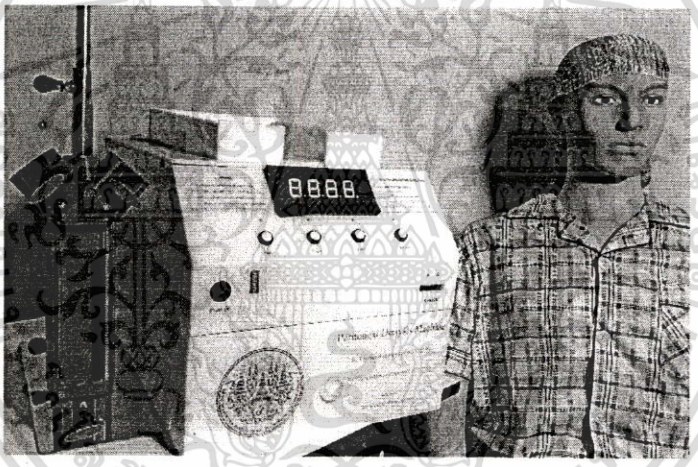
ก. ข.

รูปที่ 3.18 ต้นแบบระบบชั่ง และบันทึกข้อมูลน้ำหนักของน้ำยาล้างไต
ก. แบบจำลองต้นแบบระบบชั่ง และบันทึกข้อมูลน้ำหนักของน้ำยาล้างไต
ข. ต้นแบบต้นแบบระบบชั่ง และบันทึกข้อมูลน้ำหนักของน้ำยาล้างไต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลอง และผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองเพื่อเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติความสามารถต่าง ๆ ของเครื่องช่วยล้างไตทางช่องท้อง อาทิ ช่วงเวลาน้ำยาเข้า-ออก เกณฑ์กำหนดโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อ เป็นต้น และทดสอบประสิทธิภาพการทำงานในการใช้งานต่าง ๆ ของเครื่องช่วยล้างไตทางช่องท้อง อาทิ การตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานในส่วนชั่งน้ำหนักน้ำยาล้างไต และการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานในส่วนการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต

4.1 การทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพความเที่ยงตรงระบบชั่งน้ำหนัก

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพความเที่ยงตรงส่วนชั่งน้ำหนักเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการประมวลค่าน้ำหนักพร้อมแสดงผลบนหน้าจอแสดงค่าน้ำหนัก โดยการทดสอบนี้จะเป็นการสอบเทียบ ตั้งแต่พิกัด 10 กรัม จนถึง 4.5 กิโลกรัมดังรูปที่ 4.1 ซึ่งใช้ค่าน้ำหนักของลูกเหล็กถ่วงมาตรฐาน ระดับ F2 ที่ใช้ในการทดสอบเทียบของงานชั่งต่าง ๆ อาทิ ร้านเพชร ร้านทอง ร้านยา เป็นต้น และขวดบรรจุน้ำอ้างอิงค่าน้ำหนักจากลูกเหล็กถ่วงมาตรฐาน เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนในระดับน้อยจึงนำมาทำการทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องชั่งน้ำหนักน้ำยาล้างไตที่มีสามารถในชั่งค่าน้ำหนักสูงสุด 4 กิโลกรัม และความละเอียด 10 กรัม*

ก. ข.

รูปที่ 4.1 อุปกรณ์การทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพความเที่ยงตรงส่วนชั่งน้ำหนัก
ก. ลูกเหล็กถ่วงมาตรฐาน ระดับ F2
ข. ส่วนชั่งน้ำหนักของเครื่องช่วยล้างไต

4.1.1 วิธีการทดลอง

- เตรียมอุปกรณ์ทดสอบตรวจสอบประสิทธิภาพความเที่ยงตรงส่วนชั่งน้ำหนักดังรูปที่ 4.1 โดยใช้ลูกตุ้มน้ำหนักมาตรฐานทดสอบขนาด 10 20 20 50 200 200 500 กรัม รวม 1,000 กรัม และขวดที่ใส่น้ำเทียบลูกตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน ขนาด 500 1,500 1,500 กรัม รวม 3,500 กรัม

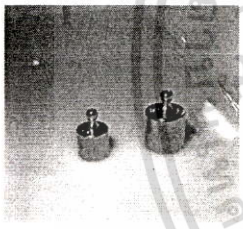
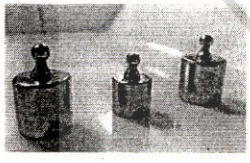
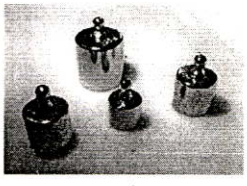
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*หมายเหตุ: ไม่ควรนำวัตถุอื่นมาชั่งน้ำหนัก และวัตถุไม่ควรหนักเกิน 4000 กรัม

- ทดสอบในค่าน้ำหนักที่ 10 30 50 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 3,500 4,000 4,500 กรัม ตามลำดับ
- ทดสอบตรวจสอบประสิทธิภาพความเที่ยงตรงของการชั่งน้ำหนัก จำนวน 5 ครั้ง ต่อ 1 ค่าน้ำหนักที่ใช้ในการชั่งน้ำหนัก
- บันทึกผลที่ได้ลงในตารางเก็บผลตามตารางที่ 4.1

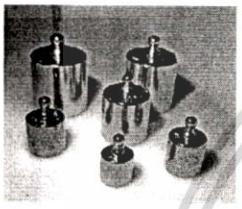
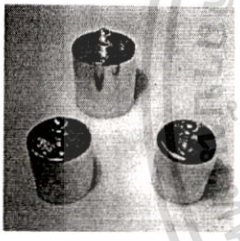
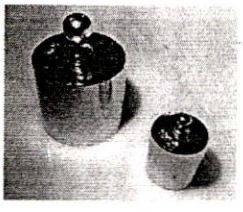
4.1.2 บันทึกผลการทดลอง จากการทดลองสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพค่าน้ำหนักได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าน้ำหนักที่ชั่งเทียบกับลูกตุ้มมาตรฐาน

ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก	ครั้งที่ทำการทดลอง					ค่าน้ำหนัก
	1	2	3	4	5	
ขนาด 10 g	√	√	√	√	√	แสดง 10
 ขนาด 30 g	√	√	√	√	√	แสดง 30
 ขนาด 50 g	√	√	√	√	√	แสดง 50
 ขนาด 100 g	√	√	√	√	√	แสดง 100

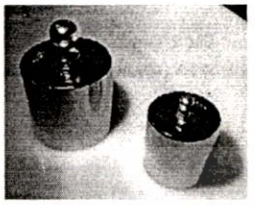
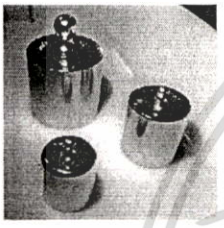
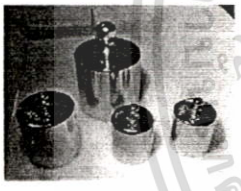
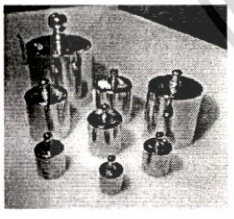
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าน้ำหนักที่ชั่งเทียบกับลูกตุ้มมาตรฐาน

ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก	ครั้งที่ทำการทดลอง					ค่าน้ำหนัก
	1	2	3	4	5	
ขนาด 200 g	√	√	√	√	√	แสดง 200
 ขนาด 300 g	√	√	√	√	√	แสดง 300
 ขนาด 400 g	√	√	√	√	√	แสดง 400
ขนาด 500 g	√	√	√	√	√	แสดง 500
 ขนาด 600 g	√	√	√	√	√	แสดง 600

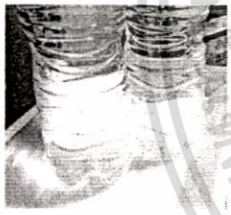
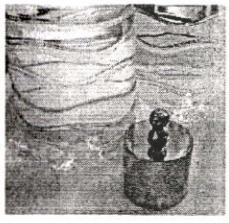
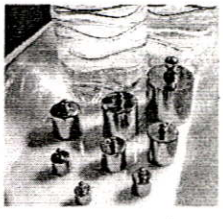
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าน้ำหนักที่ชั่งเทียบกับลูกตุ้มมาตรฐาน

ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก	ครั้งที่ทำการทดลอง					ค่าน้ำหนัก
	1	2	3	4	5	
 ขนาด 700 g	√	√	√	√	√	แสดง 700
 ขนาด 800 g	√	√	√	√	√	แสดง 800
 ขนาด 900 g	√	√	√	√	√	แสดง 900
 ขนาด 1,000 g	√	√	√	√	√	แสดง 1,000
ขนาด 1,500 g	√	√	√	√	√	แสดง 1,500

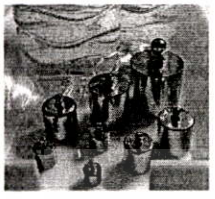
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าน้ำหนักที่ชั่งเทียบกับลูกตุ้มมาตรฐาน

ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก	ครั้งที่ทำการทดลอง					ค่าน้ำหนัก
	1	2	3	4	5	
ขนาด 2,000 g	√	√	√	√	√	แสดง 2,000
ขนาด 2,500 g	√	√	√	√	√	แสดง 2,500
 ขนาด 3,000 g	√	√	√	√	√	แสดง 3,000
 ขนาด 3,500 g	√	√	√	√	√	แสดง 3,500
 ขนาด 4,000 g	√	√	√	√	√	แสดง 4,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าน้ำหนักที่ชั่งเทียบกับลูกตุ้มมาตรฐาน

ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก	ครั้งที่ทำการทดลอง					ค่าน้ำหนัก
	1	2	3	4	5	
 ขนาด 4,500 g	√	√	√	√	√	แสดง ----

4.1.3 สรุปการทดลองการตรวจเช็คประสิทธิภาพความเที่ยงตรงส่วนชั่งน้ำหนัก

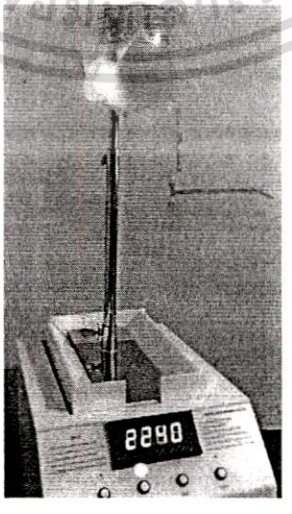
จากตารางที่ 4.1 สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบประสิทธิภาพความเที่ยงตรงในส่วนชั่งน้ำหนักมีประสิทธิภาพเที่ยงตรง สามารถเชื่อถือได้ โดยมีค่าน้ำหนักสูงสุดที่รับได้ 4 กิโลกรัม ความละเอียด 10 กรัม และไม่ควรชั่งน้ำหนักเกิน 4 กิโลกรัม เนื่องจากจะทำให้ส่วนชั่งน้ำหนักเสียหายได้ ซึ่งค่าน้ำหนักที่ใช้เทียบน้ำหนักตรงกับหน้าจอแสดงผล และไม่มีค่าความผิดพลาดในการชั่งน้ำหนัก

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาเวลาเข้า-ออกของน้ำยาล้างไต

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองการตรวจประสิทธิภาพระบบชั่งน้ำหนัก และเวลาเข้า-ออกน้ำยาเพื่อตรวจสอบการเพิ่ม และลดของค่าน้ำหนักบนจอแสดงผลดังรูปที่ 4.2 โดยจากการทดลองที่ 1 สามารถนำมาใช้เป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของส่วนชั่งน้ำหนัก และตรวจสอบเวลาเข้าออกของน้ำยาเพื่อใช้เป็นตัวกำหนดมาตรฐานในช่วงขั้นตอนการเปลี่ยนน้ำยาล้างไต

4.2.1 วิธีการทดลอง

- ตรวจสอบการใช้ถุงน้ำยาเปล่าบนที่ชั่งน้ำหนัก และเติมน้ำใส่ในถุงน้ำยา
- สังเกตการค่าน้ำหนักบนจอแสดงผล และจับเวลาประมาณการไหลเข้า



รูปที่ 4.2 อุปกรณ์การทดลองการตรวจประสิทธิภาพระบบชั่งน้ำหนัก และเวลาเข้า-ออกน้ำยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บันทึกผลเวลาที่ได้ลงในตารางเก็บผลตามตารางที่ 4.2
- ตรวจสอบการใช้ถุงน้ำยาที่มีน้ำบนที่ชั่งน้ำหนัก และนำน้ำออกจากถุงน้ำยา
- สังเกตการค่าน้ำหนักบนแสดงผล และจับเวลาประมาณการไหลออก
- บันทึกผลที่ได้ลงในตารางเก็บผลตามตารางที่ 4.2

4.2.2 บันทึกผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถการศึกษาเวลาเข้า-ออกของน้ำยาล้างไตได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เวลาการไหลของน้ำยาล้างไตเมื่อทำการล้างไต

ตัวทดสอบ (รูปแบบ)	รอบการทดลอง	น้ำเข้าในถุงน้ำยา\ช่องท้อง	ค่าน้ำหนัก	น้ำออกจากถุงน้ำยา\ช่องท้อง	ค่าน้ำหนัก
หุ่นจำลอง (วางถุงน้ำยา)	1	4.35 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.05 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
	2	4.11 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.21 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
	3	4.41 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.29 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
	4	4.39 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.35 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
	5	4.28 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.19 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
หุ่นจำลอง (แขวนถุงน้ำยา)	1	3.51 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.28 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
	2	4.02 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.21 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
	3	3.49 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.34 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
	4	3.55 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.19 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
	5	4.05 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.30 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
มนุษย์ (วางถุงน้ำยา)	1	- นาที**	ค่าคงที่ต่อเนื่อง	14.27 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
มนุษย์ (แขวนถุงน้ำยา)	1	13.18 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	15.02 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง

** น้ำยาไม่ไหลเข้าท้องผู้ป่วย

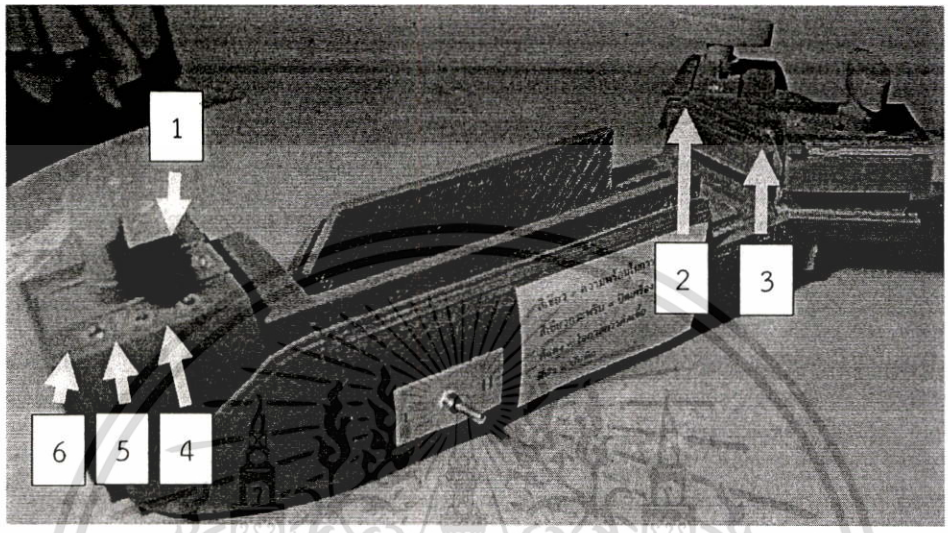
4.2.3 สรุปการทดลองการตรวจประสิทธิภาพระบบชั่งน้ำหนัก และเวลาเข้า-ออกน้ำยา

จากตารางที่ 4.2 สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบประสิทธิภาพระบบชั่งน้ำหนักบนจอแสดงผลมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น-ลดลงอย่างต่อเนื่องในความละเอียดที่การเปลี่ยนแปลงจะเปลี่ยนทุก ๆ 10 กรัม และเวลาการเข้า-ออกของน้ำยาโดยใช้เวลาเข้า หรือออกสูงสุดของน้ำยาประมาณ 4.41 นาที สำหรับหุ่นทดลอง และ 15.02 นาที สำหรับผู้ป่วย โดยเมื่อเปรียบเทียบแล้วช่วงเวลาของหุ่นทดลองกับผู้ป่วยมีความแตกต่างเป็นอย่างมาก เนื่องจากระบบหมุนเวียนทางช่องท้องของหุ่นทดลองกับผู้ป่วยมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน ซึ่งจะนำเวลาจากการทดลองสำหรับผู้ป่วยไปเป็นตัวกำหนดในการทำงานของเครื่องช่วยล้างไต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพระบบการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาเข้า-ออก

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพระบบการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาเข้า-ออกเพื่อทดสอบการลำดับขั้นตอนในการใช้งานการเปลี่ยนจ่ายน้ำยาที่ถูกต้องดังรูปที่ 4.2 ดังนั้นจากการทดลองที่ 2 สามารถนำมาเป็นตัวกำหนดในช่วงเวลาการรอในขบวนการการแจ้งเตือนน้ำยาไหลออกและน้ำยาไหลเข้า



รูปที่ 4.3 อุปกรณ์การทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพระบบการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาเข้า-ออก

จากรูปที่ 4.3 หมายเลข 1 แจ้งเตือนทางผู้ป่วย
หมายเลข 2 แจ้งเตือนทางน้ำยาเก่า (กรณีไฟกระพริบสามารถเลือกปฏิบัติได้)
หมายเลข 3 แจ้งเตือนทางน้ำยาใหม่
หมายเลข 4 แจ้งเตือนความพร้อมในการเปิด-ปิดข้อต่อ และหักถุงน้ำยา (ไฟค้าง)
แจ้งเตือนความพร้อมในการปิดเครื่อง (ไฟกระพริบ)
หมายเลข 5 แจ้งเตือนโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ป่วย
หมายเลข 6 แจ้งเตือนการชั่งน้ำหนัก

4.3.1 วิธีการทดลอง

- เตรียมอุปกรณ์การแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาดังรูปที่ 4.3
- ต่อข้อต่อของสายยางถุงใหม่กับสายยางผู้ป่วยแล้วนำไปติดตั้งที่อุปกรณ์การแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยา
- เริ่มใช้งานอุปกรณ์ตามสัญญาณไฟแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยา
- ตรวจสอบขั้นตอน ลำดับการทำงานที่ถูกต้องของการล้างไตตามตารางที่ 4.3
- ทดสอบระบบขบวนการน้ำไหลออก ขบวนการทิ้งน้ำ และขบวนการน้ำไหลเข้า
- บันทึกผลที่ได้ลงในตารางเก็บผลตามตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 บันทึกผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพระบบการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาเข้า-ออก ได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบลำดับขั้นตอนการล้างไตของผู้ป่วยล้างไตทางหน้าท้อง

หมายเลขการแจ้งเตือน (หลอดไฟสว่าง)	ขบวนการ น้ำไหลออก	ขบวนการ ทิ้งน้ำ	ขบวนการ น้ำไหลเข้า
1	√		
3	√		
1	√		
4	√		
รอ 15 นาที	√		
1	√		
3		√	
2		√	
2 (ไฟกระพริบ) , 1 , 6		√	√
รอ 15 นาที			√
4			√
1			√
4 (ไฟกระพริบ) , 5 , 6			√

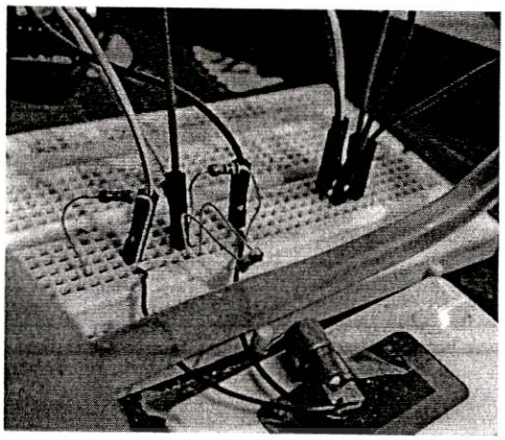
4.3.3 สรุปการทดลองการตรวจประสิทธิภาพระบบการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาเข้า-ออก

จากตารางที่ 4.3 สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบประสิทธิภาพระบบแจ้งเตือนในส่วนแจ้งเตือนถ่ายน้ำยาสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความเหมาะสมในการใช้งานในขบวนการล้างไต เนื่องจากในการลำดับขั้นตอนการล้างไตสามารถนำน้ำยาเข้า และออกจากท้องผู้ป่วยได้อย่างถูกต้อง

4.4 การทดลองที่ 4 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจสอบโอกาสการติดเชื้อในส่วนแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยา

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองการตรวจสอบโอกาสเสี่ยงของการติดเชื้อจากรูปที่ 4.4 ในส่วนแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาเพื่อทดสอบคุณสมบัติการติดเชื้อใน แต่ละเชื้อของผู้ป่วยที่มีโอกาสเกิดสูง โดยตรวจสอบจากคุณลักษณะของน้ำยาล้างไตที่ถ่ายออกจากท้องของผู้ป่วย ซึ่งจะสามารถสังเกตได้จาก ความขุ่น ตะกอนหรือสิ่งเจือปนภายในถุงน้ำยาล้างไต โดยตรวจสอบโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อได้จาก ความสว่างของน้ำยาล้างไต ซึ่งใช้วงจรเซ็นเซอร์รับแสงที่หลักการในการตรวจวัดความเข้มแสงในการดูดกลืนแสงของความขุ่น ตะกอนหรือสิ่งเจือปนในการตรวจสอบ โดยนำมาทดสอบกับสายยางจากบริษัทชั้นนำ อาทิ บริษัท แบ็กซ์เตอร์ เฮลธ์แคร์ จำกัด และบริษัท เฟรซีเนียส เมดิคอลแคร์ จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 อุปกรณ์การทดลองการตรวจสอบโอกาสเสี่ยงของการติดเชื้อ

4.4.1 วิธีการทดลอง

- เตรียมวงจรเซ็นเซอร์วัดแสงดังรูปที่ 4.4 โดยต่อวงจรดังรูปที่ 3.8
- เตรียมชุดจำลองโอกาสเสี่ยงในการเชื้อดังภาพในตารางที่ 4.4 มาทดสอบ 5 แบบ คือ น้ำใส น้ำขาวขุ่น น้ำชมพูใส น้ำเหลืองใส น้ำตะกอนเจือปนประเภทวุ้น อาทิ น้ำขาวขุ่น น้ำชมพูใส น้ำเหลืองใส ที่มีตะกอนวุ้นเจือปน
- ตรวจสอบค่าความต่างศักย์ที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองเชื้อโรค ดังรูปที่ 4.4
- บันทึกผลที่ได้ลงในตารางเก็บผลตารางที่ 4.4

4.4.2 บันทึกผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพระบบการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาเข้า-ออก ได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แรงดันทางไฟฟ้าจากการส่องผ่านวัตถุตัวอย่างต่าง ๆ

ชนิดของน้ำ	รูปแบบ	แรงดันไฟฟ้า		
		ครั้ง	แบ็กซ์เตอร์	ฟรีซีเนียส
น้ำใส	1. ใช้แทนน้ำยาล้างไต <u>ปกติ</u>ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน	1	4.54 V.	4.51 V.
		2	4.53 V.	4.50 V.
		3	4.53 V.	4.53 V.
		4	4.52 V.	4.54 V.
		เฉลี่ย	4.53 V.	4.52 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ตรวจสอบแรงดันทางไฟฟ้าจากการส่องผ่านวัตถุตัวอย่างต่าง ๆ

ชนิดของน้ำ	รูปแบบ	แรงดันไฟฟ้า		
		ครั้ง	แบ็กซ์เตอร์	ฟรีซีเนียส
น้ำขาวขุ่น	1. ใช้แทนน้ำยาล้างไตที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2. น้ำยาล้างไตสีนี้บ่งบอกถึงที่อยู่ในช่องท้องหลายชั่วโมง <u>อาจมีโอกาสติดเชื้อ</u>	1	4.28 V.	4.26 V.
		2	4.35 V.	4.33 V.
		3	4.31 V.	4.31 V.
		4	4.28 V.	4.34 V.
		เฉลี่ย	4.31 V.	4.31 V.
น้ำขาวขุ่นเจือปน	1. ใช้แทนน้ำยาล้างไตที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2. น้ำยาล้างไตสีนี้บ่งบอกถึงน้ำยาที่อยู่ในช่องท้องหลายชั่วโมงอาจมีโอกาสติดเชื้อ 3. น้ำยาล้างไต<u>อาจติดเชื้อ</u>	1	4.23 V.	4.17 V.
		2	4.21 V.	4.29 V.
		3	4.19 V.	4.28 V.
		4	4.21 V.	4.20 V.
		เฉลี่ย	4.21 V.	4.24 V.
น้ำแดงชมพูใส	1. ใช้แทนน้ำยาล้างไตที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2. น้ำยาล้างไตสีนี้บ่งบอกถึงผู้ป่วยยกของหนักหรือมีประจำเดือน<u>อาจมีโอกาสติดเชื้อ</u>	1	4.27 V.	4.31 V.
		2	4.30 V.	4.33 V.
		3	4.29 V.	4.30 V.
		4	4.29 V.	4.32 V.
		เฉลี่ย	4.29 V.	4.32 V.

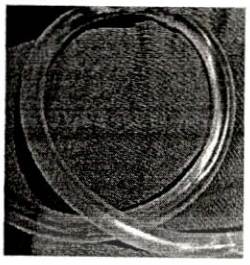
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ตรวจสอบแรงดันทางไฟฟ้าจากการส่องผ่านวัตถุตัวอย่างต่าง ๆ

ชนิดของน้ำ	รูปแบบ	แรงดันไฟฟ้า		
		ครั้ง	แบ็กซ์เตอร์	ฟรีซีเนียส
น้ำแดงชมพูใสเจือปน	1. ใช้แทนน้ำยาล้างไตที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2. น้ำยาล้างไตสีนี้บ่งบอกถึงผู้ป่วยยกของหนักหรือมีประจำเดือน 3. น้ำยาล้างไต**อาจติดเชื้อ**	1	3.89 V.	4.04 V.
		2	4.01 V.	4.18 V.
		3	4.17 V.	4.13 V.
		4	4.14 V.	4.11 V.
		เฉลี่ย	4.05 V.	4.12 V.
น้ำเหลืองใส	1. ใช้แทนน้ำยาล้างไตที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2. น้ำยาล้างไตสีนี้บ่งบอกถึง**น้ำปกติ**ที่อยู่ในช่องท้องนานหลายชั่วโมง	1	4.45 V.	4.44 V.
		2	4.49 V.	4.41 V.
		3	4.42 V.	4.39 V.
		4	4.48 V.	4.40 V.
		เฉลี่ย	4.46 V.	4.41 V.
น้ำเหลืองใสเจือปน	1. ใช้แทนน้ำยาล้างไตที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2. น้ำยาล้างไตสีนี้บ่งบอกถึงน้ำปกติที่อยู่ในช่องท้องนานหลายชั่วโมง 3. น้ำยาล้างไต**อาจติดเชื้อ**	1	4.24 V.	4.27 V.
		2	4.22 V.	4.28 V.
		3	4.21 V.	4.25 V.
		4	4.19 V.	4.21 V.
		เฉลี่ย	4.22 V.	4.25 V.

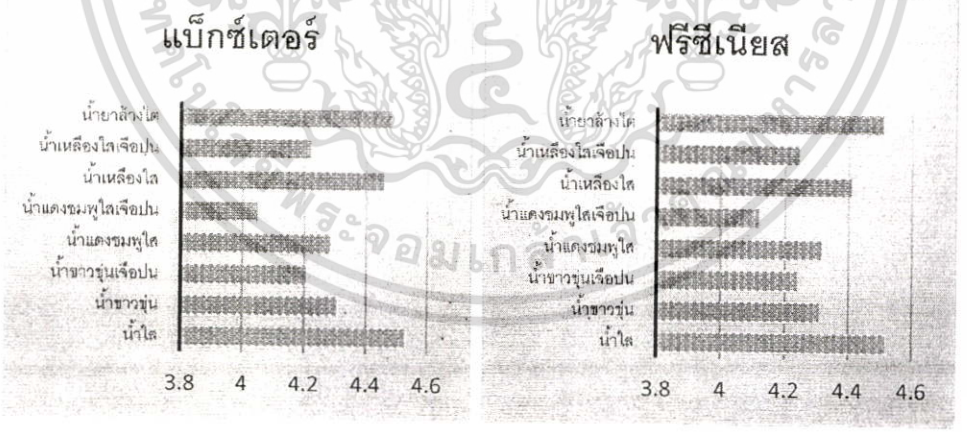
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ตรวจสอบแรงดันทางไฟฟ้าจากการส่องผ่านวัตถุตัวอย่างต่าง ๆ

ชนิดของน้ำ	รูปแบบ	แรงดันไฟฟ้า		
		ครั้ง	แบ็กซ์เตอร์	ฟรีซีเนียส
	1. น้ำยาล้างไต<u>ปกติ</u> ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน	1	4.45 V.	4.52 V.
		2	4.50 V.	4.54 V.
		3	4.47 V.	4.49 V.
		4	4.51 V.	4.50 V.
น้ำยาล้างไต		เฉลี่ย	4.48 V.	4.51 V.

4.4.3 สรุปการทดลองการตรวจประสิทธิภาพแจ้งเตือน ในส่วนแจ้งเตือนเปลี่ยนน้ำยา

จากตารางที่ 4.4 สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบการตรวจสอบโอกาสเสี่ยงการติดเชื้อในส่วนแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยามีความสามารถในการเปรียบเทียบแรงดันที่แตกต่างกันดังรูปที่ 4.4 โดยจากการทดสอบสายยางของทั้งสองบริษัทสามารถยืนยันได้ว่าแรงดันไฟฟ้าของน้ำที่ไม่ติดเชื้อสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าของน้ำที่ติดเชื่อดังกราฟดังรูปที่ 4.4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถกำหนดเกณฑ์การตั้งค่าของโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อ



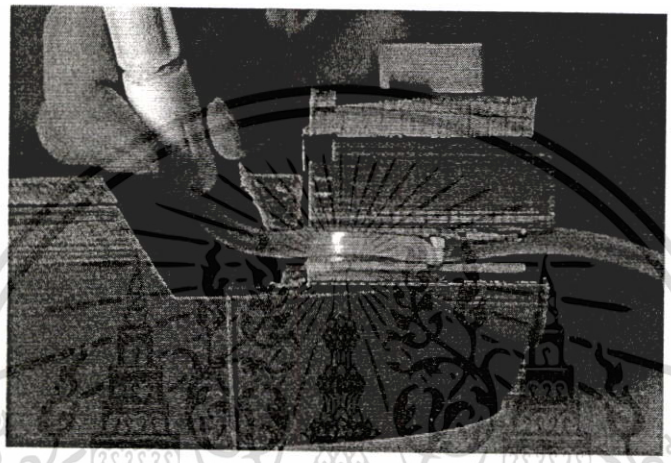
ก. ข.

รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับเชื้อจำลอง
ก. กราฟของสายยาง บริษัท แบ็กซ์เตอร์ เฮลธ์แคร์ จำกัด
ข. กราฟของสายยาง บริษัท เฟรซีเนียส เมดิคอลแคร์ จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลองที่ 5 การทดลองประสิทธิภาพการหนีบสายยางทางผู้ป่วย

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการหนีบสายยางทางผู้ป่วยเพื่อตรวจสอบความเสียหายจากการกดหนีบสายยางทางผู้ป่วยเป็นการตรวจสอบคุณภาพของสายยางทางผู้ป่วย โดยการนำสายยางไปหนีบกับเครื่องหนีบต้นแบบที่ใช้รูปแบบการกดหนีบดังรูปที่ 4.5 จำนวน 3,000 ครั้ง จากการจำลองระยะเวลาการใช้งานตลอดช่วงเวลา 6 เดือน ซึ่งสามารถสังเกตความเสียหายที่เกิดขึ้นได้จากร่องรอยการขีดข่วนสายยางทางผู้ป่วย ซึ่งมาจากการผ่านการใช้งานอย่างหนักจำนวนหลายครั้ง เนื่องจากการใช้งานมีการหนีบสายยางหลายครั้งในแต่ละรอบต่อครั้ง และการสังเกตร่องรอยการรั่วซึมของสายยางทางผู้ป่วยจากการใส่น้ำในสายยาง



รูปที่ 4.6 อุปกรณ์การทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการหนีบสายยางทางผู้ป่วย

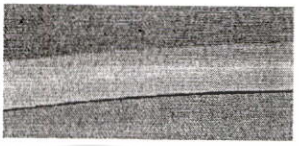
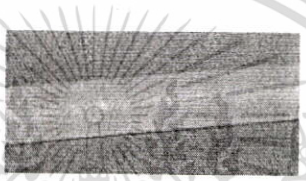
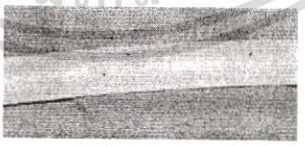
4.5.1 วิธีการทดลอง

- เตรียมสายยางทางผู้ป่วยที่ต้องมีการเปลี่ยนทุก 6 เดือน ดังรูปที 4.5
- เตรียมอุปกรณ์การหนีบให้อยู่ในสถานะพร้อมหนีบ ดังรูปที 4.5
- ทดสอบสายยางโดยการนำไปหนีบกับเครื่องหนีบต้นแบบ ดังรูปที 4.5
- หนีบสายยางทางผู้ป่วยจำนวน 3000 ครั้ง ซึ่งจะทำการบันทึกรอยหนีบที่เกิดขึ้นกับสายยางเมื่อผ่านการหนีบ 0 500 1,000 2,000 และ 3,000 ครั้ง
- สังเกตลักษณะความเสียหายของสายยาง
- บันทึกผลที่ได้ลงในตารางเก็บผลตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 บันทึกผลการทดลอง จากการทดลองสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพการหนีบสายยางได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพการหนีบสายยาง

สถานะ	จำนวนการหนีบ\ครั้ง	ผลการหนีบ	หมายเหตุ
ไม่ผ่านการหนีบ	0		- ยังไม่เกิดร่องรอยความเสียหายจากการหนีบสายยางไม่รั่วซึม
ผ่านการหนีบ	500		- เกิดร่องรอยการขีดข่วนเล็กน้อยจากการหนีบสายยางไม่รั่วซึม
ผ่านการหนีบ	1,000		- เกิดร่องรอยการขีดข่วนเล็กน้อยจากการหนีบสายยางไม่รั่วซึม
ผ่านการหนีบ	2,000		- เกิดร่องรอยการขีดข่วนจากการหนีบสายยางไม่รั่วซึม
ผ่านการหนีบ	3,000		- เกิดร่องรอยการขีดข่วนจากการหนีบสายยางไม่รั่วซึม

4.5.3 สรุปการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการหนีบสายยางทางผู้ป่วย

จากตารางที่ 4.5 สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบการตรวจสอบประสิทธิภาพการหนีบสายยางทางผู้ป่วยได้ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความสามารถในการหนีบด้วยตัวอุปกรณ์หนีบต้นแบบทำให้สายยางเกิดผลกระทบต่อความเสียหายน้อยที่สุด ซึ่งผลที่เกิดขึ้นสูงสุดต่อสายยางทางผู้ป่วยจะทำให้เกิดรอยขีดข่วนจากการใช้งาน และน้ำที่ไหลในสายยางไม่มีการรั่วซึมออกนอกสายยางทางผู้ป่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดลองที่ 6 การตรวจสอบประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนักเมื่อใช้อุปกรณ์เสริม

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนักเมื่อใช้อุปกรณ์เสริม เพื่อตรวจสอบคุณภาพการชั่งน้ำหนักของเครื่องชั่งน้ำหนักต้นแบบ จากการทดลองที่ 1 สามารถนำมาเป็นตัวตรวจสอบคุณภาพของการชั่งน้ำหนัก โดยใช้อุปกรณ์เสริมมาช่วยเป็นทางเลือกในการชั่งน้ำหนัก

4.6.1 วิธีการทดลอง

- เตรียมอุปกรณ์การตรวจสอบประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนัก ดังรูปที่ 4.2
- วางถุงน้ำยาล้างไตบนเครื่องชั่งน้ำหนักต้นแบบดังรูปจากตารางที่ 4.6
- ชั่งน้ำหนักโดยเปรียบเทียบระหว่างการชั่งแบบปกติ และแบบมีอุปกรณ์เสริม
- บันทึกผลที่ได้ลงในตารางเก็บผลตารางที่ 4.6

4.6.2 บันทึกผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนักเมื่อใช้อุปกรณ์เสริมผลการทดลองได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพเปรียบเทียบการชั่งน้ำหนัก

รูปแบบ	ครั้ง					ค่าน้ำหนัก
	1	2	3	4	5	
แบบปกติ	√	√	√	√	√	2,240
แบบอุปกรณ์เสริม	√	√	√	√	√	2,240

4.6.3 สรุปการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนักเมื่อใช้อุปกรณ์เสริม

จากตารางที่ 4.6 สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบการตรวจสอบประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนักเมื่อใช้อุปกรณ์เสริมมีความสามารถในการชั่งน้ำหนักสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วระหว่างการชั่งน้ำหนักแบบไม่ใช้อุปกรณ์เสริมหรือใช้อุปกรณ์เสริม จะมีผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การทดลองที่ 7 การทดลองประสิทธิภาพการเก็บบันทึกข้อมูล

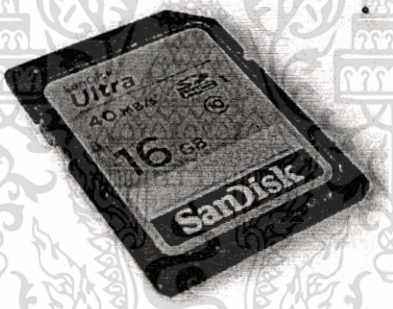
ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการเก็บบันทึกข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพข้อมูลความถูกต้องในการบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ เป็นการทดสอบขั้นตอนการทำงานของเครื่องช่วยล้างไตตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขั้นตอนสุดท้ายในระบบการทำงาน ซึ่งเครื่องชั่งน้ำยาล้างไตจะแสดงค่าน้ำหนักแบบเรียลไทม์ที่จะสามารถบันทึกค่าน้ำหนักได้ ซึ่งจะมีทั้งข้อมูลของค่าน้ำหนักของน้ำยาล้างไตก่อนเข้า และหลักจากออกช่องท้อง รวมถึงผลต่างกำไร หรือขาดทุน และผลรวมของน้ำยาล้างไต บันทึกไว้ในอุปกรณ์การเก็บข้อมูล ดังรูปที่ 4.6

4.7.1 วิธีการทดลอง

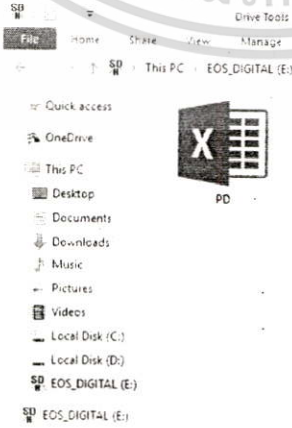
- นำอุปกรณ์บันทึกข้อมูลดังรูปที่ 4.6 ไปตั้งไว้ในส่วนชั่งน้ำหนัก
- นำวัตถุไปทดสอบการบันทึกกับเครื่องช่วยล้างไต
- ตรวจสอบผลการบันทึก
- ผลการคำนวณจากข้อมูลที่เก็บค่าได้ดังรูปที่ 4.7 , 4.8

4.7.2 บันทึกผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพการเก็บบันทึกข้อมูล ซึ่งบันทึกไว้ในอุปกรณ์การเก็บข้อมูล(รูปที่ 4.7) ซึ่งมีการคำนวณค่าปริมาณน้ำที่ควรจะบริโภคต่อวันเพื่อแสดงให้ผู้ป่วยทราบปริมาณน้ำที่ดื่มได้ในรอบวัน ผลจากการทดลองบันทึกข้อมูลแสดงดังรูปที่ 4.8-4.9



รูปที่ 4.7 อุปกรณ์การทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการเก็บบันทึกข้อมูล



รูปที่ 4.8 ไฟล์บันทึกผลข้อมูลของผู้ป่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	B	C	D	E	F	G
1	DAY	ROUND	WATER-IN	WATER-OUT	GAIN/LOSS	TOTAL	WATER/DAY
2	13/5/2016	1	2200	2000	200	200	800
3	13/5/2016	2	1700	2000	-300	-100	800
4	13/5/2016	3	2000	1800	200	100	800
5	13/5/2016	4	1900	1300	600	700	1500
6	27/5/2016	1	0	2280	-2280	-2280	800
7	27/5/2016	2	2240	-2030	4270	1990	800
8	27/5/2016	3	90	170	-80	1910	800
9	27/5/2016	4	80	2360	-2280	-370	430
10	28/5/2016	1	2280	2360	-80	-80	800
11	28/5/2016	2	2280	2360	-80	-160	800

รูปที่ 4.9 ตารางบันทึกผลภายในไฟล์บันทึกผลข้อมูลของผู้ป่วย

4.7.3 สรุปการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการเก็บบันทึกข้อมูล

จากรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบการตรวจสอบประสิทธิภาพการเก็บบันทึกข้อมูลมีความสามารถในการบันทึก และคำนวณค่าจากผลที่ได้รับได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสามารถทำให้ผู้ป่วย และแพทย์ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องเที่ยงตรง

4.8 การทดลองที่ 8 การทดลองใช้งานระบบโดยผู้เกี่ยวข้องเบื้องต้น

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องช่วยล้างไตเพื่อตรวจสอบคุณภาพการทำงานในทุก ๆ ด้านของระบบ อาทิ การแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต การชั่งน้ำหนักน้ำยาล้างไต การแสดงผลค่าน้ำหนักน้ำยาล้างไต และปริมาณน้ำที่ผู้ป่วยควรบริโภค การแจ้งเตือนโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อ การบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ของผู้ป่วย โดยที่จากการทดลองที่ 1-7 สามารถนำมาเป็นตัวบ่งบอกคุณภาพของเครื่องช่วยล้างไตในระดับห้องปฏิบัติการ จากนั้นได้นำเครื่องช่วยล้างไตมาทดสอบการใช้งานจริงเบื้องต้น ณ ศูนย์โรคไต ณ โรงพยาบาลชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ และขอทำความร่วมมือต่อไปในอนาคต

รูปที่ 4.10 ชุดจำลองการล้างไตทางช่องท้องของผู้ป่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11 ทดลองการใช้งานเครื่องช่วยล้างไตกับผู้ป่วย ณ ห้องล้างไต 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึง สรุปผลการทดลองต่างๆ ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการวิจัย และข้อเสนอแนะต่างๆ ที่ได้ทำมาทั้งหมด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่องด้วยตนเอง สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความสามารถในการใช้งานของระบบดังกล่าวสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนชั่งหนัก และส่วนแจ้งเตือนการเปลี่ยนน้ำยาล้างไต ซึ่งในการทดลองแสดงถึงประสิทธิภาพของการทำงานของระบบเครื่องช่วยล้างไตได้เป็นอย่างดี โดยในส่วนชั่งน้ำหนักจะมีความเที่ยงตรงในการชั่งน้ำหนัก จากการประมวลผลการแสดงผลค่าน้ำหนัก และรูปแบบของการชั่งน้ำหนักทั้งในการชั่งรูปแบบปกติ และรูปแบบใช้อุปกรณ์เสริม ซึ่งในส่วนชั่งน้ำหนักนี้จะมีความสามารถในการบันทึก และคำนวณข้อมูลแล้วบันทึกลงในอุปกรณ์การเก็บข้อมูลอัตโนมัติ เพื่อเสริมคุณสมบัติในการชั่งน้ำหนัก และในด้านของส่วนเปลี่ยนน้ำยาล้างไตจะมีระบบมีแจ้งเตือน เช่น การแจ้งเตือนลำดับขั้นตอนการเปลี่ยนน้ำยาล้างไต และการแจ้งเตือนโอกาสความเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ป่วยที่มีความถูกต้องแม่นยำซึ่งอุปกรณ์การหนีบสายยางของถุงน้ำยาล้างไตมีความสามารถหนีบสายยางได้อย่างดีไม่ทำให้สายยางเสียหาย ทั้ง 2 ส่วนนี้เป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบเครื่องช่วยล้างไตที่ได้ผ่านการทดสอบในระดับพื้นฐาน (การทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ)

โครงการวิจัยนี้ได้ทำมาเพื่อช่วยให้ผู้ป่วยมีความสะดวกสบายและมีความปลอดภัยง่ายต่อการบำบัดรักษามากขึ้น โดยชุดอุปกรณ์นี้เมื่อพัฒนาเสร็จสิ้นแล้วจะเป็นอุปกรณ์ช่วยเหลืออีกทางเลือกหนึ่งสำหรับอุปกรณ์การแพทย์ที่จะคอยช่วยเหลือผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังที่ใช้วิธีการล้างไตทางช่องท้องต่อไป

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. วัสดุตัวต้นแบบอุปกรณ์การเปลี่ยนน้ำยาล้างไตสร้างความเสียหายให้กับสายยางส่วนหน้าท้องผู้ป่วย
2. เวลาล้างไตของผู้ป่วยน้ำยาล้างไตไม่ไหลเข้าช่องท้องของผู้ป่วยเนื่องจากที่วางน้ำยาอยู่ต่ำเกินไป

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. วัสดุที่ใช้ขึ้นรูปเพื่อจัดสร้างส่วนการแจ้งเตือนลำดับการล้างไตจะต้องมีความละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันและเรียบเนียน
2. นำวัตถุหนักมาวางทับให้เป็นแรงกดเพื่อดันน้ำยาล้างไตให้ไหลเข้าท้องผู้ป่วย หรือนำที่เพิ่มความสูงให้กับถุงน้ำยาล้างไตเพื่อให้น้ำยาล้างไตเข้าท้องผู้ป่วยได้ง่ายและดีขึ้น
3. ต้องมีการปรับปรุง และทดลองใช้งานจริงโดยผู้เกี่ยวข้องต่อไป เพื่อนำข้อจำกัดการใช้งานมาพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง

[1] สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย http://www.nephrothai.org/trt/trt.asp?type= TRT&news _id=217

[2] Hsu CC, Hwang SJ, Wen CP, Chang HY, Chen T, Shiu RS, et al. High prevalence and low awareness of CKD in Taiwan: a study on the relationship between serum creatinine and awareness from a nationally representative survey. Am J Kidney Dis. 2006 Nov;48(5):727-38.

[3] Domrongkitchaiporn S, Sritara P, Kitiyakara C, Stitchantrakul W, Krittaphol V, Lolekha P, et al. Risk factors for development of decreased kidney function in a southeast Asian population: a 12-year cohort study. J Am Soc Nephrol. 2005 Mar;16(3):791-9.

[4] Levey AS, Coresh J, Balk E, Kausz AT, Levin A, Steffes MW, et al. National Kidney Foundation practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification. Ann Intern Med. 2003 Jul 15;139(2):137-47

[5] Ingsathit A, Thakkinstian A, Chaiprasert A. Prevalence and risk factors of chronic kidney disease in the Thai adult population: Thai SEEK study. Nephrol Dial Transplant 2010; 25: 1567-1575(9).

[6] Praditpornsilpa K. Thailand renal replacement therapy 2010

[7] Cooper BA, Branley P, Bulfone L, et al. A randomized, controlled trial of early versus late initiation of dialysis. N Engl J Med 2010;363:609-19. 2

[8] K/DOQI Clinical Practice Guidelines on Chronic Kidney Disease. Am J Kidney Dis 2002; vol 39, No 2 (Suppl 1): S1

[9] United States Renal Data System. Excerpts from USRDS 2009 Annual Data Report. U.S. Department of Health and Human Services The National Institutes of Health, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. Am J Kidney Dis 2010; 55(Suppl 1):S1.

[10] Go AS, Chertow GM, Fan D, et al. Chronic kidney disease and the risk of death cardiovascular events and hospitalization . N Eng J Med 2004 ; 351:1296-305

[11] Parfrey PS, Foley RN, Harnett JD, et al. Outcome and risk factors of ischemic heart disease in chronic uremia. Kidney Int 1996 ; 49 (5) : 1428-34.

[12] **ความรู้ทฤษฎีอาดูโน่** [Online]. Available: http://www.arduino.cc/

[13] พจนาฏ สุวรรณมณี. **เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ เบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2554

[15] รศ.ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย. **วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2545

[8] รศ.ดร.สมเกียรติ ศุภเดช. **เซมิคอนดัดเตอร์ดีไว**. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุม

โปรแกรมของส่วนเปลี่ยนจ่ายน้ำยาล้างไต (Notification)

```
//------CHECK-LED----------------------D3-D8     //สัญญาณไฟแอลอีดี (LED)
int Checkold        = 3;                        //เตือนทางถุงน้ำยาเก่า
int Checknew        = 4;                        //เตือนทางถุงน้ำยาใหม่
int Checkhuman      = 5;                        //เตือนทางช่องท่องผู้ป่วย
int Checkse         = 6;                        //เตือนความพร้อม
int Checkwater      = 7;                        //เตือนติดเชื้อ
int Checkmemory     = 8;                        //เตือนใช้ที่ชั่งน้ำหนัก
//-----------------------------------
//------Reedswicth----------------------D9-D11
int Reedoldopen     = 9;                        //สวิตช์ทางถุงน้ำยาเก่า
int Reednewopen     = 10;                       //สวิตช์ทางถุงน้ำยาใหม่
int Reedhumanopen   = 11;                       //สวิตช์ทางช่องท่องผู้ป่วย
//-----------------------------------
//------Sensor----------------------A0
int senhelp     = A0;                           //เซ็นเซอร์ตรวจเชื้อ
//-----------------------------------
//------Start----------------------D2
int start       = 2;                            //สวิตช์ความพร้อม
//-----------------------------------
//-----Stage----------------------
boolean bReedoldopen        = 0;
boolean bReednewopen        = 0;
boolean bReedhumanopen      = 0;
boolean bsenhelp            = 0;
boolean bstart              = 0;
//-----------------------------------
//-----------------------------------
int a = 0;
int b = 0;
int c = 0;
int d = 0;
int e = 0;
int f = 0;
//-----------------------------------
void setup()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
  //-----INPUT----------------------
  pinMode(Reedoldopen,INPUT);
  pinMode(Reednewopen,INPUT);
  pinMode(Reedhumanopen,INPUT);

  pinMode(senhelp,INPUT);

  pinMode(start,INPUT);
  //--------------------------------
  //----OUTPUT---------------------
  pinMode(Checkold,OUTPUT);
  pinMode(Checknew,OUTPUT);
  pinMode(Checkhuman,OUTPUT);
  pinMode(Checkse,OUTPUT);
  pinMode(Checkwater,OUTPUT);
  pinMode(Checkmemory,OUTPUT);
  //--------------------------------
}
void loop()
{
  //------int-------------------------------//---SW-LOW-กด---reed-LOW-กด
  bReedoldopen    = digitalRead(Reedoldopen);
  bReednewopen    = digitalRead(Reednewopen);
  bReedhumanopen  = digitalRead(Reedhumanopen);
  bsenhelp        = analogRead(senhelp);
  bstart          = digitalRead(start);
  //-----------------------------------------
  //=====Step1================================
  if(bReedoldopen == HIGH && bReednewopen == HIGH && bReedhumanopen ==
HIGH && bstart == HIGH)
  {
    digitalWrite(Checkold,LOW);
    digitalWrite(Checknew,LOW);
    digitalWrite(Checkse,LOW);
    digitalWrite(Checkwater,LOW);
    digitalWrite(Checkmemory,LOW);
    digitalWrite(Checkhuman,HIGH);        //start
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  }
  if(bReedoldopen == HIGH && bReednewopen == HIGH && bReedhumanopen ==
LOW && bstart == HIGH)
  {
    digitalWrite(Checkhuman,LOW);
    digitalWrite(Checkold,LOW);

    digitalWrite(Checkse,LOW);
    digitalWrite(Checkwater,LOW);
    digitalWrite(Checkmemory,LOW);

    digitalWrite(Checknew,HIGH);          //open line

  }
  if(bReedoldopen == HIGH && bReednewopen == LOW && bReedhumanopen ==
LOW && bstart == HIGH)
  {
    digitalWrite(Checknew,LOW);
    digitalWrite(Checkold,LOW);
    digitalWrite(Checkse,LOW);
    digitalWrite(Checkwater,LOW);
    digitalWrite(Checkmemory,LOW);
    digitalWrite(Checkhuman,HIGH);        //open line waternew
  }
  if(bReedoldopen == HIGH && bReednewopen == LOW && bReedhumanopen ==
HIGH && bstart == HIGH)
  {
    digitalWrite(Checkhuman,LOW);
    digitalWrite(Checknew,LOW);
    digitalWrite(Checkold,LOW);
    digitalWrite(Checkwater,LOW);
    digitalWrite(Checkmemory,LOW);
    digitalWrite(Checkse,HIGH);           //
  }
  //=========================================OK
  //=====StepII================================
  //-----test---------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 if(bReedoldopen == HIGH && bReednewopen == LOW && bReedhumanopen ==
HIGH && bstart == LOW)
 {
   digitalWrite(Checkse,LOW);
   digitalWrite(Checkwater,LOW);
   digitalWrite(Checkmemory,LOW);
   digitalWrite(Checknew,LOW);
   digitalWrite(Checkold,LOW);

   f++;              //waterold out 15 min(1000*60*15),checkwater,count number,35%
   d++;
   if(f<900)
   {
     a++;
   }
   bsenhelp        = digitalRead(senhelp);
   if(bsenhelp == LOW)
   {
     b++;
   }
   delay(1000);
   for(d==900;d>899;d++)
   {
     //-----end-----------------------------
     digitalWrite(Checkhuman,HIGH);
     delay(1000);
     d=0;
     //-------------------------------------
   }
 }
 //---------------------------------------
 //***
 if(bReedoldopen == LOW && bReednewopen == LOW && bReedhumanopen ==
HIGH && bstart == LOW)
 {
   digitalWrite(Checkse,LOW);
   digitalWrite(Checkwater,LOW);
   digitalWrite(Checkmemory,LOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    digitalWrite(Checkold,LOW);
    digitalWrite(Checkhuman,LOW);
    digitalWrite(Checknew,HIGH);          //
  }
  //***OK
  if(bReedoldopen == HIGH && bReednewopen == LOW && bReedhumanopen ==
LOW && bstart == LOW)
  {
    digitalWrite(Checkhuman,LOW);
    digitalWrite(Checkold,LOW);
    digitalWrite(Checkse,LOW);
    digitalWrite(Checkwater,LOW);
    digitalWrite(Checkmemory,LOW);
    digitalWrite(Checknew,HIGH);          //
  }
  if(bReedoldopen == HIGH && bReednewopen == HIGH && bReedhumanopen ==
LOW && bstart == LOW)
  {
    digitalWrite(Checknew,LOW);
    digitalWrite(Checkhuman,LOW);
    digitalWrite(Checkse,LOW);
    digitalWrite(Checkwater,LOW);
    digitalWrite(Checkmemory,LOW);
    digitalWrite(Checkold,HIGH);          //
  }
  if(bReedoldopen == LOW && bReednewopen == HIGH && bReedhumanopen ==
LOW && bstart == LOW)
  {
    digitalWrite(Checkse,LOW);
    digitalWrite(Checkwater,LOW);
    digitalWrite(Checknew,LOW);
    digitalWrite(Checkold,LOW);           //selece v.water
    delay(500);
    digitalWrite(Checkold,HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(Checkmemory,HIGH);
    digitalWrite(Checkhuman,HIGH);
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 if(bReedoldopen == LOW && bReednewopen == HIGH && bReedhumanopen ==
HIGH && bstart == LOW)
 {
   digitalWrite(Checkhuman,LOW);
   digitalWrite(Checkold,LOW);
   digitalWrite(Checknew,LOW);
   digitalWrite(Checkmemory,LOW);
   digitalWrite(Checkwater,LOW);
   e++;                              //waternew in wait 15 min(60000*15)
   delay(1000);
   for(e==900;e>899;e++)
   {
     digitalWrite(Checkse,HIGH);
     delay(1000);
     e=0;
   }
 }
 //=========o=========================================OK
 //=====StepIII=================================
 if(bReedoldopen == LOW && bReednewopen == HIGH && bReedhumanopen ==
HIGH && bstart == HIGH)
 {

   digitalWrite(Checkold,LOW);
   digitalWrite(Checknew,LOW);
   digitalWrite(Checkse,LOW);
   digitalWrite(Checkwater,LOW);
   digitalWrite(Checkmemory,LOW);
   digitalWrite(Checkhuman,HIGH);          //
 }
 if(bReedoldopen == LOW && bReednewopen == HIGH && bReedhumanopen ==
LOW && bstart == HIGH)
 {
   digitalWrite(Checkhuman,LOW);
   digitalWrite(Checkold,LOW);
   digitalWrite(Checknew,LOW);
      c = (a*35)/100;                    //
   if(b>c)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    {
      digitalWrite(Checkwater,HIGH);
    }
    digitalWrite(Checkmemory,HIGH);
    //-----THE-END---------------------------
    digitalWrite(Checkse,LOW);
    delay(500);
    digitalWrite(Checkse,HIGH);
    delay(500);
    //--------------------------------------
  }
  //=============================================OK
}
```

โปรแกรมของส่วนที่ชั่งน้ำหนัก (Weight)

```
#include <HX711.h>
#include <EEPROM.h>
#include "LedControlMS.h"
//-------------------------------D12,D11,D10,D1
LedControl lc=LedControl(12,11,10,1);        //แอลอีดี 7 ส่วน
//-----------------------------------
//-----------------------------------A0-A1
HX711 scale(A1, A0);                         //โหลดเซลล์
//-----------------------------------
//-----------------------------------D2-D5
const int buttonPin1 = 2;                    //สวิตช์เริ่มต้นผู้ป่วยใหม่
const int buttonPin2 = 3;                    //สวิตช์เก็บค่าน้ำยาใหม่
const int buttonPin3 = 4;                    //สวิตช์เก็บค่าน้ำยาเก่า
const int buttonPin4 = 5;                    //สวิตช์แสดงปริมาณน้ำต่อวัน
//-----------------------------------
int buttonState1 = 0;
int buttonState2 = 0;
int buttonState3 = 0;
int buttonState4 = 0;
int lastButtonState1 = 0;
int lastButtonState2 = 0;
int lastButtonState3 = 0;
int lastButtonState4 = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int v = 0;
int w = 0;
int y;
int x;
int z;

int w_round;
int water_in;
int water_out;
int gain_loss;
int total;
int water_day;
int ledState = LOW;
unsigned long previousMillis = 0;
const long interval = 300;
int led_pinb=16;
int last_total;
int weight;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  //-----LED--------------------------D6-D8
  pinMode(6,OUTPUT);
  pinMode(7,OUTPUT);
  pinMode(8,OUTPUT);
  //-----------------------------------
  pinMode(buttonPin1, INPUT);
  pinMode(buttonPin2, INPUT);
  pinMode(buttonPin3, INPUT);
  pinMode(buttonPin4, INPUT);
  lc.shutdown(0,false);
  lc.setIntensity(0,8);
  lc.clearDisplay(0);
  scale.set_scale(418.45f);                    //ปรับคาริเบท loadcell
  scale.tare();

  open_set();
  //-------Round----------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Serial.println(eepread());
  if(EEPROM.read(6)>4)
  {
   EEPROM.write(6,1);
  }
  //-------------------------------------
  led_pinb=6;
}
void loop()
{
    buttonState1 = digitalRead(buttonPin1);
    buttonState2 = digitalRead(buttonPin2);
    buttonState3 = digitalRead(buttonPin3);
    buttonState4 = digitalRead(buttonPin4);
    weight=scale.get_units(5), 1;
    y=ceil(weight/10)*10;                    //ความละเอียด 10 g
    //=====Button1==============================เก็บค่ามาตราฐาน 2200
    if (buttonState1 != lastButtonState1)
    {
      if (buttonState1 == LOW)
      {
        EEPROM.write(6,0);
        EEPROM.write(16,0);
        EEPROM.write(15,0);
        EEPROM.write(5000,0);
        v = 1;
        eepwrite(2200);
        water_in=2200;
        EEPROM.write(6,1);
      }
      lastButtonState1 = buttonState1;
    }
    //============================================
    //=====Button2==============================เก็บค่าน้ำหนักใหม่
    if (buttonState2 != lastButtonState2)
    {
      if (buttonState2 == LOW)
      {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if(v == 1)
    {
      digitalWrite(6,LOW);
      led_pinb=7;
      water_in=2200;
      eepwrite(y);
    }
    else
    {
      digitalWrite(6,LOW);
      led_pinb=7;
      water_in=eepread();
      eepwrite(y);
    }
   }
   lastButtonState2 = buttonState2;
}
//=========================================
//=====Button3=================================เก็บค่าน้ำหนักเก่า
if (buttonState3 != lastButtonState3)
{
   if (buttonState3 == LOW)
   {
      digitalWrite(6,LOW);
      digitalWrite(7,LOW);
      led_pinb=16;
      water_out=y-(2200-eepread());          //Cal_water_out
      gain_loss=water_in-water_out;          //Cal_gain_loss
      if(EEPROM.read(16)==0)
      {
        last_total=tread();
      }
      else
      {
        last_total=tread()-(tread()*2);
      }
      if(EEPROM.read(6)==1)
      {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            total=gain_loss;
          }
          else
          {
            total=last_total+(gain_loss);        //Cal_total
          }
          if(total>0)
          {
            EEPROM.write(16,0);
            twrite(abs(total));
          }
          else
          {
            EEPROM.write(16,1);
            twrite(abs(total));
          }
          if(EEPROM.read(6)<=3)
          {
            water_day=800;
            x=water_day/100;
            EEPROM.write(5000,x);
            w = 1;
          }
          else
          {
            water_day=total+800;                 //Cal_water_day
            x=water_day/100;
            EEPROM.write(5000,x);
            w = 1;
          }
Serial.println("<"+String(EEPROM.read(6))+","+String(water_in)+","+String(water_out)+","+
String(gain_loss)+","+String(total)+","+String(water_day)+",1,>");
          digitalWrite(8,HIGH);
          EEPROM.write(6,EEPROM.read(6)+1);
        }
        lastButtonState3 = buttonState3;
      }
      //=============================================
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if(y>4000)
    {
      set_char();
    }
    else
    {
      //=====Button4================================
      if (buttonState4 == LOW)
      {
        if(w == 1)
        {
          print_digita(water_day);
        }
        else
        {
          z=EEPROM.read(5000)*100;
          print_digita(z);
        }
      }
      //============================================
      else
      {
        print_digita(y);
      }
    }
    led_blink(led_pinb);
}
void led_blink(int ledPin)
{
  unsigned long currentMillis = millis();
  if(currentMillis - previousMillis >= interval)
  {
    previousMillis = currentMillis;
    if (ledState == LOW)
      ledState = HIGH;
    else
      ledState = LOW;
    digitalWrite(ledPin, ledState);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  }
}
//-----Overload----------------------
void set_char()
{
lc.setChar(0,4,'-',false);
lc.setChar(0,5,'-',false);
lc.setChar(0,6,'-',false);
lc.setChar(0,7,'-',false);
}
//-------------------------------------
int tread()
{
  int nl=EEPROM.read(15);
  String weight;
  for(int i=10;i<=nl+10;i++)
  {
    weight+=String(EEPROM.read(i));
  }
  return weight.toInt();
}
void twrite(int in)
{
  int nl=String(in).length();
  for(int i=10;i<=nl+10;i++)
  {
    EEPROM.write(i,String(in).substring(i-10,(i-10)+1).toInt());
  }
  EEPROM.write(15,nl-1);
}
int eepread()
{
  int nl=EEPROM.read(5);
  String weight;
  for(int i=0;i<=nl;i++)
  {
    weight+=String(EEPROM.read(i));
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  return weight.toInt();
}
void eepwrite(int in)
{
  int nl=String(in).length();
  for(int i=0;i<=nl;i++)
  {
    EEPROM.write(i,String(in).substring(i,i+1).toInt());
  }
  EEPROM.write(5,nl-1);
}
void print_digita(int num)
{
  lc.clearDisplay(0);
  int nl=String(num).length();
  for(int i=0;i<=nl-1;i++)
  {
    lc.setDigit(0,i+4,String(num).substring(nl-i, (nl-1)-i).toInt(),false);
  }
}
void print_digitb(int num)
{
  int nl=String(num).length();
  for(int i=0;i<=nl-1;i++)
  {
    lc.setDigit(0,i,String(num).substring(i, i+1).toInt(),false);
  }
}
//-----Open-------------------------
void set_open1()
{
lc.setChar(0,4,'-',false);
lc.setChar(0,5,'0',false);
lc.setChar(0,6,'0',false);
lc.setChar(0,7,'-',false);
}
void set_open2()
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lc.setChar(0,4,'0',false);
lc.setChar(0,5,'-',false);
lc.setChar(0,6,'-',false);
lc.setChar(0,7,'0',false);
}
//-------------------------------------
void open_1()
{
  set_open1();
  delay(500);
}
void open_2()
{
  set_open2();
  delay(500);
}
void open_close()
{
  open_1();
  open_2();
}
void open_set()
{
  open_close();
  open_close();
  open_close();
}
```

โปรแกรมของส่วนที่ชั่งน้ำหนัก (Memory)

```
#include <Wire.h>
#include <Time.h>
#include <DS3232RTC.h>
const int chipSelect = 10;
#include <SdFat.h>
SdFat sd;
SdFile myFile;
//-----SW-----------------------------
const int buttonPin1 = 2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int buttonState1 = 0;
int lastButtonState1 = 0;
//-------------------------------------
String command = "";
String command2="";
char commandStart = '<';
char commandEnd = '>';
String w_round;
String water_in;
String water_out;
String gain_loss;
String total;
String water_day;
String type;
int a = 0;
void setup()
{
 Serial.begin(9600);
 //-----LED-----------------------D6-D8
 pinMode(6,OUTPUT);
 pinMode(7,OUTPUT);
 pinMode(8,OUTPUT);
 //-----------------------------------
 //----CheckSD----------------------
 if (!sd.init(SPI_HALF_SPEED, chipSelect))
 {
    Serial.println("Failed");
    digitalWrite(6,LOW);
 }
 else
 {
    Serial.println("Done");
    digitalWrite(6,HIGH);
 }
 //-------------------------------------
 //----CheckTime-----------------------
 setSyncProvider(RTC.get);
 if(timeStatus() != timeSet)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
   Serial.println("Unable to sync with the RTC");
   digitalWrite(7,LOW);
}
else
{
   Serial.println("RTC has set the system time");
   digitalWrite(7,HIGH);
}
//---------------------------------
//----CheckFile-----------------------
if(myFile.open("PD.csv"))
{
 Serial.println("YES");
 digitalWrite(8,LOW);
 myFile.close();
}
 else
{
 Serial.println("NO");
 digitalWrite(8,HIGH);
}
 //---------------------------------
}
void loop()
{
  buttonState1 = digitalRead(buttonPin1);
  //=====Button1================================build table
  if (buttonState1 != lastButtonState1)
  {
     if (buttonState1 == LOW)
     {
      a++;
      if(a == 1)
      {
        wsd();
        digitalWrite(8,LOW);
      }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    else
    {
      digitalWrite(8,LOW);
    }
   }
   lastButtonState1 = buttonState1;
 }
 //=============================================
 while (Serial.available() > 0)
 {
   int input = Serial.read();
   if (input == commandStart)
   {
     command = "";
   }
   else if (input == commandEnd)
   {
     handle(command);
     command = "";
   }
   else
   {
     command += (char)input;
   }
 }
}
void handle(String command)
{
   w_round=getStringPartByNr(command, ',', 0);
   water_in=getStringPartByNr(command, ',', 1);
   water_out=getStringPartByNr(command, ',', 2);
   gain_loss=getStringPartByNr(command, ',', 3);
   total=getStringPartByNr(command, ',', 4);
   water_day=getStringPartByNr(command, ',', 5);
   type=getStringPartByNr(command, ',', 5);
   Serial.print(day());
   Serial.print("/");
   Serial.print(month());
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Serial.print("/");
    Serial.print(year());
    Serial.print(",");
    Serial.print(w_round);
    Serial.print(",");
    Serial.print(water_in);
    Serial.print(",");
    Serial.print(water_out);
    Serial.print(",");
    Serial.print(gain_loss);
    Serial.print(",");
    Serial.print(total);
    Serial.print(",");
    Serial.print(water_day);
    Serial.println("");
    wsd2();
}
void wsd2()
{
    if (!myFile.open("PD.csv", O_RDWR | O_CREAT | O_AT_END))
    {
    }
    else
    {
      myFile.print(day());
      myFile.print("/");
      myFile.print(month());
      myFile.print("/");
      myFile.print(year());
      myFile.print(",");
      myFile.print(w_round);
      myFile.print(",");
      myFile.print(water_in);
      myFile.print(",");
      myFile.print(water_out);
      myFile.print(",");
      myFile.print(gain_loss);
      myFile.print(",");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      myFile.print(total);
      myFile.print(",");
      myFile.print(water_day);
      myFile.println("");
      myFile.close();
      Serial.println("SD write");
    }
}
void wsd()
{
    if (!myFile.open("PD.csv", O_RDWR | O_CREAT | O_AT_END))
    {
    }
    else
    {
      myFile.print("DAY");
      myFile.print(",");
      myFile.print("ROUND");
      myFile.print(",");
      myFile.print("WATER-IN");
      myFile.print(",");
      myFile.print("WATER-OUT");
      myFile.print(",");
      myFile.print("GAIN/LOSS");
      myFile.print(",");
      myFile.print("TOTAL");
      myFile.print(",");
      myFile.print("WATER/DAY");
      myFile.println("");
      myFile.close();
      Serial.println("SD write");
    }
}
String getStringPartByNr(String data, char separator, int index)
{
    int stringData = 0;
    String dataPart = "";
    for(int i = 0; i<data.length()-1; i++)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    {
      if(data[i]==separator)
      {
        stringData++;
      }
      else if(stringData==index)
      {
        dataPart.concat(data[i]);
      }
      else if(stringData>index)
      {
        return dataPart;
        break;
      }
    }
    return dataPart;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

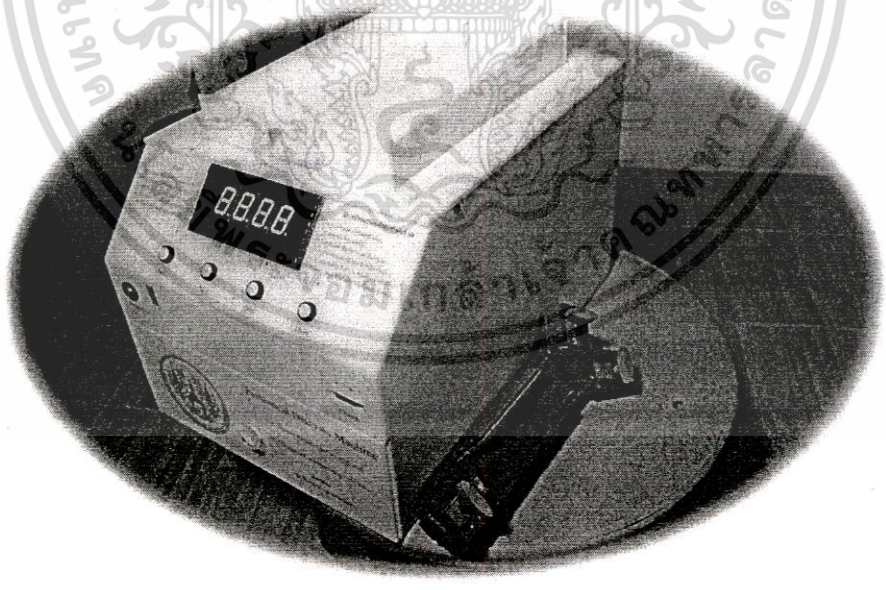
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

ระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่องด้วยตนเอง

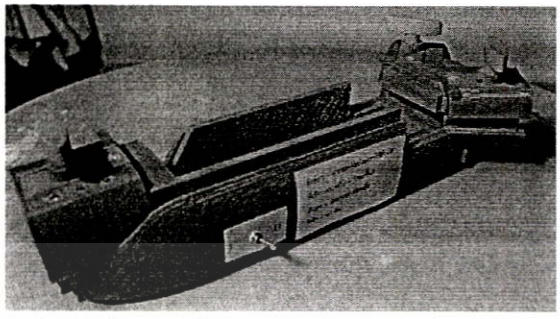
The Semi-automation control system for Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis.



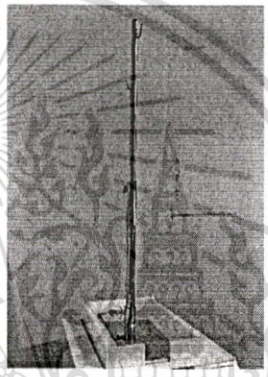
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่องด้วยตนเองประกอบไปด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

1. เครื่องแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต

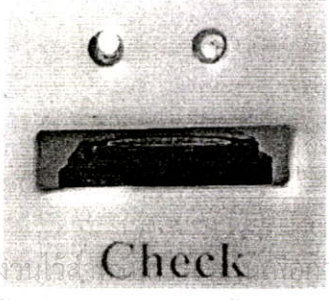


2. เครื่องชั่งน้ำหนักน้ำยาล้างไต



<u>คุณสมบัติของเครื่องช่วยล้างไตทางหน้าท้อง</u>

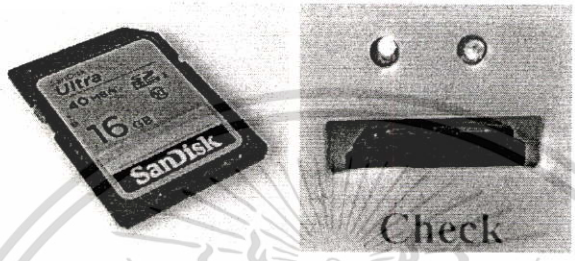
1. เครื่องแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต
   - 1.1. แจ้งเตือนลำดับการกดและปล่อยสายยางของถุงน้ำยาล้างไต (ไฟสีส้ม)
   - 1.2. แจ้งเตือนความพร้อมการใช้งานการล้างไต (ไฟสีเขียว)
   - 1.3. แจ้งเตือนการปิดเครื่องแจ้งเตือนการเปลี่ยนจ่ายน้ำยาล้างไต (ไฟสีเขียวกระพริบ)
   - 1.4. แจ้งเตือนความเสี่ยงโอกาสของการติดเชื้อในน้ำยาล้างไต (ไฟสีแดง)
   - 1.5. แจ้งเตือนให้กดปุ่มบันทึกที่เครื่องชั่งน้ำหนัก (ไฟสีฟ้า)
2. เครื่องชั่งน้ำหนักน้ำยาล้างไต
   - 2.1. แจ้งเตือนความพร้อมเครื่องชั่งน้ำหนักน้ำ (ไฟสีเขียว 2 ดวง)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

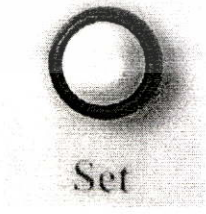
2.2. จอแสดงค่าน้ำหนักปัจจุบัน (จอสีเขียว)

2.3. บันทึกค่าลง Secure Digital Card (SD Card) ไฟล์สามารถเปิดบน Excel



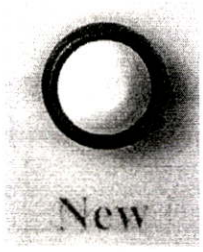
2.4. แจ้งเตือนลำดับการกดปุ่มใช้งานบนเครื่องชั่งน้ำหนัก (ไฟสีฟ้า)

2.5. สร้างตาราง นับรอบใหม่ ตั้งค่าน้ำหนักเริ่มต้นของน้ำยาใหม่ จากการกดปุ่ม Set



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6. บันทึกค่าน้ำหนักน้ำยาล้างไตก่อนเข้าหน้าท้อง จากการกดปุ่ม New

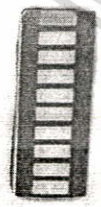


2.7. บันทึกค่าน้ำหนักน้ำยาล้างไตหลังเข้าหน้าท้อง จากการกดปุ่ม Old

2.8. แสดงค่าปริมาณที่ควรบริโภคต่อวันบนจอแสดงค่าน้ำหนัก จากการกดปุ่ม Show (โดยการกดค้าง)

2.9. น้ำหนักสูงสุดที่เครื่องชั่งน้ำหนักน้ำยาล้างไตรับได้ไม่เกิน 4 กิโลกรัม

2.10. สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องโดยมีแบตเตอรี่ในตัว ซึ่งจะมีการแสดงระดับแรงดัน



<u>การเตรียมตัวก่อนปฏิบัติการล้างไตผ่านเครื่องช่วยล้างไต</u>

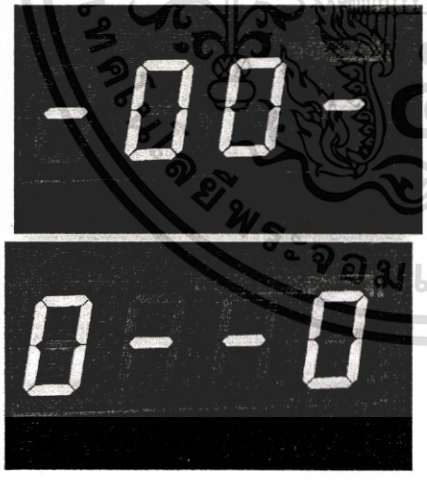
1. สวมผ้าปิดปากปิดจมูก
2. ล้างมือและเช็ดมือให้แห้งด้วยผ้าสะอาด
3. ทำความสะอาดโต๊ะโดยใช้แอลกอฮอล์ 70 % เช็ดโต๊ะโดยวนจากจุดตรงกลางออกไปด้านนอกและเช็ดขอบโต๊ะโดยรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เตรียมอุปกรณ์ เครื่องชั่งน้ำหนัก , เครื่องแจ้งเตือนการถ่ายจ่ายน้ำยา , ถุงน้ำยาใหม่ , จุกปิดสีขาว
5. ล้างมือด้วยเจลล้างมือ ทำความสะอาดเครื่องชั่งน้ำหนักโดยใช้แอลกอฮอล์ 70 % เช็ดบริเวณปุ่มกด และฐานลองชั่งรวมถึงอุปกรณ์เสริมหากใช้งาน
6. ล้างมือด้วยเจลล้างมือ ตรวจสอบสภาพถุงน้ำยาจากด้านนอกของถุงน้ำยา ได้แก่ วันหมดอายุ ปริมาตร ความเข้มข้นของน้ำยา ความขุ่นใส และตรวจดูว่าถุงรั่วหรือไม่ พร้อมฉีกถุงและแกะสายน้ำยา และนำน้ำยาใหม่วางหรือแขวนบนฐานชั่งน้ำหนัก แล้วนำน้ำยาล้างไตถุงเปล่าไว้ข้างล่างอยู่ในระดับต่ำกว่าระดับหน้าท้องผู้ป่วย
7. ล้างมือด้วยเจลล้างมือ ทำความสะอาดเครื่องแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาโดยใช้แอลกอฮอล์ 70 % เช็ดบริเวณตัวเครื่อง แล้วนำผ้าก๊อซลองบนรางวางข้อต่อถ่ายน้ำยา
8. ล้างมือและเช็ดมือให้แห้งด้วยผ้าสะอาด

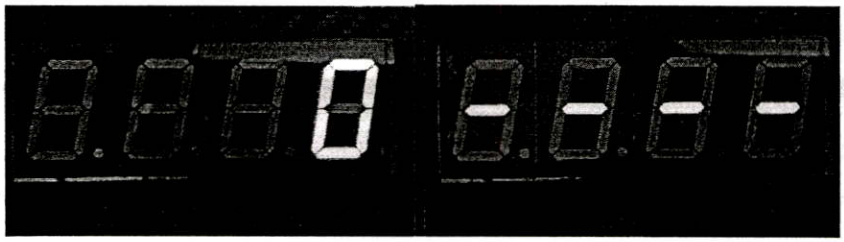
<u>ลักษณะการใช้งานของเครื่องช่วยล้างไตทางหน้าท้อง</u>

1. เมื่อผู้ป่วยเตรียมตัวการล้างไตทางหน้าท้องเรียบร้อยแล้ว
2. เสียบปลั๊กและเปิดเครื่องชั่งน้ำหนักน้ำยาล้างไต โดยถ้าหากผู้ป่วยต้องการใช้อุปกรณ์เสริม (เสาแขวนน้ำยา)ให้ผู้ป่วยนำมาวางก่อนเปิดเครื่อง บนจอจะแสดง ค่า -00- , 0--0 สลับกัน จำนวน 3 รอบ

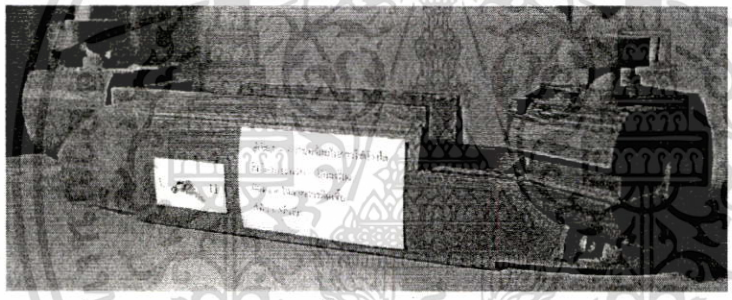


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่าบนจอจะแสดง 0 โดยในที่นี่ หน่วยของน้ำหนักน้ำยาล้างไต คือ กรัม และความละเอียดของน้ำหนัก เท่ากับ 10 กรัม สูงสุด 4000 กรัม เมื่อน้ำหนักเกินจะแสดง ----



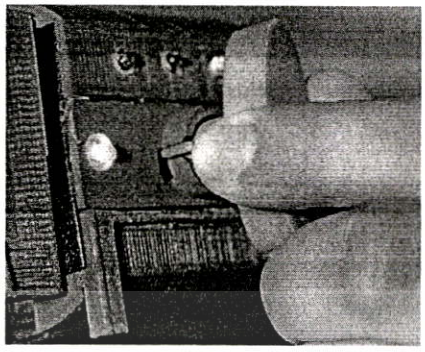
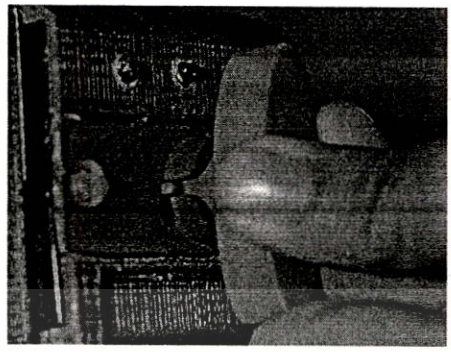
4. โดยก่อนที่บนจอจะแสดงค่า 0 ห้ามนำสิ่งใดไปวางไว้บนที่ชั่งน้ำยาล้างไต
5. ล้างมือด้วยเจลล้างมือ และนำสายยางทางหน้าท้องผู้ป่วยต่อกับถุงถ่ายน้ำยา
6. ก่อนเปิดเครื่องแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต ให้ตรวจสอบสถานะเครื่องก่อนโดยให้กดปุ่มคันโยกความพร้อมข้างตัวเครื่องให้อยู่ในทาง H และดึงปุ่มสีชมพูที่ไว้หนีบสายยางน้ำยาล้างไตทั้ง 3 ด้าน



7. เปิดเครื่องแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต

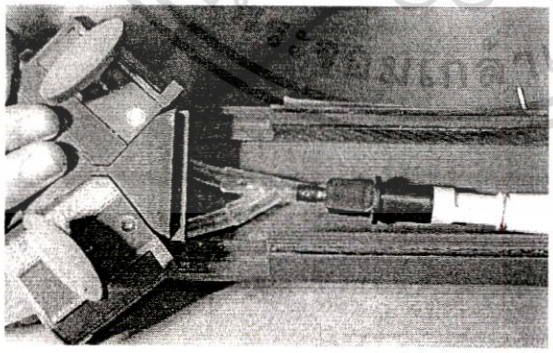
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ถ้าในกรณีไฟสีส้มขึ้นในทางใด ๆ ก็ตามให้กลับทางสถานะปุ่มหนีบสายสีชมพู โดยถ้า กดอยู่ให้ดึงขึ้น หรือ ถ้า ปล่อยอยู่ให้กดลง

9. หลังจากเปิดเครื่องแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต ไฟสีส้มจะแสดงทางผู้ป่วยให้ใส่สายยางทางหน้าท้องผู้ป่วยที่ต่อกับถุงถ่ายน้ำยาไว้แล้วลงในเครื่องถ่ายน้ำยาล้างไตและกดตัวหนีบสีชมพูทับสายยางผู้ป่วย

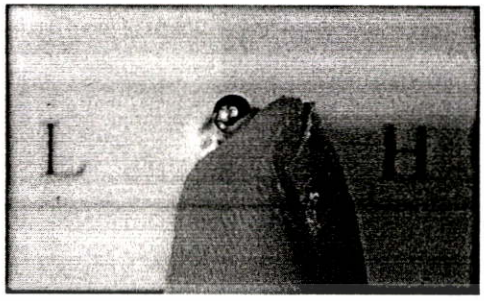
10. ไฟสีส้มจะแสดงทางน้ำยาใหม่ให้กดตัวหนีบสายยางสีชมพูทางน้ำยาใหม่



11. ไฟสีส้มจะแสดงทางผู้ป่วย ให้ดึงตัวหนีบขึ้นน้ำยาเก่าจะไหลออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. ไฟสีเขียวจะแสดงให้**เปิดข้อต่อสายทางหน้าท้องผู้ป่วย**และ**หักข้อถุงน้ำยาใหม่ให้ไหล**ก่อนกลับคันโยกไปทาง L ซึ่งจะทำการ**รอ 15 นาที**ในการปล่อยน้ำยาเก่าออก

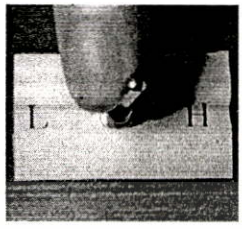


13. ในกรณีที่น้ำยาหมดก่อนสำหรับผู้ชำนาญให้ไปขั้นตอนต่อไปได้ทุกเมื่อตามที่ต้องการ
14. หลังจาก 15 นาที**ไฟสีส้มจะแสดงทางผู้ป่วย**ให้กดสายผู้ป่วย

15. ในกรณีที่ไม่ต้องการปล่อยน้ำยาล้างไตใหม่ทิ้งให้กดตัวหนีบสีชมพูทางน้ำยาเก่า แต่ต้องกดปุ่ม New ที่เครื่องชั่งน้ำยาล้างไต
16. หลังจากกดสายผู้ป่วย ไฟสีส้มจะแสดงทางน้ำยาใหม่ ให้ดึงตัวหนีบขึ้น
17. ไฟสีส้มจะแสดงทางน้ำยาเก่า ให้หนีบสายยางเมื่อได้ปริมาณน้ำยาตามต้องการและสามารถกดหรือปล่อยตัวหนีบได้อย่างอิสระจนได้ปริมาณน้ำยาต้องการ แล้วไฟสีฟ้าจะแสดงบนเครื่องแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไตผู้ป่วยไป**กดปุ่ม New ที่เครื่องชั่งน้ำยาล้างไต**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18. ไฟสีส้มจะแสดงทางผู้ป่วย ให้ดึงตัวหนีบขึ้น ซึ่งจะทำการ**รอ 15 นาที**ในการนำน้ำยาใหม่เข้าในหน้าท้องของผู้ป่วย
19. ในกรณีที่น้ำยาหมดก่อนสำหรับผู้ชำนาญให้ไปขั้นตอนต่อไปได้ทุกเมื่อตามที่ต้องการ
20. หลังจาก 15 นาที **ไฟสีเขียวจะแสดงให้สลับคันโยกเป็น H**



21. ไฟสีส้มจะแสดงทางผู้ป่วยให้กดตัวหนีบลง ไฟสีฟ้าจะแสดงบนเครื่องแจ้งเตือนการเปลี่ยนจ่ายน้ำยาล้างไตผู้ป่วยไปกดปุ่ม Old ที่เครื่องชั่งน้ำยาล้างไต (ก่อนกดให้ผู้ป่วยนำถุงน้ำยาเก่ามาวางบนที่ชั่งน้ำหนักก่อน)

22. ไฟสีแดงจะแสดงหากมี**โอกาสความเสี่ยง**ในการติดเชื้อ
23. ไฟสีเขียวจะกระพริบให้ทำการปิดเครื่องแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต
24. ปิดข้อต่อทางผู้ป่วย ปลดสายยาง และทำความสะอาดพร้อมจัดเก็บให้เรียบร้อย

ตัวอย่างผลการบันทึกจาก SD – Card ในรูปแบบ Excel

	A	B	C	D	E	F	G
1	DAY	ROUND	WATER-IN	WATER-OUT	GAIN/LOSS	TOTAL	WATER/DAY
2	13/5/2016	1	2200	2000	200	200	800
3	13/5/2016	2	1700	2000	-300	-100	800
4	13/5/2016	3	2000	1800	200	100	800
5	13/5/2016	4	1900	1300	600	700	1500
6	27/5/2016	1	0	2280	-2280	-2280	800
7	27/5/2016	2	2240	-2030	4270	1990	800
8	27/5/2016	3	90	170	-80	1910	800
9	27/5/2016	4	80	2360	-2280	-370	430
10	28/5/2016	1	2280	2360	-80	-80	800
11	28/5/2016	2	2280	2360	-80	-160	800

***ในกรณีที่เปิดไฟล์มาในส่วนของวันที่ถ้าแสดง######ให้ขยายพื้นที่ออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการใช้งานเครื่องชั่งน้ำหนักสำหรับล้างไต

1. กดปุ่ม Power เพื่อเปิดและปิดเครื่อง
2. กดปุ่ม ตามสัญญาณไฟสีฟ้า
3. กดปุ่ม Set เพื่อสร้างตารางและตั้งค่าเริ่มต้น
4. กดปุ่ม New เพื่อบันทึกน้ำยาล้างไตที่เข้าท้องผู้ป่วย
5. กดปุ่ม Old เพื่อบันทึกน้ำยาล้างไตที่ออกจากท้องผู้ป่วย
6. กดปุ่ม Show เพื่อแสดงค่าปริมาณน้ำที่ควรบริโภคต่อวัน

ข้อควรรู้เครื่องชั่งน้ำหนักสำหรับล้างไต

1. ควรตรวจดูแถบสถานะไฟข้างปุ่ม Power ทุกครั้ง
2. ควรตรวจดูสถานะไฟสีเขียวครบ 2 ดวงเหนือ SD – Card
3. กดปุ่มสัญญาณไฟสถานะค้างก่อนกระพริบเสมอ
4. กดปุ่ม Show ค่าของครั้งก่อนได้ ก่อนเริ่มบันทึกงานใหม่
5. ไม่ควรใช้เครื่องชั่งน้ำหนักสำหรับล้างไตผิดวัตถุประสงค์

วิธีการใช้งานเครื่องแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต

1. กดปุ่ม Power เพื่อเปิดและปิดเครื่อง
2. กดปุ่ม ตามสัญญาณไฟสีส้ม
3. โยกปุ่มข้างเครื่อง เพื่อเตรียมความพร้อม
4. ปุ่ม New เพื่อหนีบหรือปล่อยสายยางทางถุงน้ำยาใหม่
5. ปุ่ม Old เพื่อหนีบหรือปล่อยสายยางทางถุงทิ้งน้ำยา
6. ปุ่ม Human เพื่อหนีบหรือปล่อยสายยางทางหน้าท้องของผู้ป่วย
7. ไฟสีเขียว หมายถึง ความพร้อมในการใช้งาน
8. ไฟสีแดง หมายถึง ผู้ป่วยมีโอกาสติดเชื้อควรไปพบแพทย์
9. ไฟสีฟ้า หมายถึง บันทึกค่าน้ำหนักน้ำยาล้างไต

ข้อควรรู้เครื่องแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต

1. ควรตรวจดูปุ่ม New, Old, Human ให้อยู่ในสถานะปล่อยก่อนใช้งานเสมอ
2. ควรตรวจดูสถานะปุ่มโยกข้างเครื่อง ให้อยู่ในสถานะ H ก่อนใช้งานเสมอ
3. สัญญาณไฟสถานะค้างสำคัญกว่ากระพริบเสมอ
4. สัญญาณไฟสีเขียวกระพริบ หมายถึง ปิดเครื่อง
5. ไม่ควรใช้เครื่องแจ้งเตือนการเปลี่ยนจ่ายน้ำยาล้างไตผิดวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>คุณภาพเครื่องช่วยล้างไตทางหน้าท้อง</u>

1. วัสดุของเครื่องแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต
   - โครงสร้างทำจาก พลาสติก ชนิด White Plastic (Polyamide)
     Gray Plastic (Polylactic acid)
   - White Plastic (Polyamide) สีชมพู และสีน้ำเงิน ทนความร้อนได้ไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส
   - Gray Plastic (Polylactic acid) สีชมพู และสีน้ำเงิน ทนความร้อนได้ไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส
2. วัสดุของชั่งน้ำหนักน้ำยาล้างไต
   - โครงสร้างทำจาก แผ่นอะคริลิค สีขาวขุ่นความหนา 5 , 10 มิลลิเมตร
   - ทนทานต่อแรงกระแทก แรงกด และสภาพแวดล้อมในระดับหนึ่ง
   - ทนทานต่อสารเคมีหลายชนิด ยกเว้น สารตัวทำละลาย กรด และด่างแก่ทุกชนิด
   - มีการอ่อนตัวต่ำ มีความเหนียว และทนต่อความร้อนได้ไม่เกิน 80 องศาเซลเซียส
   - มีสภาพคงรูปที่ดี เป็นฉนวนไฟฟ้า และฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี
   - ไม่ดูดวามชื้น
   - ไม่ควรทิ้งไว้กลางแดด กลางฝน เป็นเวลานาน
3. Secure Digital Card (SD Card)
   - ใช้ปริมาณความจุอย่างน้อย 1 GB
   - ในที่นี่ใช้ปริมาณความจุอย่างน้อย 16 GB ของยี่ห้อ San Disk

คำเตือน

เครื่องช่วยล้างไตทางหน้าท้องเครื่องนี้เป็นเพียงเครื่องต้นแบบสำหรับการช่วยเหลือผู้ป่วยที่ใช้วิธีการล้างไตทางหน้าท้องเท่านั้น โดยเครื่องต้นแบบนี้ได้ผ่านการทดสอบมาตราฐานในเบื้องต้นด้านการใช้งานจริงซึ่งอาจทำให้สายยางทางช่องหน้าท้องของผู้ป่วยเกิดรอยเล็กน้อยเนื่องจากการใช้งานได้ และสายยางที่เหมาะนำมาใช้กับเครื่องต้นแบบจะเป็นสายยางของถุงน้ำยาแบบ Twin bag ของบริษัท Baxter เท่านั้น โดยน้ำหนักที่ใช้ชั่งกับเครื่องต้นแบบห้ามเกิน 4.5 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
สรุปผลดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานวิจัย

จากการดำเนินการวิจัย ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2558 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2559 ผลการดำเนินงานที่สำเร็จ ณ วันที่ 30 กันยายน 2559 ประกอบด้วย

- ชิ้นงาน ต้นแบบ เพื่อใช้ในการศึกษาระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่องด้วยตนเอง
- รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง ระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่องด้วยตนเอง
- รับรางวัลสุดยอดแนวความคิด จาก ศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (TCELS) โดยจัดการประกวด i-MEDBOT Innovation Contest 2016

ผลที่กำลังดำเนินการ

- บทความวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

สรุปการใช้จ่ายการดำเนินการโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสโครงการ/รหัสสัญญา 2557-A1180-2262

แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 3 รอบ 12 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2559

☑ แหล่งงบประมาณแผ่นดิน (แบบปกติ) ☐ แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่องด้วยตนเอง

(ภาษาอังกฤษ) The Semi-automation control system for Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ.) มนตรี ไชยชาญยุทธ์
รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2558 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2559
ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2558 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2559

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 372,640 บาท 85 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ด/ว) 19/11/2558
งวดที่ 2 65,760 บาท 15 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ด/ว) 14/09/59

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย (

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร : ค่าจ้างชั่วคราว	140,160	140,160	-
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน	-	-	-
ค่าใช้สอย	102,240	102,240	-
ค่าวัสดุ	196,000	196,000	-
ค่าสาธารณูปโภค	-	-	-
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-	-	-
รวม	438,400	438,400	438,400

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มนตรี ไชยชาญยุทธ์)
ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน
30 / 09 / 2559

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มนตรี ไชยชาญยุทธ์)
ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง
30 / 09 / 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : นักวิจัยหรือเจ้าหน้าการเงินสามารถปรับหรือเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมข้อความได้ตามความเหมาะสมและสอดคล้องกับการดำเนินงาน อาทิเช่น นักวิจัยอยู่ระหว่างการดำเนินการเคลียร์ด้านเอกสารทางการเงิน หรือข้อความอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย/ผู้วิจัยหลัก/ผู้วิจัยร่วม/ที่ปรึกษาโครงการ

1. หัวหน้าโครงการ

1.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์

(อังกฤษ) MR. Montree CHAICHANYUT

1.2 เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 9001 00182 80 8

1.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 5

1.4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

แผนก/ภาควิชา ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ **กอง/คณะ** วิทยาเขตชุมพร

กรม/มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่อยู่ หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160

โทรศัพท์ 077-591-445

โทรสาร 077-506-410

Email: kcmontre@kmitl.ac.th

1.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2547	โท	วศ.ม.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2545	ตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

1.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

- อิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์และการประมวลผลสัญญาณ
- วิศวกรรมระบบเครื่องมือวัดควบคุมและอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

1.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

1.7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

1.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

1.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- **ชื่อเรื่อง** Thermal Conduction and Perfusion of Ring-Slot Microwave Antenna for treatment Liver Tumor

  วารสาร International Conference on Biomedical Engineering (ICoBE), Organized bySchool of Mechatronic Engineering,Universiti Malaysia Perlis (UniMAP), Perlis, Malaysia Tutorials

  ปีที่พิมพ์ 26th February, 2012 Conference: 27-28, February 2012

  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

- **ชื่อเรื่อง** Microwave Ablation with Cap-Choke Antenna: Result in Computer Simulation

  วารสาร International Conference organized by Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2010),

  ปีที่พิมพ์ 19-21 MAY,2010 ,Chiang Mai, THAILAND

  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ชื่อเรื่อง** ความเป็นไปได้ในการตรวจจับการลอกคราบของปูด้วยวิธีการประมวลผลภาพสำหรับฟาร์มปูนิ่ม
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11
  ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** เทคนิคการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟแบบสาย พานลำเลียง
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11
  ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** เครื่องคัดแยกขนาดสับปะรดโดยใช้อินฟาเรดเซนเซอร์
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11
  ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** เครื่องคั่วกาแฟ
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11
  ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** การออกแบบโพรบตรวจจับความชื้นในผิวดินด้วยวิธีการวัดความนำ ไฟฟ้า
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
  ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** ระบบต้นแบบการเก็บข้อมูลขนาดความยาว และ น้ำหนักของปลาทะเล
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
  ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** ระบบต้นแบบการตรวจจับการลอกคราบของปูทะเลสำหรับฟาร์มปูนิ่มด้วยวิธีการประมวลผลภาพ
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
  ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** ตู้ต้นแบบเพื่อการเพาะถั่วงอกปลอดสารพิษในครัวเรือนด้วยระบบควบ คุมอุณหภูมิ และความชื้น
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
  ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** LENGTH EFFECT OF DIELECTRIC-TIP MONOPOLE ANTENNA TO TEMPERATURE DISTRIBUTIONS FOR MICROWAVE ABLATION
  วารสาร International Conference on Cellular & Molecular Bioengineering
  ปีที่พิมพ์ 10-12th December 2007, Singapore
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** LENGTH EFFECT OF METAL-TIP MONOPOLE ANTENNA TO TEMPERATURE DISTRIBUTIONS FOR MICROWAVE ABLATION
  วารสาร World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006
  ปีที่พิมพ์ August 27 –September 1 WC 2006
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ชื่อเรื่อง** COMPARISON TEMPERATURE DISTRIBUTION BETWEEN MICROWAVE AND RADIO-FREQUENCY ABLATION PROBE IN HEPATIC CANCER
  วารสาร World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006
  ปีที่พิมพ์ August 27 –September 1 WC 2006
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "FINITE ELEMENT METHOD FOR ANALYSIS OF HEPATIC CANCER TISSUE DESTRUCTION USING 2.45 GIGAHERTZ ANTENNAS"
  วารสาร ICBME the 12th INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMEDICAL ENGINEERING
  ปีที่พิมพ์ December 7-10, 2005
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "Finite Element Analyses for a study of Hepatic cancer tissue destruction using monopolar and bipolar Radio-frequency Ablation"
  วารสาร ISBME INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMEDICAL ENGINEERING
  ปีที่พิมพ์ November 16-18, 2004
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "ระบบเก็บข้อมูลสำหรับอุณหภูมิและความชื้น"
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมการเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5
  ปีที่พิมพ์ 2547
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

1.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ

- **ชื่อเรื่อง** "เครื่องต้นแบบการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นผลผลิตการเกษตรตามเวลาจริงโดยใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อทำนายการอบแห้ง"
- **ชื่อเรื่อง** "เครื่องต้นแบบสำหรับการรับซื้อขยะเพื่อช่วยลดโลกร้อน (ขวดพลาสติกและกล่องเครื่องดื่มยูเอชที"
- **ชื่อเรื่อง** "เครื่องวัดและศึกษาดัชนีบ่งชี้ความสดของเนื้อปลาทะเลโดยการวัดความต้านทานเชิงซ้อน"

2. ผู้ร่วมวิจัย

2.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายพิมล ผลพฤกษา
(อังกฤษ) MR. Phimon PHONPHRUKSA
2.2 **เลขหมายประจำตัวประชาชน** 3 8601 00763 24 1
2.3 **ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์ระดับ 5
2.4 **หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้**
แผนก/ภาควิชา ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ **กอง/คณะ** วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
กรม/มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่ หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160
โทรศัพท์ 077-591-445
โทรสาร 077-506-410
Email: kpphimon@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2545	โท	วศ.ม.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2543	ตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

2.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

- อิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์และการประมวลผลสัญญาณ
- วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และการประมวลผล

2.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ: ระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

2.7.1 การบริหารงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัย

2.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

2.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์การเผยแพร่และสถานภาพในการทำวิจัย

- ชื่อเรื่อง "วิธีการและเครื่องมือในการวัดหาค่า ผลตอบสนองการส่งผ่านของฮีมาโตคริตโดยวิธีการทางแสง"
  วารสาร การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 25 (EECON-25) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
  ปีที่พิมพ์ 2545
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย
- ชื่อเรื่อง "A Photoplethysmographic Method For real time Hematocrit Monitoring"
  วารสาร International Congress on Biological and Medical Engineering (ICBME)
  ปีที่พิมพ์ 2002
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

2.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ —

3. ผู้ร่วมวิจัย

3.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Athasart NARKTHEWAN

3.2 มายประจำตัวประชาชน 3 8097 00050 44 8

3.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 5

3.4 หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

แผนก/ภาควิชา	ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ กอง/คณะ วิทยาเขตชุมพร
กรม/มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่	หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160
โทรศัพท์	077-591-445
โทรสาร	077-506-410
Email:	knathasa@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2545	โท	วศม.	วิศวกรรมไฟฟ้า	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2536	ตรี	คอบ.	ครุศาสตร์วิศวกรรม	อิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

3.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

- Image Processing
- Pattern Recognition

3.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

3.7.1 การบริหารงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัย

3.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

3.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- ชื่อเรื่อง "การตรวจหาสิ่งผิดปกติในเท็กเจอร์ของผ้าไหมโดยใช้การแปลงเวฟเล็ต."
  วารสาร การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41
  ปีที่พิมพ์ 3-7 กุมภาพันธ์ 2546.
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย
- ชื่อเรื่อง "การวิเคราะห์เท็กเจอร์โดยใช้การแปลงเวฟเล็ต."
  วารสาร การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 20
  ปีที่พิมพ์ พฤศจิกายน 2540.
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย
- ชื่อเรื่อง "การแก้ไขรายละเอียดของภาพโดยใช้การแปลงเวฟเล็ต."
  วารสาร วิศวสารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง
  ปีที่พิมพ์ เมษายน 2540.
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

2.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ ---

4. ที่ปรึกษาโครงการ

4.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายพลศาสตร์ เลิศประเสริฐ
(ภาษาอังกฤษ) Mr.Polsart LERTPASERT

4.2 เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 3001 00371 48 7

4.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 7

4.4 หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

แผนก/ภาควิชา ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ กอง/คณะ คณะวิศวกรรมศาสตร์
กรม/มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่ 3 หมู่ 2 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์ 02-326-4222-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรสาร 02-7392398
Email: klpolsar@kmitl.ac.th

4.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2533	ปริญญาโท	วศ.ม.วิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต	วิศวกรรมไฟฟ้า	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2530	ปริญญาตรี	อส.บ. อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

4.6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และการประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
วิศวกรรมระบบควบคุมและอิเล็กทรอนิกส์กำลัง
วิศวกรรมคลื่นเสียง

4.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ: ระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

4.7.1 การบริหารงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัย

4.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

4.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์การเผยแพร่และสถานภาพในการทำวิจัย

- ชื่อเรื่อง "เครื่องต้นแบบเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ แบบแสดงผลบนจอภาพใช้ในสนาม"
  วารสาร รายงานการวิจัยห้องวิจัยอิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
  ปีที่พิมพ์ 2530
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- ชื่อเรื่อง "ระบบแสดงสัญญาณจากร่างกายสำหรับห้องผู้ป่วยหนัก"
  วารสาร การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 10 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
  ปีที่พิมพ์ 24-25 พฤศจิกายน 2530
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- ชื่อเรื่อง "ระบบส่งคลื่นไฟฟ้าหัวใจด้วยคลื่นวิทยุ"
  วารสาร การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า 9 สถาบัน ครั้งที่ 11 คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
  ปีที่พิมพ์ 16-17 ธันวาคม 2531
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- ชื่อเรื่อง "เครื่องวัดความดันโลหิตควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์
  วารสาร การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 13 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
  ปีที่พิมพ์ 8-9 พฤศจิกายน 2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อเรื่อง "เทคนิคการวัดความต้านทานทางไฟฟ้าของร่างกาย"

วารสาร การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 14 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่

ปีที่พิมพ์ 7-8 พฤศจิกายน 2534

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อเรื่อง "การใช้จอ VGA ในการแสดงผลรูปสีเทียม"

วารสาร การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 15 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปีที่พิมพ์ 3-4 ธันวาคม 2535

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อเรื่อง "เครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ 2 ช่องสัญญาณ"

วารสาร วิศวกรรมสาร ปีที่ 46 เล่มที่ 8

ปีที่พิมพ์ สิงหาคม 2535

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อเรื่อง "Microprocessor base Arrhythmia Monitor Processing"

วารสาร Asian Australia Regional Conference on Biomedical Electronics 1994, Institute Technology Bandung, INDONESIA

ปีที่พิมพ์ 27-29 April 1994

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

4.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ: ชื่อเรื่องและสถานภาพในการทำวิจัย

- ชื่อเรื่อง "การสร้างต้นแบบแขนกลโดยใช้เส้นใยไฟเบอร์"

สถานภาพในการทำวิจัย ที่ปรึกษาโครงการ

- ชื่อเรื่อง "การควบคุมแขนกลแบบป้อนกลับทางลบ"

สถานภาพในการทำวิจัย ที่ปรึกษาโครงการ

- ชื่อเรื่อง "เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ UHF"

สถานภาพในการทำวิจัย ที่ปรึกษาโครงการ

- ชื่อเรื่อง "การควบคุมหุ่นยนต์อัตโนมัติ"

สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้ากลุ่มวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้