



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

แอปพลิเคชันอ่านค่าอุณหภูมิจาก Thermal Sense ผ่าน NFC

Temp Tag

นางสาวพรไพลิน ว่องประเสริฐกุล

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา แอปพลิเคชันอ่านค่าอุณหภูมิจาก Thermal Sense ผ่าน NFC

ชื่อ-สกุล นักศึกษา พรไพลิน ว่องประเสริฐกุล

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ดร.สุเมฆ วิชาญทัชฌิม

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นาย สมรรถชัย เทพวิมลเพชรกุล

ชื่อสถานประกอบการ ชิลิคอน คราฟท์ เทคโนโลยี

บทคัดย่อ

ปัจจุบันสมาร์ตโฟนหนึ่งเครื่องนั้นมีเทคโนโลยีที่หลากหลายมากมายแต่เทคโนโลยีหนึ่งที่มีการใช้งานในชีวิตประจำวันและทำให้มีความสะดวก สบายมากขึ้นคือเทคโนโลยีการเชื่อมต่อไร้สายระยะสั้น Near Field Communication (NFC) ยกตัวอย่างการใช้งาน เช่น การทำธุรกรรมการเงิน การใช้แทนบัตรต่างๆ บัตรรถโดยสาร หรือการใช้แทนกุญแจ ซึ่งกำลังเป็นเทคโนโลยีที่นิยมใช้ในปัจจุบันทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทยจึงนำเทคโนโลยี NFC มาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันในทุกๆปีจะมีการรณรงค์ขอรับบริจาคโลหิตเพิ่มเนื่องจากไม่เพียงพอต่อผู้ป่วย สาเหตุหนึ่งที่ทำให้ถุงโลหิตไม่เพียงพอไม่ใช่การที่มีผู้บริจาค่น้อยลงแต่เกิดจากการจัดเก็บถุงโลหิตในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมส่งผลให้โลหิตขาดประสิทธิภาพและไม่สามารถใช้งานได้ ดังนั้นงานวิจัยการวัดอุณหภูมิผ่านป้ายอัจฉริยะด้วยแอปพลิเคชันแอนดรอยด์จึงออกแบบและพัฒนาป้ายอัจฉริยะร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสมาร์ตโฟนผ่าน NFC เพื่อสามารถวัดอุณหภูมิของถุงโลหิตได้ตลอดเวลาส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการรักษาอุณหภูมิ ช่วยลดปัญหาการขาดแคลนโลหิต ลดต้นทุนในการรับบริจาคโลหิตอันเนื่องมาจากความเสียหายจากการจัดเก็บไม่เหมาะสม

Keywords : การสื่อสารไร้สายระยะสั้น, แอปพลิเคชันแอนดรอยด์, ป้ายอัจฉริยะ

Co-operative Title: Temp Tag

Student Intern Name: Pornpailin Wongprasertkun

Faculty: Engineering

Department: Electronics Engineering

Advisor Name: Sumek Wisayataksin, PhD.

Mentor Name: Mr. Samattachai Tepwimonpetkun

Company: Silicon Craft Technology

ABSTRACT

Nowadays, one smartphone has a variety of technologies but one of them that we use in daily life is Near Field Communication (NFC). It makes us convenient and more comfortable. For using example mobile wallet, Master card payment and instead of cards such as hotel's key, movie or bus ticket that is currently popular technology in other countries and in Thailand so NFC technology is applied in this research.

From the past to the present time, there is more blood donation campaign in every year because it is not enough blood for patients. One reason for insufficient blood is not having fewer donors, but due to improper storage of blood bags. It makes the worse blood quality so it is an inability to use. Therefore, this research is researched in temperature measurement via smart labels with an Android application. We designed and developed smart labels with using on NFC technology in a smartphone so it will help us to know the real-time blood bag temperature and help us to reduce the problem of blood storage moreover, it reduce the cost of blood donation due to improper storage.

Keywords : NFC, Android Application, Smart Tag

กิตติกรรมประกาศ

แอปพลิเคชันอ่านค่าอุณหภูมิจาก Thermal Sense ผ่าน NFC สามารถสำเร็จคล่องไปได้ด้วยดี อันเนื่องมาจากสถานประกอบการ ซิลิคอน คราฟท์ เทคโนโลยีที่ได้มอบโอกาสในการเข้าร่วมโครงการ สหกิจศึกษาซึ่งดร.อมร จิรเสรีอมรกุล และผู้นิเทศนาย สมรรถชัย เทพวิมลเพชรกุลเป็นผู้รับผิดชอบ มอบหมายงานให้แก่ข้าพเจ้า คอยดูแลให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ ทักษะต่างๆในการทำงานทำให้ งานวิจัยดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ รวมถึงพี่ๆทุกท่านในสถานประกอบการที่คอย ช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์ งบประมาณต่างๆที่ใช้ในการวิจัย พร้อมทั้งคอยสนับสนุน ให้ คำปรึกษา ให้กำลังใจอยู่เสมอ ทำให้ข้าพเจ้าได้รับทั้งความรู้ ประสบการณ์ สังคมที่อบอุ่น และ มิตรภาพที่ดีภายในสถานประกอบการ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำงานวิจัยนี้ และอาจารย์ที่ได้ให้ ความรู้ ทฤษฎี ตลอดจนการศึกษา ขอขอบคุณทางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบังและคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่จัดแนวทางในการสหกิจศึกษา อบรม และให้คำแนะนำแก่นักศึกษาทั้งก่อน ระหว่างและหลังการฝึกงานทำให้งานวิจัยนั้นผ่านพ้นอุปสรรคและประสบ ความสำเร็จ

ขอบขอบพระคุณครอบครัว บิดา มารดาที่คอยสนับสนุนทั้งกำลังใจและกำลังใจทรัพย์ในการศึกษาเล่าเรียน ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ คอยช่วยเหลือ และที่สำคัญขอขอบคุณตนเองที่มีระเบียบวินัย ใฝ่รู้ ใช้ทักษะความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ต่างๆมา ประยุกต์ใช้ในการทำวิจัย รวมถึงการใช้ทักษะการอยู่ร่วมกับผู้อื่น การทำงานเป็นกลุ่มจนงานวิจัยนั้น สำเร็จคล่องไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยเรื่องการวัดอุณหภูมิผ่านป้ายอัจฉริยะด้วยแอปพลิเคชันแอนดรอยด์จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านไม่มากก็น้อย งานวิจัยฉบับนี้จะทำให้ผู้อ่านตระหนักถึง ความสำคัญของเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายบนสมาร์ตโฟนและเทคโนโลยีป้ายอัจฉริยะ หากมี ข้อเสนอแนะประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้ด้วยความขอบพระคุณยิ่ง

พรไพลิน ว่องประเสริฐกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	5
1.5 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 แนว ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1.1 Near Field Communication	6
2.1.2 ความถี่ของคลื่นวิทยุ	15
2.1.3 ชนิดของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบพื้นฐาน	17
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
2.2.1 ตัววัดอุณหภูมิสำหรับบลูโทท (3-BT06)	21
2.2.2 ตัววัดอุณหภูมิสำหรับบลูโทท (Safe-T-Vue 10).....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	23
3.1 การศึกษาคุณสมบัติของอุปกรณ์ เทคโนโลยีต่างๆที่ใช้	26
3.1.1 คุณสมบัติของวงจรรวม SIC4340	26
3.1.2 คุณสมบัติของ NTC Thermistor	28
3.1.3 คุณสมบัติของ MCN-DJ002	29
3.2 การพัฒนาป้ายอัจฉริยะ	30
3.3 การศึกษาและพัฒนาแอปพลิเคชัน	32
3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของป้ายอัจฉริยะในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	36
3.5 การทดสอบประสิทธิภาพของป้ายอัจฉริยะร่วมกับแอปพลิเคชัน.....	37
บทที่ 4 ผลการวิจัย	39
4.1 การหาค่า Beta constant	39
4.2 การหาค่า Beta constant	41
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	45
เอกสารอ้างอิง	46
ภาคผนวก.....	47

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความถี่ของคลื่นวิทยุ	15
2.2 คุณสมบัติของ (3-BT06).....	22
3.1 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย	24
3.2 คุณสมบัติเบื้องต้นของวงจรรวม SIC4340.....	26
3.3 คำอธิบายแต่ละขาของวงจร	27
4.1 ค่า Beat constant.....	39
4.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิจากการวัดของ RTD และการคำนวณของ NTC Thermistor	42

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

1.1 ป้ายอัจฉริยะจำลองด้วยภาพ 2 มิติ	1
1.2 แอปพลิเคชันแอนดรอยด์สำหรับการวัดอุณหภูมิผ่านป้ายอัจฉริยะ.....	1
1.3 การเชื่อมต่อไร้สายระยะสั้น	2
1.4 ข่าวไทยรัฐออนไลน์	3
1.5 ถุงโลหิตที่ติดป้ายอุณหภูมิ.....	3
2.1 หลักการทำงานของเทคโนโลยี NFC.....	6
2.2 คุณสมบัติของ NFC Forum Devices ที่แตกต่างกัน.....	7
2.3 โพรโตคอลของ NFC Forum Devices	8
2.4 Reader/Writer mode.....	9
2.5 Peer to Peer mode.....	10
2.6 Card Emulation mode.....	10
2.7 Host Card Emulation HCE mode	11
2.8 Wireless charging mode.....	11
2.9 Secure Element based Card Emulation.....	12
2.10 ประโยชน์ของ NFC	13
2.11 NFC Antenna	14
2.12 Radio Frequency Spectrum.....	16
2.13 เทอร์โมคัปเปิล	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14 Resistive Temperature.....	18
2.15 Infrared Temperature Sensor.....	18
2.16 Bimetallic.....	19
2.17 เทอร์โมมิเตอร์แบบเข็ม.....	19
2.18 Temperature Label.....	20
2.19 Diode NTC Variable Thermal Resistor.....	20
2.20 3-BT06.....	21
2.21 Safe-T-Vue 10.....	22
3.1 งานวิจัย Temp Tag.....	23
3.2 วงจรรวม SIC4340.....	26
3.3 ตัวอย่างการออกแบบวงจรรวม SIC4340.....	27
3.4 การจัดเลี้ยงขาทั้ง 16 ในมุมมองบน.....	27
3.5 NTC Thermistor.....	28
3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานและอุณหภูมิของ NTC Thermistor.....	29
3.7 MCN-DJ002.....	29
3.8 แผนผังแสดงองค์ประกอบของป้ายอัจฉริยะ.....	30
3.9 NFC Inlay ก่อนและหลังพัฒนา.....	30
3.10 แสดงองค์ประกอบของป้ายอัจฉริยะ.....	31
3.11 แผนผังภายในวงจรรวม SIC4340.....	31
3.12 สัญลักษณ์ของโปรแกรม Android Studio และภาษา Java.....	32
3.13 แผนผังการทำงาน.....	32
3.14 แอปพลิเคชันการวัดอุณหภูมิด้วย NFC เวอร์ชันที่ 1.....	33
3.15 แอปพลิเคชันการวัดอุณหภูมิด้วย NFC เวอร์ชันที่ 2.....	33

3.16 แอปพลิเคชันการวัดอุณหภูมิด้วย NFC เวอร์ชันที่ 3.....	34
3.17 การหาค่า Idrv	35
3.18 การทดสอบคุณสมบัติของป้ายอัจฉริยะ.....	36
3.19 การทดสอบประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน.....	37
3.20 การทดสอบประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันในอุณหภูมิต่ำ	37
3.21 การทดสอบประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันในอุณหภูมิสูง	38
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ได้จาก NTC Thermistor เทียบกับ RTD.....	44



บทที่ 1

บทนำ

แอปพลิเคชันอ่านค่าอุณหภูมิจาก Thermal Sense ผ่าน NFC เป็นการนำสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่รองรับการเชื่อมต่อไร้สายระยะสั้น Near Field Communication (NFC) มาสัมผัสกับป้ายอัจฉริยะที่ออกแบบมาเพื่อการสื่อสารแบบเดียวกัน ในระหว่างการสื่อสารแต่ละครั้งจะเกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลโดยเริ่มจากแอปพลิเคชันในสมาร์ตโฟนนำข้อมูลส่งให้กับวงจรรวม ตัวต้านทานที่เปลี่ยนค่าผกผันกับอุณหภูมิ และรับข้อมูลกลับมาจากตัวต้านทาน ผ่านวงจรรวม แอปพลิเคชันที่ถูกโปรแกรมไว้บนสมาร์ตโฟนจะทำการประมวลผลข้อมูลทั้งตอนที่ส่งและตอนที่รับข้อมูลหลังจากนั้นจะแสดงผลอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสซึ่งแบ่งการพัฒนาออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆได้แก่ ส่วนที่ 1 ป้ายวัดอุณหภูมิอัจฉริยะประกอบไปด้วย แผ่น NFC Inlay ซึ่งเป็นวัสดุพลาสติก ที่มีการเชื่อมต่อระหว่างวงจรรวม SIC4340, NTC Thermistor และ เซลล์อากาศด้วยส่วนผสมของเงินซึ่งแสดงไว้ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 ป้ายอัจฉริยะจำลองด้วยภาพ 2 มิติ

ส่วนที่ 2 แอปพลิเคชันแอนดรอยด์มีชื่อว่า Temp Tag โดยสามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เวอร์ชัน 4.1 (Jelly Bean) ขึ้นไปรวมถึงสมาร์ตโฟนต้องมีเทคโนโลยีที่รองรับการเชื่อมต่อไร้สายระยะสั้น Near Field Communication หรือ NFC ซึ่งเป็นเสาอากาศที่สื่อสารสัญญาณจากสมาร์ตโฟนไปยังเสาอากาศของป้ายอัจฉริยะ



ภาพที่ 1.2 แอปพลิเคชันแอนดรอยด์สำหรับการวัดอุณหภูมิผ่านป้ายอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันสมาร์ทโฟนเป็นสิ่งที่ทุกคนเข้าถึงได้ง่ายไม่ว่าจะเป็นวัยเด็ก วัยรุ่นหรือ ผู้สูงอายุ รวมถึงวัยทำงาน สมาร์ทโฟนหนึ่งเครื่องนั้นมีเทคโนโลยีที่หลากหลายมากมายแต่เทคโนโลยีหนึ่งที่มีการใช้งานในชีวิตประจำวันและทำให้มีความสะดวก สบายมากขึ้นคือเทคโนโลยีการเชื่อมต่อไร้สายระยะสั้น Near Field Communication (NFC) ยกตัวอย่างการใช้งาน NFC เช่น การทำธุรกรรมการเงิน การชำระค่าบริการ การใช้แทนบัตรต่างๆ การรับสื่อโฆษณาตามจุดที่มีป้าย NFC การรับส่งข้อมูลขนาดเล็กระหว่างอุปกรณ์ การเชื่อมต่ออุปกรณ์ไร้สายอื่นๆ การชาร์จแบตเตอรี่ไร้สาย ซึ่งตัวอย่างเหล่านี้กำลังเป็นเทคโนโลยีที่นิยมใช้ในปัจจุบันทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทยซึ่งทางสถานประกอบการได้มีแนวทางความรู้ความเชี่ยวชาญ และการพัฒนาในด้านนี้จึงได้นำเทคโนโลยีดังกล่าวมาร่วมใช้ในงานวิจัยนี้



ภาพที่ 1.3 การเชื่อมต่อไร้สายระยะสั้น

(ข้อมูลจาก : <https://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>)

การบริจาคตลอดในประเทศไทยได้เปิดบริการหลายแห่งและมีการกระตุ้นให้มีผู้บริจาคตลอดอยู่เสมอ เนื่องจากมีผู้ป่วยที่ต้องการโลหิตเป็นจำนวนมาก ทั้งผู้ป่วยที่ต้องการผ่าตัด ผู้ป่วยจากการประสบอุบัติเหตุ หรือผู้ป่วยที่ต้องเปลี่ยนถ่ายโลหิต ซึ่งโลหิตที่รับบริจาคมาจะถูกจัดเก็บในอุณหภูมิที่เหมาะสมและทดสอบคัดเลือกลโลหิตที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบจากนั้นถูกปั่นแยกเป็น เม็ดเลือดแดง พลาสมา เกล็ดเลือดซึ่งจะได้จัดเก็บไว้ในอุณหภูมิที่เหมาะสมแตกต่างกันเพื่อให้มีคุณภาพที่ดี ไม่มีเชื้อแบคทีเรีย หรือเกิดความเสียหายต่อเซลล์ต่างๆ ในการรับบริจาคเลือดแต่ละครั้งจะมีค่าใช้จ่ายประมาณ 1000 บาท โดยมีค่าถุงโลหิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1.4 ชาวไทยรัฐออนไลน์

(ข้อมูลจาก : <https://www.thairath.co.th/home>)

ค่าสารเคมีในการทดสอบ และค่าทดสอบโลหิตหากโลหิตที่ได้เป็นโลหิตที่ผ่านการทดสอบแล้ว การจัดเก็บจึงมีผลต่อคุณภาพของโลหิต ระหว่างการทดสอบถุงโลหิตนั้นไม่ได้อยู่ในที่จัดเก็บที่มีลักษณะปิดเช่น ตู้เย็น ตู้แช่ อาจจะทำให้อุณหภูมิของโลหิตมีการเปลี่ยนแปลงได้และส่งผลต่อคุณภาพของโลหิตซึ่งในการวิจัยนี้ได้สังเกตเห็นถึงความสำคัญของโลหิต และยังเป็นการลดค่าใช้จ่าย ลดการสูญเสียโลหิตที่ต่อต้านเนื่องมาจากการจัดเก็บที่ไม่เหมาะสมกับอุณหภูมิของถุงโลหิต

ป้ายอุณหภูมิ



ป้ายอุณหภูมิอัจฉริยะ

ภาพที่ 1.5 ถุงโลหิตที่ติดป้ายอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันทางการแพทย์ของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทยได้มีการใช้ป้ายติดบนถุงเซลล์เม็ดเลือดแดงที่สามารถบอกได้ว่าอุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสีบนแผ่นป้ายโดยเมื่ออุณหภูมิเกิน 10 องศาเซลเซียสซึ่งสามารถสังเกตได้ยากและไม่สามารถบอกอุณหภูมิชั่วขณะได้ ดังนั้นงานวิจัยการวัดอุณหภูมิผ่านป้ายอัจฉริยะด้วยแอปพลิเคชันแอนดรอยด์จึงออกแบบและพัฒนาเพื่อ ปรับปรุง แก้ไขและใช้เทคโนโลยีสมาร์ตโฟนให้มีประโยชน์สูงสุด ลักษณะของป้ายที่ใช้เป็นประจำของทางโรงพยาบาลและป้ายอัจฉริยะได้แสดงไว้ดังภาพที่ 1.5

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาการประยุกต์ใช้งานวงจรรวม SIC4340 ของสถานประกอบการ
- 1.2.2 เพื่อทดสอบคุณสมบัติของป้ายอัจฉริยะ
- 1.2.3 เพื่อออกแบบแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ให้ประมวลผลอย่างถูกต้อง แม่นยำ ใช้งานง่าย และมีประสิทธิภาพ
- 1.2.4 เพื่อปรับปรุงแก้ไข พัฒนาป้ายอัจฉริยะและแอปพลิเคชันแอนดรอยด์จากผลที่ได้จากการทดสอบ
- 1.2.5 เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาเทคโนโลยีที่ใช้ในการแพทย์
- 1.2.6 ฝึกฝนทักษะการทำงาน การนำทฤษฎีและความรู้มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนางานวิจัย รวมถึงการอยู่ร่วมกับผู้อื่น การทำงานเป็นกลุ่ม การฝึกระเบียบวินัยในการทำงานในบริษัทที่เสมือนเป็นพนักงานของสถานประกอบการ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยถูกพัฒนาและออกแบบภายใต้คำแนะนำของสถานประกอบการซิลิคอน คราฟท์ เทคโนโลยีซึ่งใช้วงจรรวม SIC4340 และ NFC Inlay ของสถานประกอบการรวมทั้งวงจร NTC Thermistor ซึ่งถูกนำมาพัฒนาเป็นป้ายอัจฉริยะ โดยแอปพลิเคชันในสมาร์ตโฟนสามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เวอร์ชัน 4.1 หรือ Jelly Bean ขึ้นไปและอุปกรณ์สมาร์ตโฟนต้องรองรับเทคโนโลยีการสื่อสารระยะสั้น (NFC) ข้อจำกัดของการสื่อสารดังกล่าวนี้คือไม่สามารถใช้งานได้กับวัสดุที่เป็นโลหะและการใช้งานที่อยู่ในบริเวณของโลหะ ในการทดสอบประสิทธิภาพของป้ายอัจฉริยะได้ทำการทดสอบเฉพาะที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียสเนื่องจากเป็นช่วงอุณหภูมิที่ใช้จัดเก็บเซลล์เม็ดเลือดแดง

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาโครงสร้าง แอปพลิเคชันแอนดรอยด์

1.4.2 ศึกษาคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ใช้ เช่น วงจรรวม ตัวต้านทานวัดอุณหภูมิ

1.4.3 พัฒนาแอปพลิเคชันแอนดรอยด์

1.4.4 การทดสอบคุณสมบัติของป้ายอัจฉริยะและตัวอ่านข้อมูลในสถานะที่ถูกควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

1.4.5 วิเคราะห์ผลการทดสอบ และปรับปรุงแก้ไข แอปพลิเคชัน รวมถึงสรุปข้อสังเกตต่างๆที่ได้จากการทดสอบ

1.4.6 นำเสนอผลงานและจัดทำรูปเล่มรายงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีเชื่อมต่อสื่อสารไร้สายระยะสั้นมากขึ้น (NFC)

1.5.2 มีความใฝ่รู้ ปรับตัว เข้าใจสถานการณ์เทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป

1.5.3 มีทักษะ ความรู้ความเข้าใจในการออกแบบวงจรและการพัฒนาแอปพลิเคชัน

1.5.4 ได้เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการแพทย์

1.5.5 ได้นำความรู้ ทฤษฎี ประสบการณ์มาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

1.5.6 ได้รับประสบการณ์การเป็นพนักงานของสถานประกอบการ

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

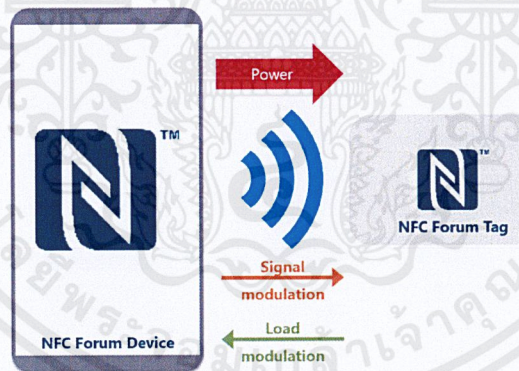
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 Near Field Communication (NFC)

Near Field Communication (NFC) คือ เทคโนโลยีเชื่อมต่อสื่อสารไร้สายระยะสั้นซึ่งจะทำให้การใช้ชีวิตง่ายและสะดวกมากขึ้น เช่น การทำธุรกรรมการเงิน การโฆษณาผ่านสื่อดิจิทัล การเชื่อมต่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยการสัมผัส

2.1.1.1 หลักการทำงานของเทคโนโลยี NFC

หลักการทำงานของเทคโนโลยี NFC คือเป็นการสื่อสารระยะสั้นแบบไร้สายบนคลื่นความถี่วิทยุซึ่งมีค่าความถี่ที่ 13.56 MHz เป็นเทคโนโลยีที่ออกแบบเพื่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างสองอุปกรณ์โดยการสัมผัสด้วยการถ่ายโอนพลังงานจาก NFC Forum Device ไปยัง NFC Forum Tag ตามภาพที่ 2.1 ตัวที่เป็น Tag นั้นไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่หรือตัวจ่ายพลังงานเพราะว่าพลังงานที่ใช้นั้นได้มาจากสนามแม่เหล็ก RF (Radio Frequency) อุปกรณ์ NFC มีการส่งข้อมูลให้กับ NFC Forum Tag



ภาพที่ 2.1 หลักการทำงานของเทคโนโลยี NFC

(ข้อมูลจาก : <https://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>)

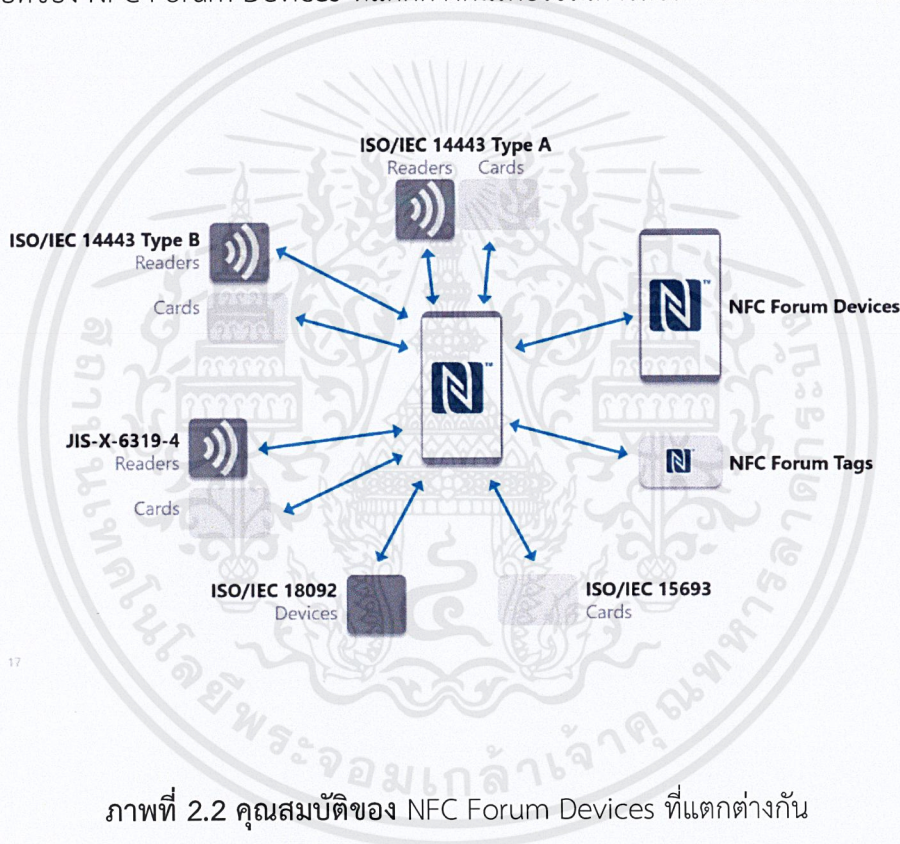
โดยการมอดูเลตสัญญาณคลื่น RF (signal modulation) ซึ่งการมอดูเลตสัญญาณ คือ การส่งสัญญาณข้อมูลผ่านช่องทางการสื่อสารที่ใช้พลังงานไฟฟ้าช่วยในการพาสัญญาณเหล่านั้นให้เคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งการเพิ่มพลังงานไฟฟ้าเรียกว่าการมอดูเลต (Modulation) อุปกรณ์ NFC Forum Device มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับข้อมูลจาก NFC Forum Tag โดยมอดูเลตชั้นแบบ load modulation ซึ่งเทคโนโลยี NFC นี้ ออกแบบมาเพื่อการใช้งานระยะใกล้ในหลักเซนติเมตรซึ่งอาจจะทำการใช้งานยุ่งยากกว่าการเชื่อมต่อแบบอื่นที่สามารถสื่อสารได้ในหลักเมตร ลักษณะของ NFC จึงเป็นการสัมผัสกันของอุปกรณ์ การเข้าถึงยากในการเชื่อมต่อเป็นผลดีต่อความปลอดภัยเพราะฉะนั้นเทคโนโลยีนี้ถือว่ามีความปลอดภัยสูงกว่าการเชื่อมต่อไร้สายอื่นๆ

2.1.1.2 โพรโตคอลของเทคโนโลยี NFC

เทคโนโลยีการเชื่อมต่อแบบ NFC ถูกใช้งานหลากหลายในการเชื่อมต่อแบบไร้สายซึ่งทำให้เกิด การสื่อสารที่หลากหลายในการสร้างรหัสสัญญาณและการมอดูเลตชั้นของบริษัท NFC Forum ได้สร้างคุณสมบัติของ NFC Forum Devices ที่แตกต่างกันเพื่อใช้ในการสื่อสารที่หลากหลาย ได้แก่



17

ภาพที่ 2.2 คุณสมบัติของ NFC Forum Devices ที่แตกต่างกัน

(ข้อมูลจาก : <https://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Readers and cards compliant to the ISO/IEC 14443 Type A standard,

Readers and cards compliant to the ISO/IEC 14443 Type B standard,

Cards compliant to the ISO/IEC 15693 standard,

Devices compliant to the ISO/IEC 18092 standard,

Readers and cards compliant to the JIS-X 6319-4 standard,

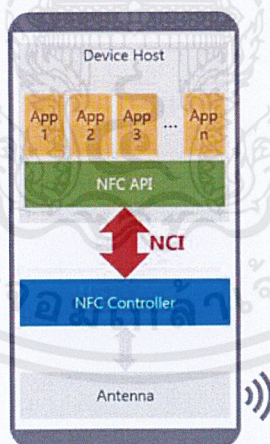
NFC Forum Tags,

Other NFC Forum Devices

ซึ่งการสื่อสารแต่ละโปรโตคอลขึ้นอยู่กับ การใช้งานและระยะของอุปกรณ์ การสื่อสารระยะสั้นแบบ NFC มีความเร็วในการสื่อสารสูงสุดที่ 424 Kbit/s โดยความเร็วขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ NFC Forum Devices.

2.1.1.3 โปรโตคอลของเทคโนโลยี NFC

ขั้นตอนการสื่อสารแสดงตามแผนผังด้านล่าง ตัวควบคุม NFC จากเชื่อมต่อตัวส่งเสอากาศ และรับการสื่อสารจากอุปกรณ์ NFC Forum Devices



ภาพที่ 2.3 โปรโตคอลของ NFC Forum Devices

(ข้อมูลจาก : <https://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์ Device Host ใช้ NFC API ในการจัดการระบบภายในซึ่งจะเชื่อมต่อกับ NFC Controller ซึ่งจะมี NFC API หลายตัวเพื่อรองรับการทำงานทับซ้อนและการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ NFC Forum Devices ทางบริษัท NFC Forum จึงได้กำหนด NFC Controller Interface (NCI) ระหว่าง NFC Controller และ Device Host ของ NFC Forum Device.

2.1.1.4 โหมดการทำงานของ NFC Forum Devices



ภาพที่ 2.4 Reader / Writer mode

(ข้อมูลจาก : <https://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>)

Reader / Writer mode อุปกรณ์ NFC Forum Device ที่มีความสามารถในการอ่านและเขียนข้อมูลใน NFC Tag ได้ ตัวอย่างการใช้งานในลักษณะนี้ เช่น Smart Poster ที่มีลักษณะเป็นโปสเตอร์ประชาสัมพันธ์ โปรโมชั่นแจกคูปองส่วนลดซึ่งสามารถจำกัดจำนวนของผู้ที่ได้รับสิทธิโปรโมชั่นได้โดยทุกครั้งที่มีผู้นำอุปกรณ์ NFC มาแตะที่โปสเตอร์จำนวนโปรโมชั่นที่เหลืออยู่ใน NFC Tag ก็จะลดลงไปเรื่อยๆซึ่งการทำงานในลักษณะนี้ไม่สามารถทำได้ใน Barcode, QR Code หรือ RFID Tag เพราะไม่สามารถแก้ไขข้อมูลได้



ภาพที่ 2.5 Peer-to-Peer mode

(ข้อมูลจาก : <https://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>)

Peer-to-Peer mode ใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ NFC ด้วยกัน ซึ่งการทำงานลักษณะนี้จะแตกต่างจากการส่งข้อมูลผ่าน Bluetooth ตรงที่การส่งข้อมูลผ่าน NFC ไม่ต้องมีขั้นตอนการจับคู่ (Pair) ระหว่างอุปกรณ์และในการส่งข้อมูลนั้นต้องนำอุปกรณ์ทั้งคู่มาไว้ในระยะที่ใกล้กันมากๆ



ภาพที่ 2.6 Card Emulation mode

(ข้อมูลจาก : <https://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Card Emulation mode อุปกรณ์ NFC จะทำงานในลักษณะคล้ายกับ Smart Card ที่ใช้ในการทำธุรกรรม หรือ Key Card ที่ใช้ในการเข้าถึงตัวอาคารตัวอย่างระบบที่ให้บริการหรือในลักษณะที่เป็นการทำธุรกรรมผ่าน NFC เช่น AIS mPay Rabbit เป็นต้น



ภาพที่ 2.7 Host Card Emulation HCE mode

(ข้อมูลจาก : <https://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>)

Host Card Emulation HCE app บน Device Host จะทำหน้าที่ในการเลียนแบบการใช้งานแบบสัมผัสในโหมดนี้ NFC Controller จะทำหน้าที่รอรับคำสั่งจาก Device Host เมื่อได้รับคำสั่งแล้ว HCE app ถึงจะสามารถสื่อสารแบบไร้สายได้ในอุปกรณ์ที่มี NFC API



ภาพที่ 2.8 Wireless Charging mode

(ข้อมูลจาก : <https://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wireless Charging ใช้ในการถ่ายโอนพลังงาน การติดต่อสื่อสารนั้นเพื่อควบคุมพลังงานในการถ่ายโอน โหมดการทำงานสัมพันธ์นี้ถ่ายโอนพลังงานสูงสุดที่ 1 W จาก NFC Forum Device ไปยังอุปกรณ์ สามารถใช้ชาร์จอุปกรณ์ IoT ที่มีการจำกัดพลังงาน ขนาดเล็ก เช่น หูฟังบลูทูธ และสามารถชาร์จ หรือสามารถชาร์จจากเครื่องชาร์จ NFC แทน NFC Forum Device



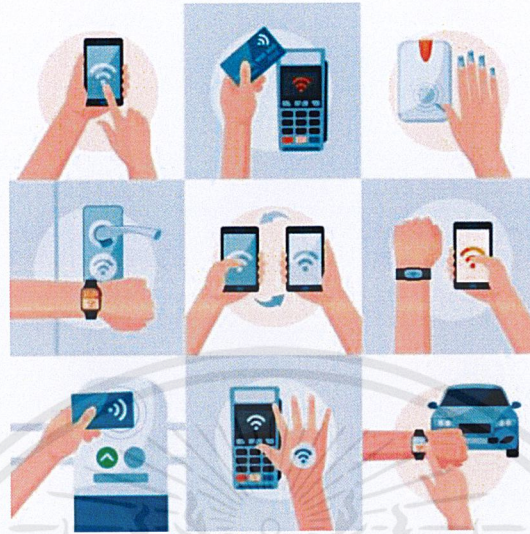
ภาพที่ 2.9 Secure Element based Card Emulation

(ข้อมูลจาก : <https://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>)

Secure Element based Card Emulation ในโหมดนี้เป็นการเลียนจากการใช้บัตรเป็นการใช้งานแบบสัมผัสซึ่งมีความปลอดภัยด้วย Secure Element สามารถใส่ SIM เพิ่ม ในอุปกรณ์ NFC Forum Device ได้หรืออาจจะอยู่ในตัวเครื่องตั้งแต่แรก ทั้งสองวิธีการนี้เมื่อได้รับการสัมผัสจากอุปกรณ์ตัวอ่าน Reader Device จะเข้าสู่กระบวนการ Secure Element ซึ่งทำให้มีความปลอดภัยในการใช้บัตรแบบสัมผัสมากกว่าโหมดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.5 ประโยชน์ของ NFC



ภาพที่ 2.10 ประโยชน์ของ NFC

(ข้อมูลจาก : <https://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>)

โปกเตอร์อัจฉริยะที่สามารถเชื่อมต่อได้ทุกที่ การเชื่อมต่อของป้าย NFC และสมาร์ทโฟนหรือสมาร์ทวอชที่รองรับ NFC โดยที่ป้ายไม่ต้องตัวจ่ายพลังงานหรือการเชื่อมต่อเครือข่าย ยกตัวอย่างการใช้งาน เช่น ข้อมูลเที่ยวรถโดยสารสาธารณะราคาสินค้า, ข้อมูลสินค้าในร้านของที่ระลึก ข้อมูลเพิ่มเติมตามพิพิธภัณฑ์, คำแนะนำบนผลิตภัณฑ์ยา, ใช้สำหรับแทนนามบัตร และแผนที่นำทางสำหรับการท่องเที่ยว

การอนุญาตการเข้าถึง ใช้สมาร์ทโฟนหรือสมาร์ทวอชเป็นรูปแบบเสมือนกุญแจหรือตัว เช่น การใช้แทนตัวในระบบขนส่งสาธารณะ การเปิดประตูบ้าน ที่ทำงาน การเริ่มสตาร์ทรถ การเช็คอินโรงแรม การใช้แทนกระเป๋าเงิน ใช้สมาร์ทโฟนหรือสมาร์ทวอชในการใช้จ่ายต่างๆซึ่งสะดวก รวดเร็ว เพียงการสัมผัสมากกว่าการใช้กล้องเพื่ออ่าน QR codes การแชร์แบ่งปันข้อมูล สามารถใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลเพียงการสัมผัส เช่น การนำข้อมูลสุขภาพจากสมาร์ทวอชเข้าสู่สมาร์ทโฟน หรือการส่งข้อมูลระหว่างสมาร์ทโฟน

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยการสัมผัสกันของอุปกรณ์แทนการใช้ลูทูดหรือสัญญาณไวไฟซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวกรวดเร็วและรวดเร็วเนื่องจากไม่ต้องยืนยันรหัสระหว่างอุปกรณ์ เช่น การแชร์ข้อมูลรูปภาพ การควบคุมกล้องดิจิทัลผ่านสมาร์ทโฟน การใช้ NFC เพื่อชาร์จอุปกรณ์ IoT เช่น หูฟัง สมาร์ทวอช อุปกรณ์ GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.6 เสาอากาศ NFC

ความถี่ที่ใช้ใน NFC (Near Field Communication) มีค่าเป็น 13.56 MHz ซึ่งสามารถออกแบบเสาอากาศ (Antenna) ได้หลายรูปร่างขึ้นอยู่กับการใช้งาน คุณสมบัติต่างๆที่ต้องการ ตัวอย่างของเสาอากาศ NFC เช่น แบบตัวเหนี่ยวนำวงจรรวม (Chip Inductor) เป็นเสาอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงเพราะว่ามีลูบปิดที่ดีในการ Coupling และจะมีประสิทธิภาพที่ดีเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ในสภาพแวดล้อมที่เป็นโลหะ แบบเหลี่ยม (Rectangular NFC Antenna) เป็นเสาอากาศที่มีประสิทธิภาพโดยรวมที่ดี สามารถใช้งานได้หลายรูปแบบแต่ไม่สามารถทำงานได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีโลหะ และแบบวงกลม (Round NFC Antenna) มีประสิทธิภาพคล้ายคลึงกับแบบเหลี่ยม นิยมใช้ในงานที่ต้องการความยืดหยุ่นหรือการโค้งงอเพื่อการสวมใส่ เช่น สายรัดข้อมือ นาฬิกา



ภาพที่ 2.11 NFC Antenna

(ข้อมูลจาก : <https://blog.nxp.com/tech-insights/connectivity/nfc-antenna-design-made-easy>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ความถี่ของคลื่นวิทยุ (Radio Frequency)

ความถี่วิทยุเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าที่เรียกว่า สเปกตรัมความถี่วิทยุ (radio frequency spectrum) เนื่องจากระบบ RFID สร้างและส่งแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งอยู่ในสเปกตรัมความถี่วิทยุดังนั้นจึงต้องมีระบบจัดสรรคลื่นความถี่วิทยุสำหรับใช้ในงานประยุกต์ต่างๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ และโทรศัพท์มือถือเพราะฉะนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดความถี่ในงานของระบบ RFID เพื่อไม่ให้ไปรบกวนระบบอื่นๆ แบ่งประเภทของความถี่คลื่นวิทยุได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ ความถี่ต่ำ(LF) ความถี่สูง(HF) ความถี่สูงยิ่ง(UHF) และความถี่ไมโครเวฟ

ตารางที่ 2.1 ความถี่ของคลื่นวิทยุ

ความถี่	ช่วงความถี่	ช่วงความยาวคลื่น	ความถี่ ISM	ระยะการอ่าน (Passive tag)
ความถี่ต่ำ(LF)	30 - 300 KHz	10 km – 1 km	125-135 kHz	< 50 cm
ความถี่สูง(HF)	3 - 30 MHz	100 m – 10 m	6.78,8.11 ,13.56 , 27.12 MHz	< 3m
ความถี่สูงยิ่ง (UHF)	300 - 3000 MHz	1 m -10 cm	433, 869, 915 MHz	< 9 m
ความถี่ไมโครเวฟ	1 - 300 MHz	30 cm – 1 mm	2,44,5.89 GHz	> 10 m

2.1.2.1 Low Frequency (LF)

ความถี่ต่ำจะอยู่ในช่วง 30 KHz ถึง 300 KHz. ในเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีจะใช้คลื่น 125KHz ถึง 134 KHz ซึ่งคลื่นความถี่นี้ส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในบัตรที่เรียกว่า Proximity Card ความสามารถในการส่งข้อมูลในคลื่นนี้ค่อนข้างช้าแต่สามารถใช้งานได้ดีในวัสดุที่เป็นของเหลว หรือโลหะ

2.1.2.2 High Frequency (HF)

ความถี่สูงจะอยู่ในช่วง 3 MHz ถึง 30 MHz ความถี่ที่ 13.56 MHz ส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในบัตรที่เรียกว่า Mifare Card จะเป็นความถี่ที่มีการใช้งานมากที่สุดในเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี ความถี่นี้ส่วนมากจะใช้กับ Passive tag มีประสิทธิภาพลดลงเมื่อใช้งานในวัสดุที่เป็นโลหะและของเหลว นิยมใช้งานความถี่นี้อย่างแพร่หลายในโรงพยาบาลเพราะคลื่นความถี่ในย่านนี้ไม่รบกวนอุปกรณ์การแพทย์ต่างๆที่ใช้งานอยู่ในโรงพยาบาล

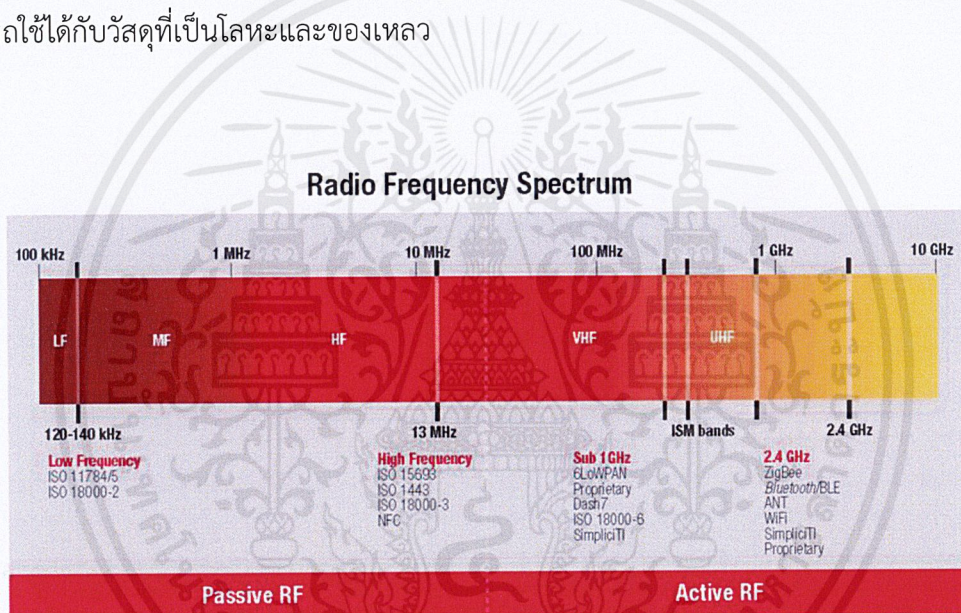
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 Ultra High Frequency (UHF)

ความถี่สูงยิ่งจะอยู่ในช่วง 300 MHz ถึง 3000 MHz โดยปกตินิยมใช้ที่ความถี่ 915 MHz ในอเมริกา และ 868 MHz ในยุโรป ส่วนประเทศไทยความถี่ที่อนุญาตให้ใช้คือ 920-925 MHz ความถี่ในช่วงนี้ส่งข้อมูลได้ค่อนข้างรวดเร็วแต่จะไม่สามารถใช้งานในวัสดุที่เป็นโลหะ และของเหลว (ยกเว้น Active RFID)

2.1.2.4 Microwave Frequency

ความถี่ไมโครเวฟคือความถี่ที่สูงกว่า 1 GHz ถึง 300 GHz ช่วงความถี่ที่นิยมนำมาใช้ในเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีคือ 2.45 GHz และ 5.8 GHz แต่ความถี่ 2.45 GHz จะได้รับความนิยมมากที่สุด ความถี่นี้สามารถนำมาใช้ทั้ง Passive tag และ Active tag ประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลได้สูงแต่ไม่สามารถใช้ได้กับวัสดุที่เป็นโลหะและของเหลว



ภาพที่ 2.12 Radio Frequency Spectrum

(ข้อมูลจาก : <http://www.passive-rfid-tags.com/52/UHF-Frequency.html>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ชนิดของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบพื้นฐาน

อุณหภูมิหมายถึงระดับพลังงานของสสารซึ่งสามารถพิสูจน์ได้จากการเปลี่ยนแปลงของสสาร เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิมีหลายแบบแต่มีสิ่งหนึ่งที่เหมือนกันคือ อุณหภูมิทั้งหมดวัดได้โดยการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพบางอย่างเช่น เซอร์ อุณหภูมิ 7 ชนิดที่กล่าวถึงในที่นี้ได้แก่ เทอร์โมคัปเปิล, อุปกรณ์วัดค่าความต้านทาน (RTDs, เทอร์มิสเตอร์), ตัวกระจายอินฟราเรด, อุปกรณ์ bimetallic, อุปกรณ์ขยายตัวของเหลว, ไดโอดของโมเลกุลเปลี่ยนสถานะและไดโอดซิลิกอน

2.1.3.1 เทอร์โมคัปเปิล

เป็นอุปกรณ์แรงดันไฟฟ้าที่บ่งบอกอุณหภูมิโดยการวัดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แรงดันขาออกของเทอร์โมคัปเปิลจะเพิ่มขึ้น ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นเชิงเส้น



ภาพที่ 2.13 เทอร์โมคัปเปิล

(ข้อมูลจาก : <https://www.fromfactory.net/product/>)

2.1.3.2 อุปกรณ์ Resistive Temperature

อุปกรณ์ Resistive Temperature ยังเป็นแบบไฟฟ้า แทนที่จะใช้แรงดันไฟฟ้า เป็นเทอร์โมคัปเปิล อุปกรณ์นี้จะใช้ประโยชน์จากลักษณะอื่นของสสารที่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ นั่นคือ ความต้านทาน โดยทั่วไป RTDs จะเป็นเส้นตรงมากกว่าเทอร์โมคัปเปิล โดยจะเพิ่มขึ้นในทิศทางบวก ด้วยความต้านทานที่เกิดขึ้นขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน เทอร์มิสเตอร์ นั้นจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิงในการสร้างซึ่งเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำไฟฟ้าที่ไม่เป็นเชิงเส้นซึ่งจะทำให้ความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

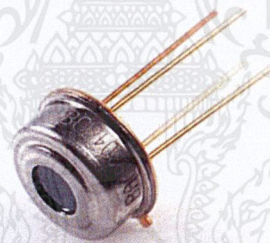


ภาพที่ 2.14 Resistive Temperature

(ข้อมูลจาก : <https://www.pce-instruments.com>)

2.1.3.3 เซ็นเซอร์อินฟราเรด

เซ็นเซอร์อินฟราเรดเป็นเซ็นเซอร์แบบไม่สัมผัส ตัวอย่างเช่น วางทิศทางของเซ็นเซอร์อินฟราเรดไว้ที่ด้านหน้าของโต๊ะโดยไม่มีการสัมผัส เซนเซอร์จะบอกอุณหภูมิของโต๊ะโดยอาศัยรังสีความร้อนซึ่งอาจอยู่ที่ 68°F ที่อุณหภูมิห้องปกติ



ภาพที่ 2.15 Infrared Temperature Sensor

(ข้อมูลจาก : <https://www.sparkfun.com/products/9570>)

2.1.3.4 อุปกรณ์ Bimetallic

อุปกรณ์ Bimetallic จะใช้ประโยชน์จากการขยายตัวของโลหะเมื่อถูกให้ความร้อน ในอุปกรณ์เหล่านี้จะมีโลหะสองตัวเชื่อมกันและเชื่อมโยงกับตัวชี้แบบมิกไก เมื่อได้รับความร้อนด้านใดด้านหนึ่งของแถบ bimetallic จะขยายตัวมากกว่าอีกด้านหนึ่ง และเมื่อใช้ตัวชี้อย่างถูกต้องจะมีการระบุอุณหภูมิ ข้อดีของอุปกรณ์ bimetallic คือพกพาสะดวกและไม่ต้องมีแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.16 Bimetallic

(ข้อมูลจาก : https://en.shop.wika.com/55_shop_en_co.WIKA)

2.1.3.5 เทอร์โมมิเตอร์

เทอร์โมมิเตอร์เป็นอุปกรณ์ขยายตัวของของเหลวที่รู้จักกันเป็นอย่างดี โดยทั่วไป อุปกรณ์ประเภทนี้จะมาในสองประเภทหลักๆ ประเภทปรอทและออร์แกนิก ซึ่งมักจะเป็นสีแดง และเป็นของเหลว เนื่องจากอุปกรณ์ปรอทนั้นมีข้อจำกัดบางอย่างทำให้ต้องมีการขนส่งอย่างปลอดภัย ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเป็นเทอร์โมมิเตอร์หลายแบบ เช่นเทอร์โมมิเตอร์แบบเข็ม



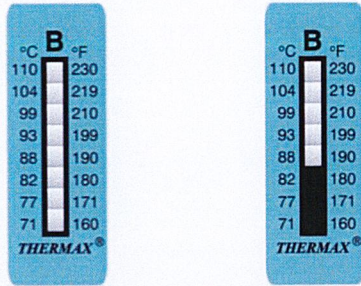
ภาพที่ 2.17 เทอร์โมมิเตอร์แบบเข็ม

(ข้อมูลจาก : <https://www.comcube.co.th/product/tp3001/>)

2.1.3.6 เซนเซอร์เปลี่ยนสถานะ

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะจะวัดได้เพียงอย่างเดียวนั่นคือ การเปลี่ยนแปลงสถานะของวัสดุที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เช่นเดียวกับการเปลี่ยนจากน้ำแข็งเป็นน้ำและกลายเป็นไอน้ำ อุปกรณ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดประเภทนี้อยู่ในรูปของฉลาก เม็ด เครยอนหรือแล็คเกอร์ แม้ว่าจะไม่ได้มีความแม่นยำมาก แต่ก็มีข้อดีของเรื่องขนาดที่เล็กและแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BEFORE

AFTER

ภาพที่ 2.18 Temperature Label

(ข้อมูลจาก : <https://www.tiptemp.com/Products/Temperature-Labels-Paints/>)

2.1.3.7. ไดโอดซิลิคอน

เซนเซอร์ซิลิคอนไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยเฉพาะสำหรับช่วงอุณหภูมิของโครโอเจนิค โดยพื้นฐานแล้วจะเป็นอุปกรณ์เชิงเส้นที่การนำไฟฟ้าของไดโอดนั้นจะเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นในบริเวณที่โครโอเจนิคต่ำ



ภาพที่ 2.19 Diode NTC Variable Thermal Resistor

(ข้อมูลจาก : <https://www.ec21.com/product-details/MGD18-100K-1-3950--9665902.html>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ตัววัดอุณหภูมิสำหรับถุงโลหิต (3-BT06)

หลักการการทำงานเริ่มจากการนำตัววัดอุณหภูมิไปติดบริเวณถุงโลหิตหลังจากนั้นกดปุ่มสีแดงเพื่อเริ่มการทำงานของการทำงานของการวัดอุณหภูมิและแถบสีเหลืองจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวเพื่อแจ้งว่าป้ายแท็กได้เริ่มทำงานแล้ว ถ้าอุณหภูมิของถุงโลหิตสูงกว่า 6 องศาเซลเซียส แถบป้ายแสดงสีจากสีเขียวจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินแสดงภาพป้ายแท็กไว้ แสดงดังภาพที่ 2.20



ก) UNACTIVATED - Yellow Indicator



ข) ACTIVATED - Green Indicator



ค) BREACHED - Blue Indicator

ภาพที่ 2.20 3-BT06

(ข้อมูลจาก : <http://www.genesisbps.com/bloodtemp6.html>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของ 3-BT06

Threshold Temperatures	6°C
Temperature Accuracy	± 1°C
Storage Conditions	Room Temperature Storage
Shelf Life	2 years from date of manufacturer
Individual Unit Size	19mm x 32mm
Blister Height	2.5mm
Packaging	Boxes of 100

2.1.2 ตัววัดอุณหภูมิสำหรับถุงโลหิต (Safe-T-Vue 10)

หลักการการทำงานเริ่มจากการนำป้ายตัววัดอุณหภูมิที่ถูกแช่เย็นไว้ไปติดบริเวณถุงโลหิตหลังจากนั้นลอกป้ายฟอยด์ออกและประกอบปุ่มเพื่อเริ่มการทำงาน ถ้าอุณหภูมิของถุงโลหิตสูงกว่า 10 องศาเซลเซียสบริเวณสีขาบบนตัวป้ายจะเปลี่ยนสีจากสีขาเป็นสีแดงซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อน 0.4 องศาเซลเซียส ภาพป้ายตัววัดอุณหภูมิไว้ด้านล่างดังภาพที่ 2.21



ภาพที่ 2.21 Safe-T-Vue 10

(ข้อมูลจาก : <http://williamlabs.com/tag/temperature-indicator-for-blood/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยเริ่มจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูล ความรู้ต่างๆที่เกี่ยวข้องโดยแบ่งออกเป็นสองส่วนด้วยกันได้แก่ ส่วนของแอปพลิเคชัน และส่วนของป้ายอัจฉริยะ ในส่วนของแอปพลิเคชันนั้นมีการศึกษาฝึกฝน จากเรียนรู้ผ่านทางวิดีโอ เว็บไซต์ อินเทอร์เน็ต ทั้งในส่วนของโปรแกรม Android Studio และภาษา Java ควบคู่ไปกับการเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชันเดิมของทางสถานประกอบการ ทั้งแอปพลิเคชันตัวต้นแบบของตัวที่พัฒนาในงานวิจัยและแอปพลิเคชันอื่นๆเพื่อเพิ่มความรู้ ความเข้าใจ และที่สำคัญคือการศึกษาโครงสร้างของแอปพลิเคชัน เมื่อมีความรู้ ความเข้าใจอย่างถ่องแท้แล้วจึงเริ่มพัฒนาแอปพลิเคชันต้นแบบด้วยการปรับปรุง แก้ไข และเพิ่มเติมให้ตรงตามคุณสมบัติที่ต้องการ ในขณะที่เดียวกันได้มีการศึกษาคู่มือของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆที่ใช้ในป้ายอัจฉริยะหลังจากนั้นจึงใช้เทคนิคทางอิเล็กทรอนิกส์ในการสร้างแผ่นป้ายอัจฉริยะ และได้มีการทดสอบคุณสมบัติของป้ายอัจฉริยะโดยการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้อบที่ได้มาตรฐานเพื่อหาค่าต่างๆที่สำคัญต่องานวิจัย



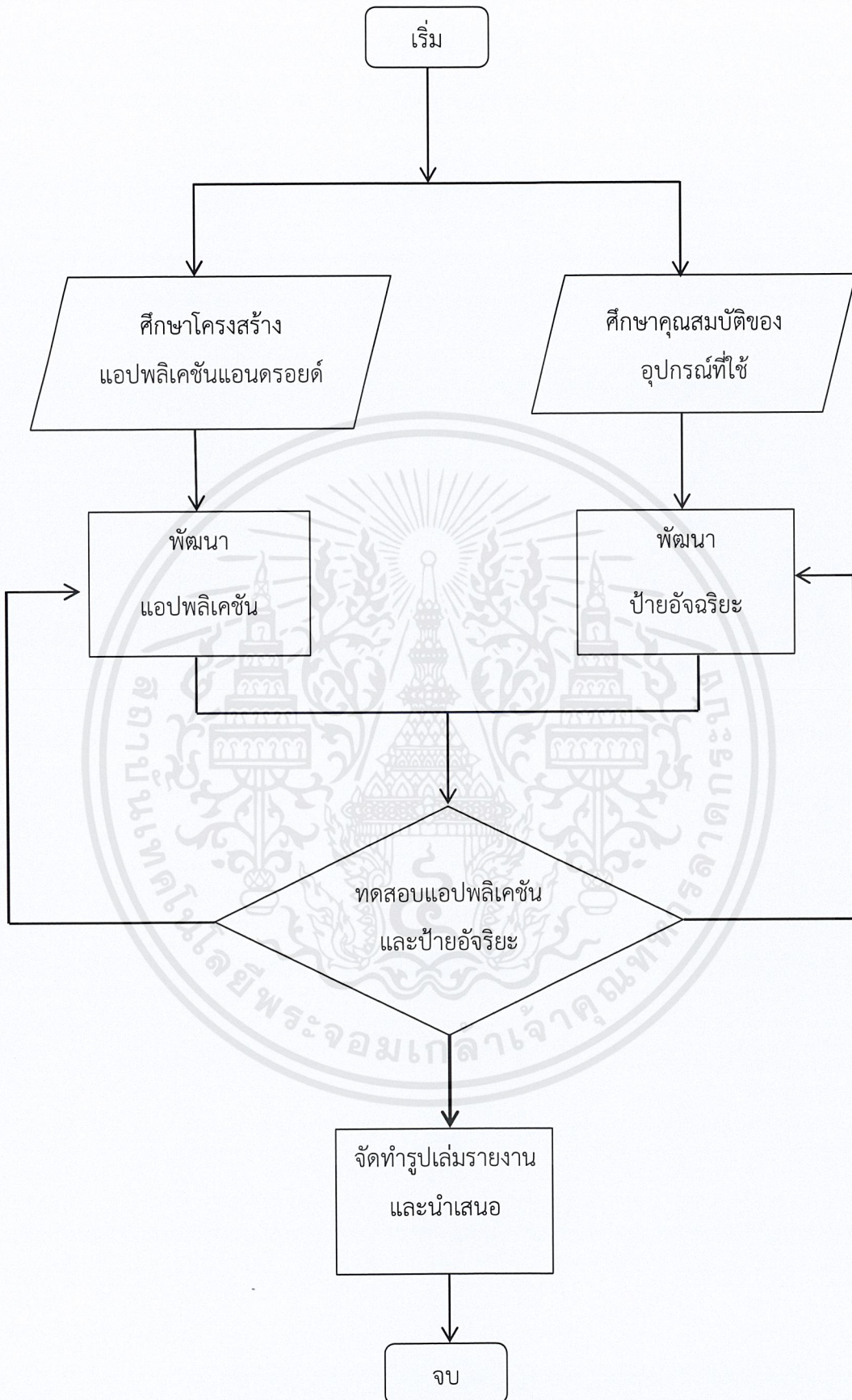
ภาพที่ 3.1 งานวิจัย Temp Tag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

หัวข้อการทำงาน	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม
ศึกษาโครงสร้าง แอปพลิเคชัน แอนดรอยด์	←→					
ศึกษาคูณสมบัติของ อุปกรณ์ที่ใช้ เช่น วงจรรวม ตัวต้านทานผกผันกับ อุนทงุมิ		←→				
พัฒนาแอปพลิเคชัน แอนดรอยด์ และป้ายอัจฉริยะ		←→				
การทดสอบคุณสมบัติของ ป้ายอัจฉริยะในสภาวะที่ถูก ควบคุมอุนทงุมิและ ความชื้น			←→			
วิเคราะห์ผลการทดสอบ และปรับปรุงแก้ไข แอปพลิเคชัน รวมถึง ข้อสังเกตต่างๆที่ได้จากการ ทดสอบป้ายอัจฉริยะ			←→			
นำเสนอผลงานและจัดทำ รูปเล่มรายงาน				←→		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

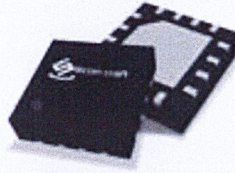


ภาพที่ 3.2 แผนผังวิธีการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การศึกษาคุณสมบัติของอุปกรณ์ เทคโนโลยีต่างๆที่ใช้

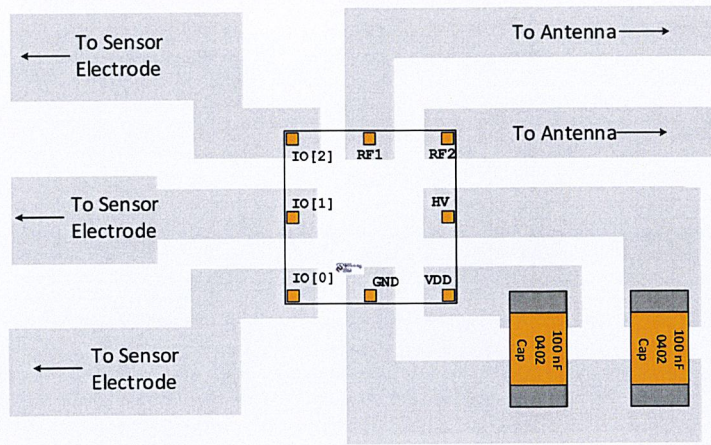
3.1.1 คุณสมบัติของวงจรรวม SIC4340



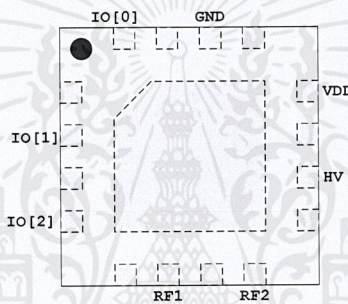
ภาพที่ 3.2 วงจรรวม SIC4340

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติเบื้องต้นของวงจรรวม SIC4340

Highlight Features
<ul style="list-style-type: none"> NFC-Forum Type 2 Tag with 7-byte UIDResistive/Capacitive Sensor InterfaceAdjustable current source with voltage limiter Built-in ADC <ul style="list-style-type: none"> 14-bit (10 bit ENOB) @ 1.28V Full scale Output bit selectable : 8, 10, 12, 14 bit Adjustable sensor biasing frequency:300Hz – 50kHz Adjustable warmup clock <p>0.0 to 1.0V biasing protection with 5mV resolution</p>
Interfaces and Peripherals
<p>Fully compliant with ISO14443AAnti-collisionRF read distance up to 10 cm depending on readersOn-chip capacitance 50 pF</p>
Memory
<ul style="list-style-type: none"> EEPROM organization enabling NDEF format1 Kbytes EEPROMPublic memory area supporting dynamic NDEF <p>Secure memory area avialable after authentication</p>
Applications
<p>Chemical sensorResistor/Capacitor measurement</p>



ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างการออกแบบวงจรรวม SIC4340 (วงจรถูกพลิกกลับ)



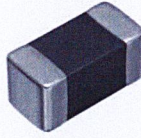
ภาพที่ 3.4 การจัดเรียงขาทั้ง 16 ในมุมมองบน

ตารางที่ 3.3 คำอธิบายของแต่ละขาในวงจร

Pin No.	Symbol	Type	Description
2	IO[1]	Analog	Electrode connected Pin
4	IO[2]	Analog	Electrode connected Pin
6	RF1	Power	RF-Coil Connection Pin1
8	RF2	Power	RF-Coil Connection Pin2
10	HV	Power	Unregulated power supply to connect with external decoupling cap
12	VDD	Power	ADC power supply to connect with external decoupling cap
14	GND	Power	Ground (Power Ground and signal ground)
16	IO[0]	Analog	Electrode connected Pin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 คุณสมบัติของ NTC Thermistor



ภาพที่ 3.5 NTC Thermistor

Thermistor เป็นอุปกรณ์ที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงโดยที่ค่าความต้านทานในตัว Thermistor จะเปลี่ยนแปลงแบบผกผันกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป โดยตัวความต้านทานจะไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear) NTC Thermistor (Negative Temperature Coefficient) เป็นชนิดที่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานจะลดลง โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ NTCG103JX103DTDS

3.1.2.1 ค่าความต้านทานเริ่มต้น

ค่าความต้านทานของ Thermistor เป็นฟังก์ชันของค่าสัมบูรณ์ของอุณหภูมิ ตามที่ได้แสดงความสัมพันธ์ดังสมการด้านล่างที่ 1

$$R = R_0 \cdot \exp\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right) \dots \dots \dots (1)$$

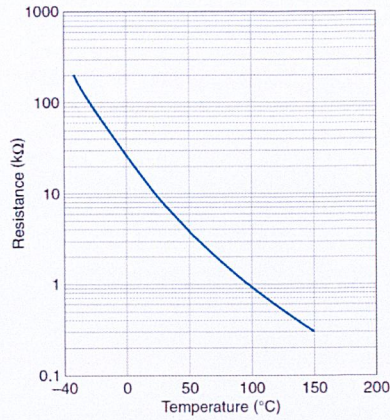
โดยที่ R_0, R (มีหน่วยเป็น $k\Omega$) คือค่าความต้านทานเมื่ออุณหภูมิ ล้อมรอบ (T, T_0) มีหน่วยเป็น K และค่า B (Beta Constant) คือค่าคงที่ของ Thermistor ดังสมการที่ 2

3.1.2.2 ค่าคงที่ของบีตา

ค่าคงที่ของบีตาสามารถคำนวณได้ตามสมการด้านล่าง

$$B = \frac{2.3026(\log R - \log R_0)}{\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}} \dots \dots \dots (2)$$

Fig.1 R-T Curve : 10kohm@25°C



ภาพที่ 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานและอุณหภูมิของ NTC Thermistor

3.1.3 คุณสมบัติของ MCN-DJ002

Silver Conductive Glue นิยมใช้สำหรับเพิ่ม และแก้ไขลายวงจรอิเล็กทรอนิกส์เช่น SCR Relay Invenor อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ตู้เย็น เครื่องกดน้ำ เต้าอบ หน้าจอ LCD หรือ LED



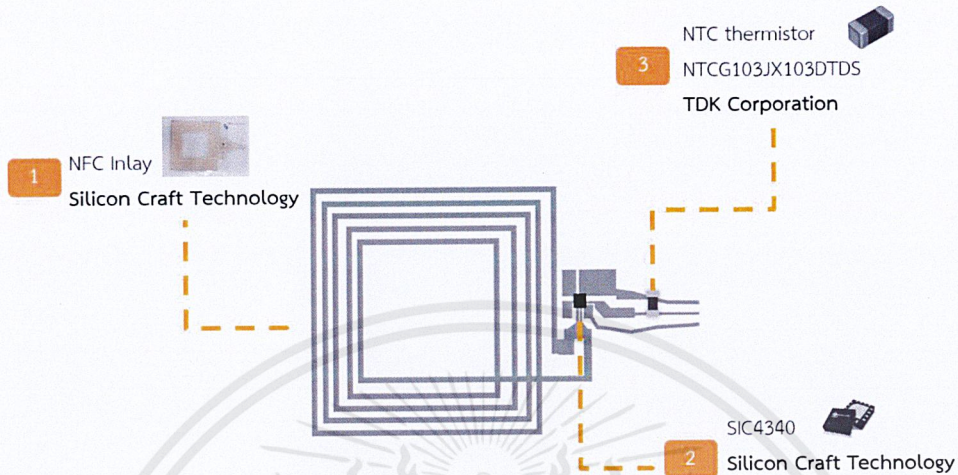
ภาพที่ 3.7 MCN-DJ002 (Silver Conductive Glue)

(ข้อมูลจาก : <https://www.ttfixmobile.com/MECHANIC-MCN-DJ002-Silver-Conductive-Paint-Adhesive-Glue-Paste-for-Phone-PCB-Repair-p203593.html>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

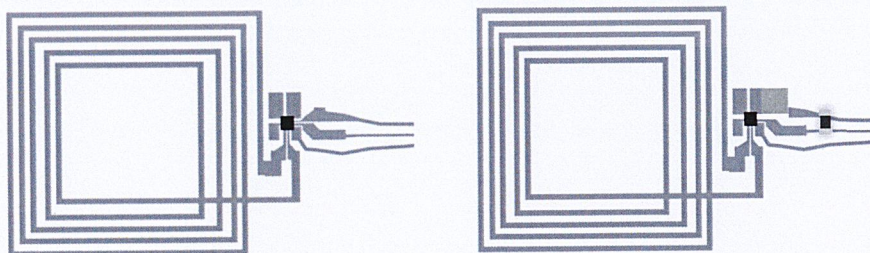
3.2 การพัฒนาป้ายอัจฉริยะ

ป้ายอัจฉริยะมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด 3 ส่วนประกอบด้วย NFC Inlay, SIC4340 และ NTC Thermistor ตามรูปภาพที่ 3.6



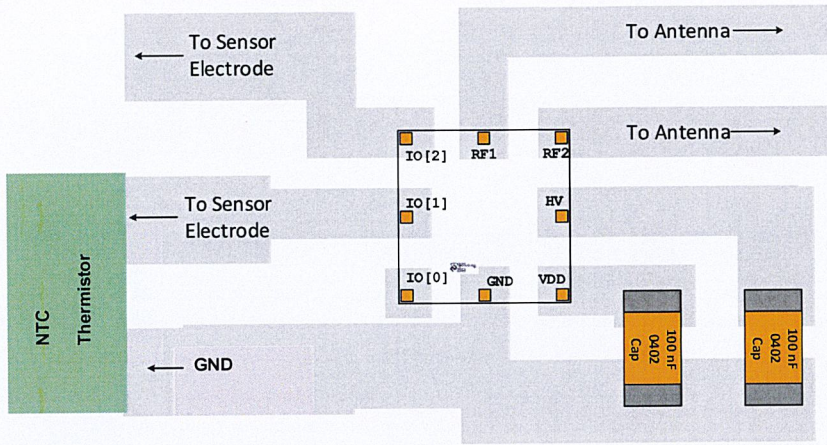
ภาพที่ 3.8 แผนผังแสดงองค์ประกอบของป้ายอัจฉริยะ

โดยที่ NFC Inlay จะมีเสาอากาศเป็นรูปลักษณะสี่เหลี่ยมต่อเข้ากับขา RF1 และ RF2 ของวงจรรวม SIC4340 เสาอากาศนี้ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการสื่อสารกับเสาอากาศในสมาร์ทโฟนซึ่งลายวงจรและวงจรรวมบนแผ่นพลาสติกถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นโดยสถานประกอบการ ภาพที่ 3.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของการพัฒนาป้ายอัจฉริยะก่อนและหลังพัฒนา ทางผู้พัฒนาได้ทำการตัดแปลง แก้ไขลายวงจร และเพิ่ม NTC Thermistor ลงบนลายวงจรดังภาพที่ 3.8 โดยทำการเชื่อมต่อเข้ากับขา IO0 และ IO1 ของวงจรพร้อมทั้งตัดการเชื่อมต่อของขา IO0 จากขั้ววงจรรวมและเชื่อมต่อเข้ากับขา GND โดยใช้กาวเงิน (Silver Conductive Glue) สำหรับงานอิเล็กทรอนิกส์



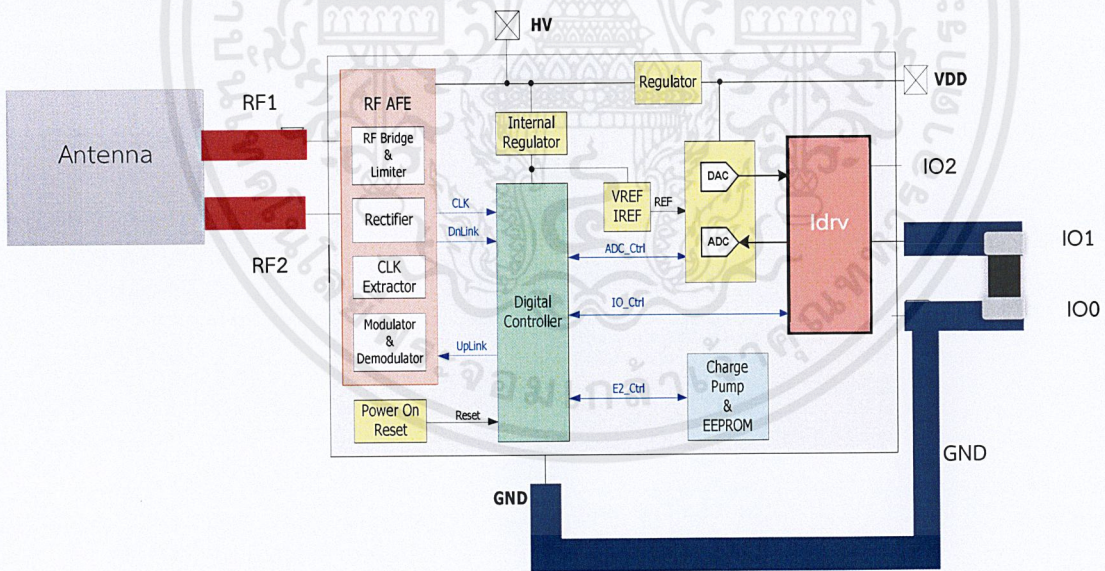
ภาพที่ 3.9 NFC Inlay ก่อนและหลังพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.10 แสดงองค์ประกอบของป้ายอัจฉริยะ

วงจรรวม SIC4340 ด้านในประกอบไปด้วยวงจรย่อยหลายวงจร เช่น RF Bridge, Rectifier, Digital Controller, Power reset, DAC, ADC และอื่นๆดังรูปภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 แผนผังภายในวงจรรวม SIC4340

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

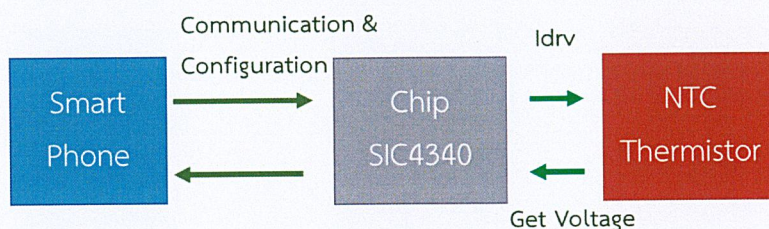
3.3 การศึกษาและพัฒนาแอปพลิเคชัน

การพัฒนาแอปพลิเคชันแอนดรอยด์เพื่อใช้ในการอ่านค่าอุณหภูมิจากป้ายอัจฉริยะนั้นได้พัฒนาขึ้นมาจากโปรแกรม Android Studio เวอร์ชัน 3.5 และใช้ภาษา Java ภาพที่ 3.12 แสดงสัญลักษณ์ของโปรแกรมและภาษาที่ใช้ในการพัฒนา แอปพลิเคชันนี้สามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เวอร์ชัน 4.1 (Jelly Bean) ขึ้นไป



ภาพที่ 3.12 สัญลักษณ์ของโปรแกรม Android Studio และภาษา Java

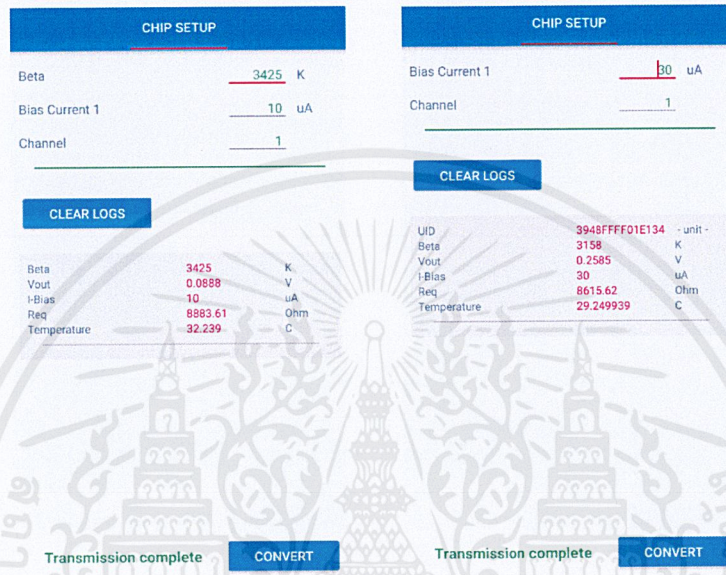
แอปพลิเคชันนี้มีชื่อว่า Temp Tag โดยที่ Temp ย่อมาจาก Temperature ที่แปลว่าอุณหภูมิ และ Tag ที่แปลว่าป้าย ทำหน้าที่หลักในการส่งและรับข้อมูล ประมวลผลข้อมูลเพื่อให้ได้อุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสโดยที่สื่อสารข้อมูลไร้สายแบบระยะสั้น (NFC) กับวงจรรวม SIC4340 ผ่านเสาอากาศในสมาร์ทโฟนและเสาอากาศบนแผ่นป้ายอัจฉริยะ ภาพที่ 3.13 เป็นการอธิบายวิธีในการสื่อสารข้อมูลของงานวิจัยนี้ เริ่มจากแอปพลิเคชัน Temp Tag บนสมาร์ทโฟนมีการตั้งค่าต่างๆเพื่อต้องการให้วงจร SIC4340 ตั้งค่าตาม จากนั้นเมื่อเปิดช่องทางการติดต่อสื่อสารข้อมูลไร้สายแบบระยะสั้น (NFC) ข้อมูลที่ตั้งค่าไว้บนแอปพลิเคชันจะถูกส่งต่อไปกับวงจรรวม เมื่อวงจรรวมตั้งค่าตามข้อมูลที่ได้รับมาแล้วจะส่งผลต่อวงจรในป้ายอัจฉริยะนั้นคือมีค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ NTC Thermistor เนื่องจากวงจรรวมจ่ายกระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้านี้จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณ ประมวลผลหาค่าอุณหภูมิ ณ จุดที่ NTC Thermistor สัมผัสอยู่จึงเปรียบเสมือนว่า NTC Thermistor เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิในที่นี้



ภาพที่ 3.13 แผนผังการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการพัฒนาแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ Temp Tag ในงานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนามาทั้งหมด 3 เวอร์ชันจากเวอร์ชันต้นแบบของสถานประกอบการ ได้แก่เวอร์ชันที่ 1, เวอร์ชันที่ 2 และเวอร์ชันที่ 3 ซึ่งได้แสดงไว้ดังภาพที่ 3.14, 3.15 และ 3.16



ก) ต้นแบบ

ข) เวอร์ชันที่ 1

ภาพที่ 3.14 แอปพลิเคชันการวัดอุณหภูมิด้วย NFC เวอร์ชันที่ 1



ภาพที่ 3.15 แอปพลิเคชันการวัดอุณหภูมิด้วย NFC เวอร์ชันที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.16 แอปพลิเคชันการวัดอุณหภูมิด้วย NFC เวอร์ชันที่ 3

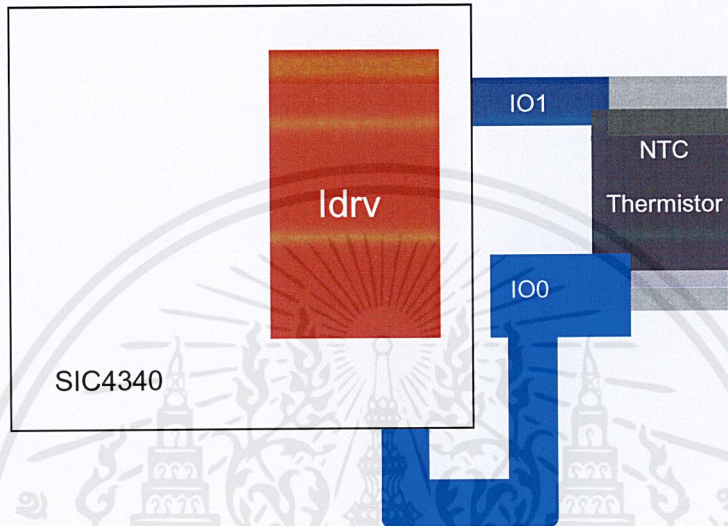
โดยที่แอปพลิเคชันตัวต้นแบบคือรูปในภาพที่ 3.14 ก) และเวอร์ชันที่ 1 ในภาพที่ 3.14 ข) มีความแตกต่างกันโดยที่เวอร์ชันต้นแบบผู้ใช้งานจะต้องกำหนดค่า Beta Constant, Bias Current คือกระแสที่ใช้ในการจ่ายกระแสให้กับเซนเซอร์ และ Channel ซึ่งเป็นขาของ IO (Input / Output Port) ที่เชื่อมต่อเซนเซอร์กับวงจรรวม เวอร์ชันที่ 2 และ 3 เป็นการเพิ่มหน้าคำแนะนำก่อนใช้ ข้อมูลเพิ่มเติม และเปลี่ยนแปลงการแสดงผลอุณหภูมิ เพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตมากกว่านั้นได้ทำการตั้งค่า Beta Constant, Bias Current และขา IO ที่เชื่อมต่อเซนเซอร์ ทำให้งานต่อการใช้งานพร้อมทั้งเพิ่มความสะดวก รวดเร็วและความสวยงาม

ค่า Beta Constant, Bias Current และขาเซนเซอร์ที่เชื่อมต่อ IO จะถูกตั้งอัตโนมัติภายในแอปพลิเคชันโดยที่ค่า Bias Current และ ขาเซนเซอร์ที่เชื่อมต่อ IO จะถูกตั้งไว้ที่ $30\mu A$ และ IO1 ที่เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ ในแผ่นป้ายอัจฉริยะเซนเซอร์ได้เชื่อมต่อเซนเซอร์ที่ขา IO1 และ GND ค่า Beta Constant สามารถใช้ได้ตามคุณสมบัติของ NTC Thermistor ที่ใช้แต่ในการวิจัยนี้ได้มีการหาค่าโดยการทดสอบในหัวข้อที่ 3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของป้ายอัจฉริยะในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ส่วนค่า Bias Current นั้นได้มาจากการคำนวณตามสมการที่ 3 ซึ่งอ้างอิงมาจากคุณสมบัติของ NTC Thermistor และ SIC4340

จากคุณสมบัติของ SIC4340

$$V_{ADC} < 1.28 \text{ V}$$

คือค่าแรงดันที่ตกคร่อมเซนเซอร์ซึ่งในงานวิจัยนี้มีค่าเท่ากับค่าแรงดันที่ตกคร่อม NTC Thermistor



ภาพที่ 3.17 การหาค่า I_{drv}

จากคุณสมบัติของ NTC Thermistor

เทียบค่าความต้านทานของช่วงอุณหภูมิที่สนใจ

$$R = 10 - 20 \text{ k}\Omega \text{ เมื่อ } T = 1 - 10^\circ\text{C}$$

ดังนั้นแรงดันที่ตกคร่อมเซนเซอร์อุณหภูมิหรือ NTC Thermistor สามารถหาได้จากสมการด้านล่าง

$$V = I_{drv} \times R \dots\dots\dots (3)$$

กำหนดให้ $I_{drv} = 30\mu\text{A}$

ดังนั้น

$$V_{ADC} = 30\mu\text{A} \times 10\text{k}\Omega$$

$$V_{ADC} = 300\text{mV}$$

และ

$$V_{ADC} = 30\mu\text{A} \times 20\text{k}\Omega$$

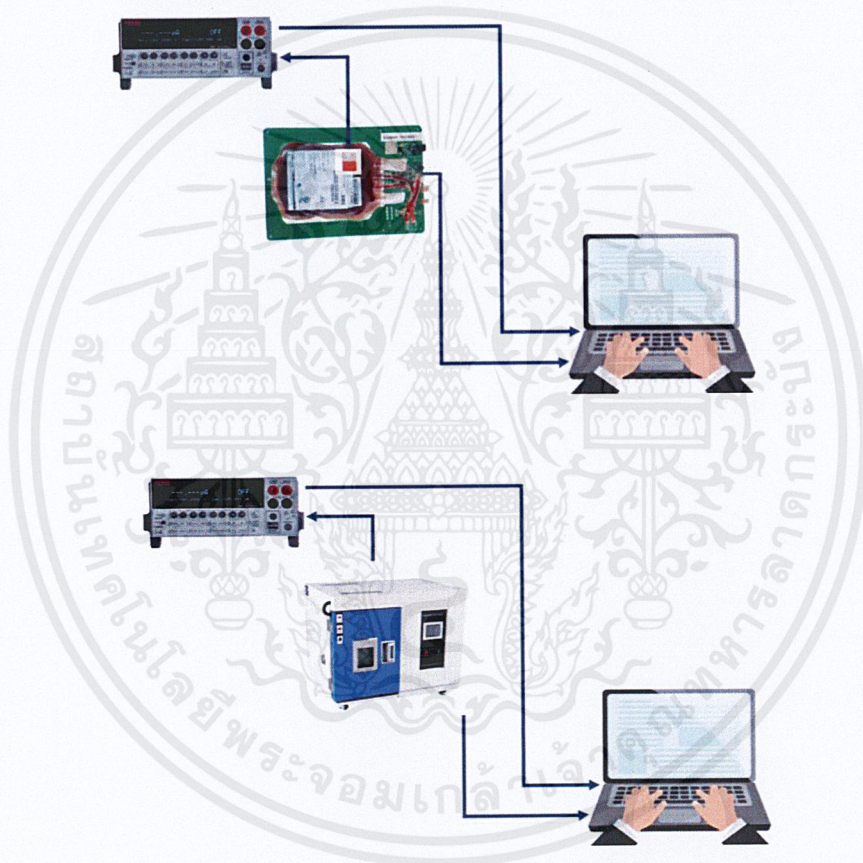
$$V_{ADC} = 600 \text{ mV}$$

ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1.28 V เพราะฉะนั้นสามารถใช้ค่า I_{drv} เท่ากับ $30\mu\text{A}$ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของป้ายอัจฉริยะในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ในการวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบอุณหภูมิของถลุงโลหิตที่ติดป้ายอัจฉริยะที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียสเพื่อหาค่า Beta Constance ที่จะทำให้อุณหภูมิที่วัดได้มีประสิทธิภาพสูง ทำการทดสอบป้ายอัจฉริยะเป็นจำนวน 2 ป้ายโดยทำการทดลองแต่ละอุณหภูมิ 5 ครั้ง จากนั้นเก็บข้อมูลค่าตัวต้านทานมาใช้ในการหาค่า Beta Constance ตามการคำนวณของ NTC Thermistor ซึ่งอ้างอิงอุณหภูมิจาก RTD100 ที่มีความแม่นยำสูงและเซนเซอร์ทั้งสองอยู่บนบริเวณที่ใกล้เคียงกันบนถลุงโลหิต



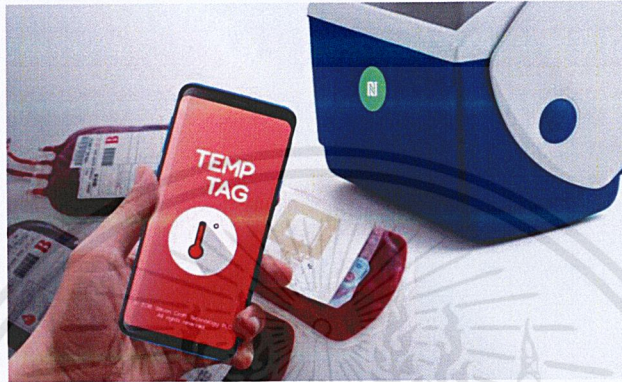
ภาพที่ 3.18 การทดสอบคุณสมบัติของป้ายอัจฉริยะ

ขั้นตอนในการทดลอง เริ่มจากติดป้ายอัจฉริยะ และ RTD100 บนถลุงโลหิตในการเก็บข้อมูลค่าความต้านทานนั้นแบ่งออกเป็นสองระบบได้แก่ ป้ายอัจฉริยะใช้ตัวอ่าน (Reader) ในการเก็บข้อมูลดิบโดยจะได้เป็นเลขฐาน 16 จากนั้นทำการแปลงเปรียบเทียบกับค่าความต้านทานของ RTD100 เพื่อคำนวณหาค่า Beta Constance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การทดสอบประสิทธิภาพของป้ายอัจฉริยะร่วมกับแอปพลิเคชัน

ทำการทดสอบป้ายอัจฉริยะร่วมกับแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ Temp Tag โดยการทดสอบได้ทำการติดป้ายไว้สองตำแหน่งด้วยกันได้แก่ ในกระตักน้ำแข็งและแก้วที่ใส่น้ำร้อนลงไป แสดงรูปภาพการทดสอบไว้ด้านล่างตามภาพที่ 3.19 และ 3.20 รวมถึงการทดสอบอุณหภูมิบนถุงโลหิตในรูปภาพที่ 3.9

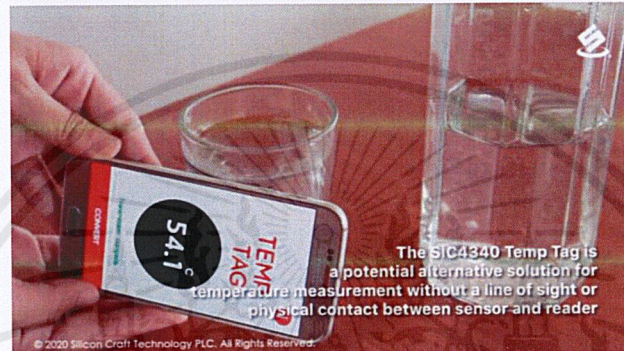


ภาพที่ 3.19 การทดสอบประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 3.20 การทดสอบประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันในอุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.21 การทดสอบประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันในอุณหภูมิสูง

จากภาพที่ 3.20 และ 3.21 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพในการอ่านอุณหภูมิของแอปพลิเคชันและป้ายอัจฉริยะโดยภาพที่ 3.20 เป็นการอ่านค่าอุณหภูมิกายในกระดิกที่มีเจลเย็นและอุณหภูมิสามารถทราบค่าได้โดยไม่ต้องเปิดฝากระดิก มีการติดแท็กป้ายอัจฉริยะไว้ด้านในเพื่อวัดอุณหภูมิภายใน ส่วนในภาพที่ 3.21 เป็นการวัดอุณหภูมิของแก้วน้ำที่มีการเทน้ำร้อนลงไปโดยติดแท็กป้ายอัจฉริยะที่ด้านนอกของแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 การหาค่า Beta Constant

จากการดำเนินงานวิจัยได้มีการทดสอบประสิทธิภาพป้ายอัจฉริยะในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยระหว่างการทดสอบได้มีการเก็บค่าอุณหภูมิของ RTD ผ่านเครื่องมือ Source Measure Unit (SMU) และมีการเก็บข้อมูลดิบที่อ่านจากป้ายอัจฉริยะด้วยตัวอ่าน (Reader) ซึ่งนำข้อมูลดิบมาคำนวณจะได้ค่าความต้านทานของ NTC Thermistor

จากสมการ

$$B = \frac{2.3026(\log R - \log R_0)}{\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}} \dots\dots\dots(1)$$

เมื่อ B คือ ค่า Beta constant

T_0 คือ อุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส

R_0 คือ ค่าความต้านที่ 25 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ $10k\Omega$

T คือ อุณหภูมิที่ต้องการวัด

R คือ ค่าความต้านทาน ณ อุณหภูมิที่ต้องการวัด

ตารางที่ 4.1 ค่า Beta constant

ลำดับป้าย อัจฉริยะ	RTD Temperature	Resistance	Beta constant	NTC Thermistor Temperature
T1	4.6728	21718.1199	3157.0891	4.6722
T2	4.8554	21561.6785	3158.1137	4.8547

จากตารางที่ 4.1 สามารถคำนวณได้ดังนี้

ลำดับป้ายอัจฉริยะ (T1) ค่าความต้านอุณหภูมิจาก Source Measure Unit (SMU) ของ RTD คือ 4.6728 ซึ่งถือว่าอุณหภูมินี้เป็นอุณหภูมิอ้างอิง และมีความถูกต้องแม่นยำมากกว่าอุณหภูมิที่ตั้งค่าในตู้อบเพราะเป็นบริเวณเดียวกับที่ NTC Thermistor ติดอยู่บนถาดเลือด ค่าในตารางนี้คือค่าเฉลี่ยที่มาจาก การวัดอุณหภูมิ 5 รอบซึ่งใน 1 รอบเป็นการเก็บข้อมูล 5 ครั้ง เมื่อทราบอุณหภูมิอ้างอิงแล้วก็จะสามารถหาค่า Beta constant ได้ดังนี้

จากสมการ

$$B = \frac{2.3026(\log R_{NTC\ Thermistor} - \log 10\ k\Omega)}{\frac{1}{T_{RTD}} - \frac{1}{25\ ^\circ C}} \dots\dots\dots(2)$$

เมื่อ

T_o คือ อุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส หรือ 298 องศาเคลวิน

R_o คือ ค่าความต้านที่ 25 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ $10\ k\Omega$

T คือ 4.6728 องศาเซลเซียส

R คือ ค่าความต้านทานที่ 4.6728 องศาเซลเซียสของ NTC Thermistor มีค่าเท่ากับ $21718.1199\ \Omega$

จะได้ค่า Beta constant ดังนี้

$$B_{T1} = \frac{2.3026(\log 4.6728 - \log 10000)}{\frac{1}{4.6728 + 273} - \frac{1}{298}}$$

$$B_{T1} = 3157.0891$$

และ

$$B_{T2} = 3158.1137$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การหาค่าอุณหภูมิ

เมื่อได้ค่า Beta constant แล้วก็จะสามารถหาค่าอุณหภูมิได้จากสมการเดิม โดยการแทนค่าทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบและการคำนวณ ได้แก่ ค่า Beta constant, ค่าอุณหภูมิ T_0 , ค่าความต้านทาน R_0 และ R

จากสมการ

$$T = \frac{1}{\frac{2.3026(\log R_{NTC\ Thermistor} - \log R_0)}{B} + \frac{1}{T_0}} \dots \dots \dots (3)$$

โดยที่ $B_{T1} = 3157.0891$

$$B_{T2} = 3158.1137$$

ยกตัวอย่างการคำนวณ

$$T_{1^{\circ}C} (T_1) = \frac{1}{\frac{2.3026(\log 25500 - \log 10000)}{3157.0891} + \frac{1}{298}}$$

$$T_{1^{\circ}C} (T_1) = 0.7972^{\circ}C$$

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิจากการวัดของ RTD และ การคำนวณของ NTC Thermistor

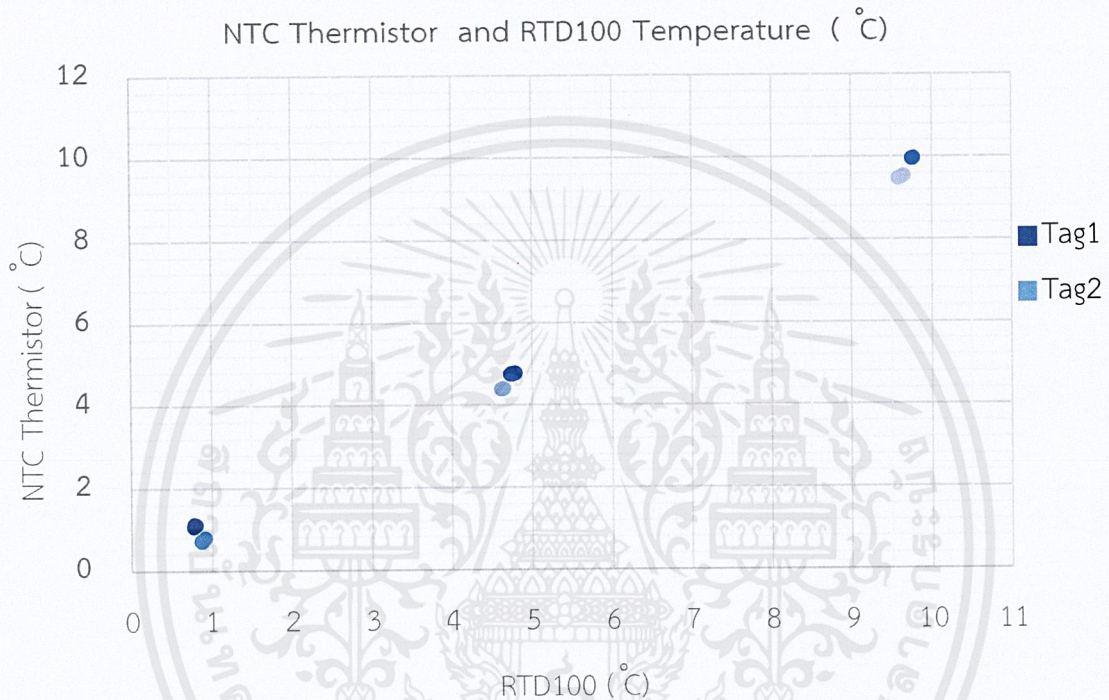
อุณหภูมิ	ลำดับป้าย อัจฉริยะ		ครั้งที่					ค่าเฉลี่ย
			1	2	3	4	5	
1C	T1	RTD	0.9182	0.9130	0.8779	0.8662	0.8759	0.8902
		NTC Thermistor	0.7972	0.7773	0.7366	0.7219	0.7108	0.7487
		ผลต่างของ อุณหภูมิที่วัดได้ จาก RTD และ NTC Thermistor	0.1211	0.1357	0.1412	0.1443	0.1651	0.1415
	T2	RTD	0.7848	0.8041	0.7878	0.7758	0.7758	0.7857
		NTC Thermistor	1.1275	1.1053	1.0868	1.0781	1.0656	1.0926
		ผลต่างของ อุณหภูมิที่วัดได้ จาก RTD และ NTC Thermistor	0.3427	0.3012	0.2989	0.3023	0.2898	0.3070
5C	T1	RTD	4.6394	4.6307	4.6165	4.6514	4.6322	4.6340
		NTC Thermistor	4.3950	4.3941	4.3895	4.4032	4.3999	4.3963
		ผลต่างของ อุณหภูมิที่วัดได้ จาก RTD และ NTC Thermistor	0.2444	0.2366	0.2270	0.2482	0.2324	0.2377
	T2	RTD	4.7519	4.7930	4.7282	4.7360	4.7777	4.7574
		NTC Thermistor	4.7474	4.7725	4.7466	4.7540	4.7700	4.7581
		ผลต่างของ อุณหภูมิที่วัดได้ จาก RTD และ NTC Thermistor	0.0045	0.0205	0.0184	0.0180	0.0077	0.0138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ	ลำดับป้าย อัจฉริยะ		ครั้งที่					ค่าเฉลี่ย
			1	2	3	4	5	
10C	T1	RTD	9.5848	9.6266	9.6175	9.6607	9.6471	9.6273
		NTC Thermistor	9.4726	9.4902	9.4972	9.5234	9.5210	9.5009
		ผลต่างของ อุณหภูมิที่วัดได้ จาก RTD และ NTC Thermistor	0.1122	0.1364	0.1203	0.1373	0.1261	0.1265
	T2	RTD	9.7519	9.7752	9.7676	9.7636	9.7801	9.7677
		NTC Thermistor	9.9465	9.9561	9.9511	9.9493	9.9613	9.9529
		ผลต่างของ อุณหภูมิที่วัดได้ จาก RTD และ NTC Thermistor	0.1946	0.1809	0.1835	0.1857	0.1812	0.1852

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากตารางการเปรียบเทียบอุณหภูมิจากการวัดของ RTD และการคำนวณของ NTC Thermistor มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของ RTD และ NTC Thermistor ทั้งป้ายอัจฉริยะที่ 1 และ 2 จะได้กราฟตามภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ได้จาก NTC Thermistor เทียบกับ RTD

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวัดอุณหภูมิผ่านป้ายอัจฉริยะด้วยแอปพลิเคชันแอนดรอยด์สามารถวัดอุณหภูมิได้ทั้งอุณหภูมิสูงและต่ำ ป้ายมีลักษณะที่สามารถโค้งงอได้ดี ในการทดสอบได้วัดอุณหภูมิสูงสุดที่ประมาณ 60 องศาเซลเซียส และต่ำสุดที่ประมาณ -10 องศาเซลเซียส จากตารางที่ 4.1 คำนวนหาค่า Beta constant ของ T1 และ T2 โดยเทียบอุณหภูมิอ้างอิงจาก RTD100 ซึ่งได้ค่า T1 เป็น 3157.0891 และ T2 เป็น 3158.1137 จากนั้นนำค่าที่ได้ไปใช้หาคำนวนเพื่อหาค่าอุณหภูมิ จากตารางที่ 4.2 อุณหภูมิของเซนเซอร์ NTC Thermistor เทียบกับ RTD100 นั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 0.3 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำกว่าตัววัดอุณหภูมิสำหรับรถโลหิตที่มีอยู่ในปัจจุบัน จากกราฟในภาพที่ 4.1 จะสังเกตเห็นได้ว่ากราฟมีลักษณะเป็นเชิงเส้นและข้อมูลอุณหภูมิของแต่ละช่วงในป้ายอัจฉริยะเดียวกันมีความใกล้เคียงกันสูงมาก

เนื่องจากเป็นงานวิจัยที่ริเริ่มพัฒนาอยู่ในขั้นต้นจึงได้นำอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ส่งผลให้ป้ายอัจฉริยะยังคงมีข้อบกพร่องหลายจุดจากการทดสอบการใช้งาน เช่น แผ่นป้ายอัจฉริยะหากมีการหัก หรือพับบริเวณเสาอากาศเป็นเวลานานอาจจะทำให้สูญเสียประสิทธิภาพในการส่งสัญญาณ การวัดอุณหภูมิจากต่ำไปสูงด้วยความรวดเร็ว ในบางครั้งจะไม่สามารถวัดอุณหภูมิได้ รวมถึงการเชื่อมต่อ NTC Thermistor กับแผ่น NFC Inlay ได้มีการใช้วัสดุที่ไม่คงทนและไม่เหมาะสมในการใช้งานในระยะยาว เมื่อใช้งานไปได้สักระยะหนึ่ง หากมีการกระทบกระเทือนบริเวณของเซนเซอร์ อาจจะส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อเซนเซอร์และป้ายอัจฉริยะได้ สำหรับการทำป้ายอัจฉริยะนี้เพื่อการใช้งานในอุตสาหกรรม การหาค่า Beta constant ที่ละป้ายนั้นทำได้ยากและเปลืองต้นทุน ดังนั้นการใช้เทคนิคการคำนวณในแอปพลิเคชันเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนน่าจะส่งผลที่ดีกว่า หรือการวิจัยเพิ่มเติมหาค่า Beta constant ที่เหมาะสมในวงจรสำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Mubeen Abbas. (2562). NFC Antenna Design made easy. สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2562,
จากเว็บไซต์: <https://blog.nxp.com/tech-insights/connectivity/nfc-antenna-design-made-easy/>

NFC Forum. What is NFC. สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2562,
จากเว็บไซต์: <https://nfc-forum.org/>

High Solution of Television Network. การแบ่งย่านความถี่วิทยุสื่อสาร. สืบค้นเมื่อ 26 ธันวาคม 2562,
จากเว็บไซต์: <https://image.makewebeasy.com/makeweb/0/fwsVrxqVa/Document/ความถี่.pdf>

MECHANIC Silver Conductive Glue Wire. สืบค้นเมื่อ 11 มกราคม 2563,
จากเว็บไซต์: <https://www.vipfixtools.com/product/mechanic-silver-conductive-glue-wire-electrically-paste-adhesive-paint-for-electronic-circuit-board-pcb-repair-0-20-50-61-0ml/>

Rob D Young (2558). 7 ชนิดของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบพื้นฐาน. สืบค้นเมื่อ 12 มกราคม 2563,
จากเว็บไซต์: <http://www.thidaengineering.com/water-seven-basic-types-temperature-sensors.html>

ไทยรัฐ (2558). ขาดเลือดชั้นวิกฤติสืบค้น. เมื่อ 14 มกราคม 2563,
จากเว็บไซต์: <https://www.thairath.co.th/news/local/483955>



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NTC Thermistors

Product compatible with RoHS directive
Compatible with lead-free solders
AEC-Q200

Automotive grade:Corresponding to 125,150°C

Overview of the NTCG series

CHARACTERISTICS OF NTC THERMISTORS

NTC(Negative Temperature Coefficient) thermistors are manufactured from sintered metal oxides. Each thermistor consists of a combination of two to four of the following materials: manganese, nickel, cobalt and copper. NTC thermistors are semiconductor resistors that exhibit decreasing resistance characteristics with increasing temperature. TDK thermistors have low thermal time constants which result in extremely high rates of resistance change to accurately track the temperature.

FEATURES OF NTCG SERIES

- The line-up corresponding to 125 °C is expanded.
- The line-up corresponding to 150 °C is added.
- AEC-Q200 compliant.

Fig.1 R-T Curve : 10kohm@25°C

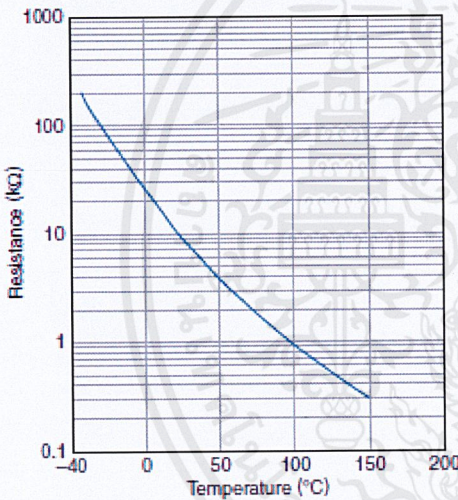
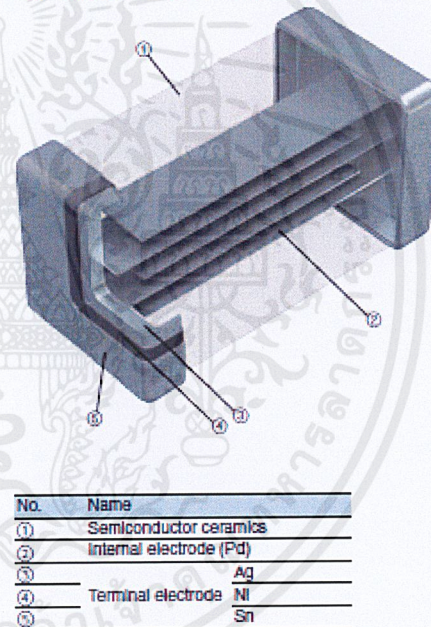


Fig.2 Internal structure of the multilayer chip Thermistors



○ RoHS Directive Compliant Product: See the following for more details.<https://product.tdk.com/info/en/environment/rohs/index.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NTC Thermistors

Product compatible with RoHS directive
Compatible with lead-free solders
AEC-Q200

Automotive grade:Corresponding to 125,150°C

Overview of the NTCG series

PART NUMBER CONSTRUCTION

Series name	Structural classification	shapes and dimensions Code (mm)	B constant*	B constant tolerance (%)	Nominal resistance (Ω)	Nominal resistance tolerance (%)	Packaging style	TDK Internal code
NTC thermistor	Multilayer internal electrode chip type NTC thermistor (Pb free type)	10 1005	EIA	F ±1	300 30	D ±0.5	T Taping	DS 125°C vehicle response B constant: 25/85°C
		16 1608		H ±3	101 100	F ±1	B Bulk	DSX 125°C vehicle response B constant: 25/50°C
					102 1000 (1kΩ)	H ±3		1S 150°C vehicle response B constant: 25/85°C
					103 10000 (10kΩ)	J ±5		1SX 150°C vehicle response B constant: 25/50°C

* B constant

B constant(K)			
2A	2000 to 2050	3A	3000 to 3050
2B	2051 to 2100	3B	3051 to 3100
2C	2101 to 2150	3C	3101 to 3150
2E	2201 to 2250	3E	3201 to 3250
2F	2251 to 2300	3F	3251 to 3300
2J	2401 to 2450	3J	3401 to 3450
2K	2451 to 2500	3K	3451 to 3500
2L	2501 to 2550	3L	3501 to 3550
2N	2601 to 2650	3N	3601 to 3650
2O	2701 to 2750	3O	3701 to 3750
2S	2801 to 2850	3S	3801 to 3850
		4A	4000 to 4050
		4B	4051 to 4100
		4C	4101 to 4150
		4E	4201 to 4250
		4F	4251 to 4300
		4J	4401 to 4450
		4K	4451 to 4500
		4L	4501 to 4550
		4N	4601 to 4650
		4Q	4701 to 4750
		4S	4801 to 4850

B constant calculation formula

$$B = \frac{\ln R1 - \ln R2}{(1/T1) - (1/T2)}$$

B: B constant (K)
T1:Arbitrary temperature (K)
T2:Arbitrary temperature different from T1 (K)
R1:Zero-load resistance value at temperature T1(Ω)
R2:Zero-load resistance value at temperature T2(Ω)
Each temperature is measured in absolute temperature. 0°C=273.15K

Shape symbol (JIS)	Dimensions in mm			
	L	W	T	L1, L2
1005	1.00±0.05	0.50±0.05	0.50±0.05	0.1min
1608	1.60±0.10	0.80±0.10	0.80±0.10	0.2min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NTC Thermistors

Product compatible with RoHS directive

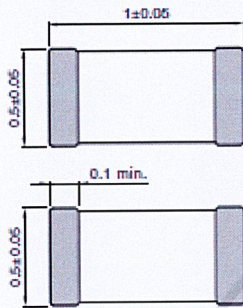
Compatible with lead-free solders

AEC-Q200

Automotive grade: Corresponding to 125, 150°C

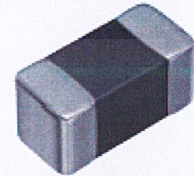
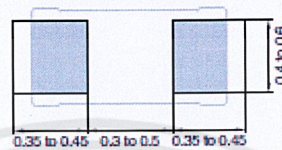
NTCG series 1005 type

SHAPE & DIMENSIONS



Electrode material
Internal: Pd
External: Ag/Ni/Sn
Dimensions in mm

RECOMMENDED LAND PATTERN



125°C RESPONSE COUNTERPARTS (OPERATING TEMPERATURE RANGE : -40 to 125°C)

Part No.	Resistance [25°C] (Ω)	Resistance tolerance	B constant [25/50°C] (K)	B constant [25/75°C] (K)	B constant [25/85°C] (K)	B constant [25/100°C] (K)	B constant tolerance	Permissible operating current [25°C] (mA)
NTCG103JF103FTDS	10,000	±1%	3380	3422	3435	3453	±1%	0.31
NTCG103JF103HTDS	10,000	±3%	3380	3422	3435	3453	±1%	0.31
NTCG103JF103JTDS	10,000	±5%	3380	3422	3435	3453	±1%	0.31
NTCG103JX103DTDS	10,000	±0.5%	3380	3422	3435	3453	±0.7%	0.31
NTCG104LH223JTDS	22,000	±5%	4485	4533	4550	4573	±3%	0.21
NTCG104LH473JTDS	47,000	±5%	4485	4533	4550	4573	±3%	0.14
NTCG104BF683FTDSX	68,000	±1%	4085	4134	4150	4172	±1%	0.12
NTCG104EF104FTDSX	100,000	±1%	4250	4293	4308	4327	±1%	0.10
NTCG104LH104JTDS	100,000	±5%	4485	4533	4550	4573	±3%	0.10
NTCG104LH154JTDS	150,000	±5%	4485	4533	4550	4573	±3%	0.08

150°C RESPONSE COUNTERPARTS (OPERATING TEMPERATURE RANGE : -40 to 150°C)

Part No.	Resistance [25°C] (Ω)	Resistance tolerance	B constant [25/50°C] (K)	B constant [25/75°C] (K)	B constant [25/85°C] (K)	B constant [25/100°C] (K)	B constant tolerance	Permissible operating current [25°C] (mA)
NTCG103JF103FT1S	10,000	±1%	3380	3422	3435	3453	±1%	0.31
NTCG104EF104FT1SX	100,000	±1%	4250	4293	4308	4327	±1%	0.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NTC Thermistors

Product compatible with RoHS directive

Compatible with lead-free solders

AEC-Q200

Automotive grade:Corresponding to 125,150°C

NTCG series RT table

RT CONVERSION TABLE: 100Ω to 22kΩ

Part No.	NTCG □□ 3E □ 101 to	NTCG □□ 4B □ 222 to	NTCG □□ 4B □ 472 to	NTCG □□ 3J □ 103 to	NTCG □□ 4B □ 103 to	NTCG □□ 4L □ 223 to
Resistance	100Ω	2.2 kΩ	4.7 kΩ	10 kΩ	10 kΩ	22 kΩ
B constant(25/85°C)	3250	4100	4100	3435	4100	4550
B constant(25/50°C)	3244	4096	4067	3390	4067	4485
temperature (°C)	Resistance (kΩ)	Resistance (kΩ)	Resistance (kΩ)	Resistance (kΩ)	Resistance (kΩ)	Resistance (kΩ)
-40	1.96	91.91	180.7	188.5	384.4	1120
-35	1.48	64.79	128.5	144.3	273.4	780.9
-30	1.13	46.23	92.51	111.3	196.8	550.8
-25	0.87	33.37	67.35	86.6	143.3	392.7
-20	0.68	24.38	49.56	67.8	105.4	282.9
-15	0.53	17.97	36.84	53.46	78.37	205.8
-10	0.42	13.39	27.65	42.45	58.83	151.1
-5	0.33	10.08	20.94	33.93	44.56	112.0
0	0.269	7.655	16.01	27.28	34.06	83.71
5	0.218	5.868	12.34	22.07	26.25	63.10
10	0.177	4.538	9.583	17.96	20.39	47.94
15	0.146	3.536	7.503	14.70	15.96	36.71
20	0.120	2.779	5.917	12.09	12.59	28.32
25	0.100	2.200	4.700	10.00	10.00	22.00
30	0.084	1.755	3.758	8.31	7.997	17.21
35	0.070	1.410	3.025	6.94	6.437	13.55
40	0.059	1.140	2.450	5.826	5.213	10.74
45	0.050	0.928	1.996	4.911	4.248	8.565
50	0.043	0.760	1.636	4.158	3.481	6.871
55	0.037	0.628	1.348	3.536	2.889	5.543
60	0.032	0.519	1.117	3.019	2.377	4.497
65	0.028	0.433	0.930	2.588	1.979	3.668
70	0.024	0.363	0.779	2.227	1.657	3.007
75	0.021	0.305	0.655	1.924	1.393	2.478
80	0.018	0.258	0.553	1.668	1.177	2.052
85	0.016	0.220	0.469	1.451	0.999	1.707
90	0.014	0.188	0.400	1.267	0.851	1.428
95	0.013	0.161	0.342	1.110	0.729	1.197
100	0.011	0.139	0.294	0.975	0.626	1.009
105	0.010	0.120	0.254	0.860	0.540	0.853
110	0.009	0.104	0.220	0.760	0.468	0.725
115	0.008	0.091	0.191	0.674	0.406	0.618
120	0.007	0.079	0.166	0.599	0.354	0.529
125	0.006	0.069	0.146	0.534	0.310	0.454
130	—	—	—	0.478	—	—
135	—	—	—	0.428	—	—
140	—	—	—	0.385	—	—
145	—	—	—	0.346	—	—
150	—	—	—	0.313	—	—

* The ends "1S □," refer to 150°C divisions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NTC Thermistors

Product compatible with RoHS directive

Compatible with lead-free solders

AEC-Q200

Automotive grade: Corresponding to 125, 150°C

NTCG series RT table

RT CONVERSION TABLE: 47kΩ to 150kΩ

Part No.	NTCG □□ 4L □ 473 to	NTCG □□ 4B □ 683 to	NTCG □□ 4K □ 104 to	NTCG □□ 4E □ 104 to	NTCG □□ 4L □ 104 to	NTCG □□ 4L □ 154 to
Resistance	47 kΩ	68 kΩ	100 kΩ	100 kΩ	100 kΩ	150 kΩ
B constant(25/85°C)	4550	4150	4485	4308	4550	4550
B constant(25/50°C)	4485	4085	4419	4250	4485	4485
temperature (°C)	Resistance (kΩ)	Resistance (kΩ)	Resistance (kΩ)	Resistance (kΩ)	Resistance (kΩ)	Resistance (kΩ)
-40	2392	2409	4964	4251	5099	7634
-35	1668	1719	3400	3005	3549	5324
-30	1177	1246	2405	2149	2503	3755
-25	838.9	916.0	1720	1554	1795	2677
-20	604.3	681.0	1243	1135	1296	1929
-15	439.6	511.4	907.6	837.8	935.3	1403
-10	322.8	387.4	689.0	624.1	686.9	1030
-5	239.2	295.9	497.6	469.1	509.0	763.5
0	179.8	227.7	373.4	355.6	390.5	570.7
5	134.9	176.5	282.5	271.8	298.8	430.2
10	102.4	137.7	215.5	209.4	217.9	326.9
15	78.42	108.2	165.6	162.5	168.9	250.3
20	60.50	85.51	128.2	127.0	128.7	193.1
25	47.00	68.00	100.0	100.0	100.0	150.0
30	36.77	54.40	78.51	79.23	78.23	117.3
35	28.95	43.77	62.05	63.18	61.60	92.40
40	22.95	35.41	49.34	50.68	48.82	73.23
45	18.30	28.81	39.48	40.90	38.93	58.40
50	14.68	23.56	31.77	33.19	31.23	46.84
55	11.84	19.37	25.71	27.09	25.20	37.79
60	9.607	16.00	20.92	22.22	20.44	30.66
65	7.836	13.29	17.12	18.32	16.67	25.01
70	6.425	11.08	14.07	15.18	13.67	20.50
75	5.294	9.284	11.62	12.64	11.26	16.89
80	4.393	7.814	9.649	10.58	9.325	13.99
85	3.646	6.604	8.046	8.887	7.757	11.64
90	3.046	5.604	6.738	7.500	6.482	9.722
95	2.557	4.775	5.667	6.357	5.440	8.159
100	2.155	4.083	4.786	5.410	4.584	6.876
105	1.823	3.505	4.057	4.623	3.879	5.819
110	1.549	3.019	3.453	3.966	3.295	4.943
115	1.321	2.609	2.950	3.415	2.810	4.215
120	1.130	2.262	2.529	2.952	2.405	3.607
125	0.971	1.967	2.176	2.561	2.086	3.098
130	—	—	1.878	2.229	—	—
135	—	—	1.626	1.947	—	—
140	—	—	1.412	1.707	—	—
145	—	—	1.230	1.501	—	—
150	—	—	1.075	1.324	—	—

* The ends "1S □," refer to 150°C divisions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NTC Thermistors

Automotive grade: Corresponding to 125, 150°C

Product compatible with RoHS directive
Compatible with lead-free solders
AEC-Q200

Attention in the board design

BOARD DESIGN

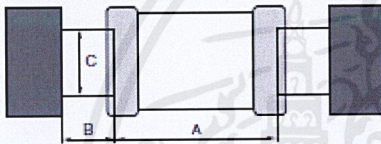
When attached to NTC substrate thermistor, amount of silver used (fillet size) has direct impact on NTC thermistor after mounting. Thus, sufficient consideration is necessary.

Set of land dimensions

(1) As the stress rises in the NTC thermistor owing to the increase in silver, breakage and cracks will occur. Cause including crack, as caution on board land design, configure the shape and dimensions so that the amount of silver is appropriate.

If you installed 2 or more parts in the Common Land, separated by a solder resist and special land of each component.

Dimensions shape



Shape symbol	Symbol		
	A	B	C
1005	0.30 to 0.50	0.35 to 0.45	0.4 to 0.6
1608	0.6 to 0.8	0.6 to 0.8	0.6 to 0.8

(2) When peak levels panning-at soldering is excessive, by solder contraction stress, mechanical-thermal stress causes a Yasuku chip crack.

In addition, when the peak level is underestimated, terminal electrode fixed strength is insufficient. This causes chip dropouts and may affect circuit reliability.

Representative example of the panning of peak levels is shown in the following.

Recommended silver dose

Solder volume overload		Solder stress is increased, and it is easy for a crack to form.
Decent solder volume		Most large serving amount Minimum prime amount
Solder volume deficit		Fixed strength is weak, and there is connection a problem and risk of loss.

Case and suggested protocol want to avoid

Example	Cases to avoid	Improvement example (land division)
Lead wire and land of part discrete doubles up		
Arrangements in the vicinity		
Arrangements of chip component's companion		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

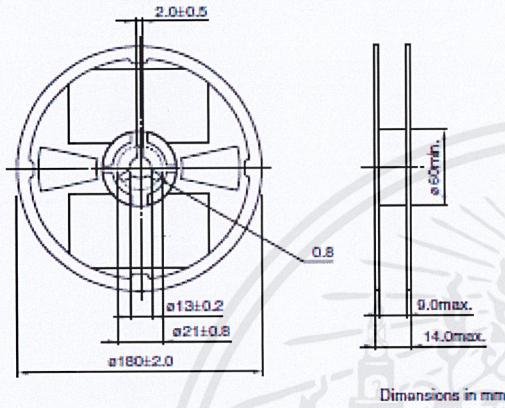
NTC Thermistors

Product compatible with RoHS directive
Compatible with lead-free solders
AEC-Q200

Automotive grade: Corresponding to 125,150°C

Packaging style

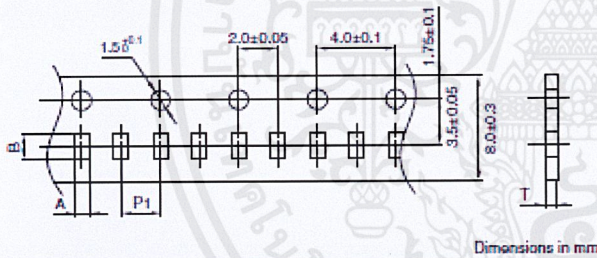
REEL DIMENSIONS



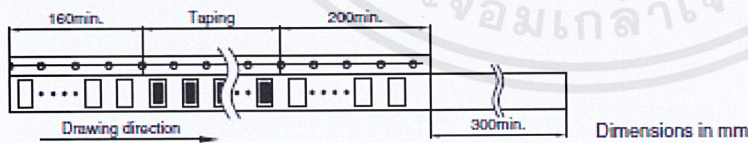
PACKAGE QUANTITY, PRODUCT WEIGHT

Type	Package quantity (pieces/reel)	Individual weight (mg)
NTCG10	10,000	2.5
NTCG16	4,000	5.0

TAPE DIMENSIONS



Type	A	B	P1	T
NTCG10	0.65±0.05/-0.1	1.15±0.05/-0.1	2±0.05	0.65max.
NTCG16	1.1±0.2	1.9±0.2	4±0.1	1.1max.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NTC Thermistors

Product compatible with RoHS directive
 Compatible with lead-free solders
 AEC-Q200

Automotive grade:Corresponding to 125,150°C

Description and definition of terms

INITIAL RESISTANCE

Thermistor resistance is a function of absolute temperature as indicated by the following relationship:

$$R=R_0 \cdot \exp B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \dots\dots\dots (1)$$

Here R_0 , R (kΩ) are the respective resistance values when the surrounding temperature is T_0 , T (K). B is the thermistor constant(B constant below).

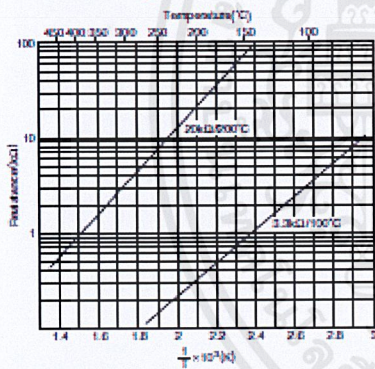
B CONSTANT

The B constant is found from the following equation:

$$B = \frac{2.3026(\log R - \log R_0)}{\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}} \dots\dots\dots (2)$$

This B characteristic is indicated by the slope of the linear plot of $\log R - 1/T$ inverse absolute temperature. The B constant value is generally in the vicinity of 2500K to 5000K. B constant values of 3000K to 4000K are frequently used for measurements.

Resistance-temperature characteristics (Fig.1)



TEMPERATURE COEFFICIENT

The relationship between temperature coefficient α and B becomes:

$$\alpha = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT} = -\frac{B}{T^2} \times 100(\%/^{\circ}C) \dots\dots\dots (3)$$

The negative sign of the temperature coefficient indicates that the temperature coefficient decreases as both thermistor resistance and temperature rise. If B is taken as 3400K, the temperature coefficient found at 20°C (293.15K) becomes -4%/°C.

HEAT DISSIPATION COEFFICIENT

Temperature rises due to thermal energy formed as electrical current flows through the thermistor. The thermistor temperature T_0 is then related to the surrounding temperature T_a and the electrical input W :

$$W = k(T_0 - T_a) = V \cdot I \text{ (mW)} \quad (4)$$

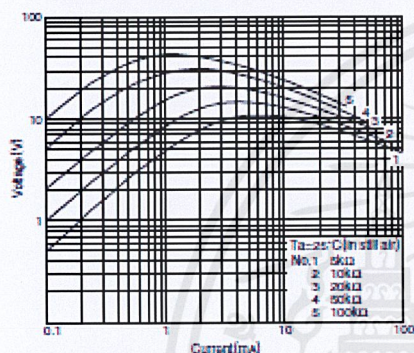
$$k = \frac{W}{T_0 - T_a} \text{ (mW}^\circ\text{C)} \quad (5)$$

This k value is the heat dissipation coefficient, which represents the additional electrical power (mW/°C) needed to raise the thermistor temperature by 1°C. This heat dissipation coefficient varies with changes in the measurement and environmental conditions. When a thermistor is used for temperature measurement, it is naturally important to lower the applied electrical current as much as possible in order to reduce measurement error resulting from self heating.

VOLTAGE - CURRENT CHARACTERISTIC

The voltage - current characteristic indicates the drop in voltage as electrical current through the thermistor is gradually increased.

Voltage-current characteristics (Fig.2)



HEATING TIME CONSTANT

The time period required to heat up a thermistor from a certain temperature T_0 over a target temperature rise is called the heating time constant. Various types of heating time constants are indicated by the symbols shown in Table 1 as determined by the percent change from T_0 toward the target temperature. The standard change is typically taken to be 63.2%.

Thermal time constants (Fig.3)

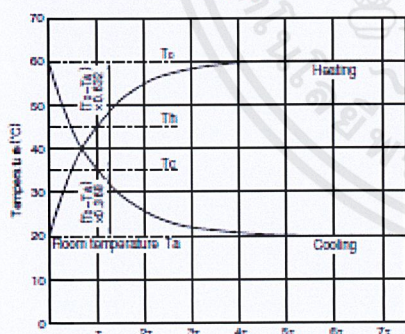


Table 1 Heating time constant and temperature change ratio

Code	Rate of change (%) for $T_0 - T_a$
τ	63.2
2τ	86.5
3τ	95.0
4τ	98.2
5τ	99.4
6τ	99.8
7τ	99.9

PERMISSIBLE OPERATING CURRENT

This is the maximum load current limit below 1°C temperature rise due to thermistor self-heating. It's possible to express it in the following system.

$$\text{Maximum allowed current [mA]} = \sqrt{\text{Heat dissipation constant [mW}^\circ\text{C]} \div \text{Resistance [}\Omega\text{]}}$$



MCN-DJ002 (Silver conductive paint)

MECHANIC Silver Conductive Glue Wire Electrically Paste Adhesive Paint for Electronic Circuit Board PCB Repair

Features:

- Brand : MECHANIC
- Volume : 0.2/0.3/0.4/0.5/0.6/0.7/1.0ML
- Silver conductive glue / Paste for Electronics repair applications.
- It's great for repairing defect traces / tracks or creating smooth jumpers on PCB board.
- It can be used for repairing membrane switches.
- It's perfect for both rigid & flexible substrates.
- It's widely used in Home Supplies(For example refrigerator, drinking machine, electromagnetic oven and electronic kettles etc.) , Electrical Items (For example power, inventor, relay and SCR etc.), CPU in computer, LED display, LCD display, optical fiber communication equipment, controller, heat sink and LED etc.

How to use:

1. Apply the silver glue / paste in the place you want.
2. After the desired tracks get covered, Please allow one hour for drying.
3. If you want it drying rapidly, blow it with a hair dryer for 5 – 10 minutes will be OK.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LIB Cold Hot Temperature Humidity Small Benchtop Aging Test Chamber TH-80B

LIB Cold Hot Temperature Humidity Small Benchtop Aging Test Chamber T-50 T-80 used for Automobile Industry, Aircraft Industry, Electronics, Materials, Laboratory Calibration, University Research.

LIB Cold Hot Temperature Humidity Small Benchtop Aging Test Chamber included temperature only chamber, temperature humidity chamber, fast change rate temperature test chambers, thermal cycle chambers, benchtop ovens.

Key Features

- Small, portable, benchtop design
- Wide temperature ranges and volume selection
- Reliable performance
- Temperature control and display unit
- Humidity control and display unit
- Programmable color LCD touch screen controller
- Mechanical compression refrigeration system
- Build-in water tank
- USB and Ethernet
- Adjustable and removable sample shelves
- Safety protection system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Advantages:

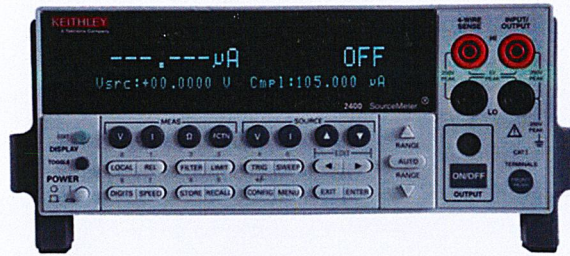
1. Benchtops, small size, desktop type, portable, popular
2. High stability of cooling system and humidity system
3. Various temperature range & humidity range
4. Data collection and download to USB
5. Popular and factory price
6. Easy operation
7. Used for environmental testing, calibration, storage,
8. 3-Year warranty
9. Quick response within 24 hours

Packages

- Export Standard Wooden Box
- Can be used for Sea, Air, Railway, Truck transportation
- Package size: 1.8 m³, gross weight: 180kg

Brand Name	LIB
Model Number	TH-80- Humidity Temperature chamber
Certification	CE RoHS ISO17025 CSA
Place of Origin	China
Packaging Details	Wooden cases standard export package
Overall dimension (mm)	900×1100×1000
Temperature range	-20°C ~ +150 °C
Humidity range	20% ~ 98% RH
Humidity deviation	± 2.5% RH
Temperature Resolution	± 0.001 °C
Environmental conditional	5°C ~ +40 °C ≤85% R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2400-LV

Keithley's Source Measure Unit (SMU)

Five instruments in one (IV Source, IVR Measure)

Seven models: 20 - 100W DC, 1000W pulsed,
1100V to 1 μ V, 10A to 10pA

Source and sink (4-quadrant) operation

0.012% basic measure accuracy with 5½-digit resolution

2-, 4-, and 6-wire remote V-source and measure sensing

1700 readings/second at 4½ digits via GPIB

Pass/Fail comparator for fast sorting/binning

Available high speed sense lead contact check function

Programmable DIO port for automation/handler/prober control
(except Model 2401)

Standard SCPI GPIB, RS-232, and Keithley Trigger Link interfaces

Keithley LabTracer 2.0 I-V curve tracing application software (download)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้