แอปพลิเคชันอำนวยความสะดวกในการเข้ารักษาโรงพยาบาล

Application guiding hospitalization

พงศ์พิชญ์ ศรีบัว

Phongpit Sribua

พัฒนสิทธิ์ บัวติ๊บ

Patthanasit Buatib

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แอปพลิเคชันอำนวยความสะดวกในการเข้ารักษาโรงพยาบาล

Application guiding hospitalization

พงศ์พิชญ์ ศรีบัว

นาย พัฒนสิทธิ์ บัวติ๊บ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.เทอดศักดิ์ ลิ่วหาทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **แอปพลิเคชันอำนวยความสะดวกในการเข้ารักษาโรงพยาบาล**

Application guiding hospitalization

ผู้จัดทำ นาย พงศ์พิฌช์ ศรีบัว รหัสนักศึกษา 60010645

นาย พัฒนสิทธิ์ บัวติ๊บ รหัสนักศึกษา 60010686

รายงานนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

.....

ดร. เทอดศักดิ์ ลิ่วหาทอง

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อโครงงาน แอปพลิเคชันอำนวยความสะดวกในการเข้ารักษาโรงพยาบาล

นักศึกษา นายพงพิชญ์ ศรีบัว

นายพัฒนสิทธิ์ บัวติ๊บ

ปริญญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ปีการศึกษา 2563

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ดร. เทอดศักดิ์ ลิ่วหาทอง

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนั้น มีคนเข้ารักษาในโรงพยาบาลเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ บุคลากรทางการแพทย์ ทำงานหนักมากเช่นกัน จึงต้องมีการคิดค้นอุปกรณ์ และ แอปพลิเคชัน ที่จะทำให้ คนไข้สามารถดำเนินขั้นตอนการรักษาได้เสร็จไวขึ้น ส่งผลให้แบ่งเบางานแก่บุคลากรภายในโรงพยาบาลได้มากขึ้น และช่วยให้จำนวนคนไข้ที่รอการรักษาถึงคิวของตนเองได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

ผู้พัฒนาจึงได้คิดค้น แอปพลิเคชันอำนวยความสะดวกในการเข้ารักษาโรงพยาบาลขึ้นมา ซึ่งในตอนแรก จะพัฒนาส่วนของแอพลิเคชัน สำหรับการนำทางคนไข้ในโรงพยาบาล โดยใช้สัญญาณบลูธท เป็นตัวช่วยในการออกแบบการนำทาง แต่พบว่ายังไม่เพียงพอ เนื่องจากการแพร่ระบาดของโควิด-19 ทำให้ทุกคนต้องเว้นระยะห่างจากคนรอบข้างหนึ่งถึงสองเมตร ผู้พัฒนาเห็นว่าแอปพลิเคชันดังกล่าว ควรที่จะส่งเสริมการเว้นระยะห่างทางสังคม ผู้พัฒนาจึงคิดค้นระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนคิวขึ้น เนื่องจากโรงพยาบาลหลายแห่ง ยังมีการให้คนไข้ที่รอพบแพทย์เข้าไปรอภายในอาคาร หากแอปพลิเคชัน สามารถตรวจสอบและแจ้งเตือนคิวได้ คนไข้ที่รอเรียกคิว ก็สามารถออกจากจุดดังกล่าวไปยังบริเวณที่ไม่แออัด เพื่อรอแจ้งเตือนจากทางแอปพลิเคชันได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Project Title	Application guiding hospitalization
Student	Mr.Phongpit Sribua
	Mr.Patthanasit Buatib
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2020
Project Advisor	Dr. Thurdsak Leauhatong

ABSTRACT

In now day, there are so many people use to get medical treatment and it is why medical personals work so hard. So that is the purpose to make new tools or applications to support them to work easier than usual.

Then we have to develop the application to make more convenience for hospitalization. In first state we developed the application for guiding route the patients in the hospital by using Bluetooth. But just that not enough, because from epidemic of COVID-19 made all of us must be leave a distance of 1-2 meters. Then we have developed application for support the social distancing with queuing function to make the patients stay out of crowed at front of examination room, and the patients can know what queue now or their queue yet by notification from this application.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

โปรเจคแอพพลิเคชันนำทางและระบุตำแหน่งด้วยบลูทูธนี้ สามารบรรลุเป้าหมายได้ด้วยความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาของอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.เทอดศักดิ์ ลิ่วหาทอง ที่คอยให้การสนับสนุน ให้คำปรึกษา ตำแนะนำแนวทางการทำงาน และแนวทางการนำโครงงานนี้ไปประยุกต์ใช้ คณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบคุณบิดาและมารดาของคณะผู้จัดทำที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนเงินทุนในการดำเนินงาน ให้คำแนะนำรวมทั้งช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงงาน ทำให้สามารถทำงานได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำหวังว่าโปรเจคนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจ และผู้ที่นำโปรเจคนี้ไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

พงศ์พิชญ์ ศรีบัว

พัฒนสิทธิ์ บัวติ๊บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญรูปภาพ.....VI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงานนี้.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1

1.3 ขอบเขตในการจัดทำโครงงาน.....1

1.4 ระยะเวลาในการทำโครงงาน.....2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 ESP 32 และบลูทูธของ ESP 32.....3

2.2 Android Developer กับบลูทูธ.....5

2.3 RSSI คืออะไร.....6

2.4 วงจรจ่ายไฟฟ้าแบบ SMPS.....6

บทที่ 3 หลักการทำงาน และ การออกแบบ.....8

3.1 วงจรปล่อยสัญญาณบลูทูธด้วย ESP 32.....8

3.2 รูปแบบการทำงานของแอปพลิเคชัน.....11

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....13

4.1 ผลการหาค่า RSSI เพื่อใช้กำหนดระยะที่แอปพลิเคชันจะแสดงอุปกรณ์.....13

4.2 ผลของการออกบแบบวงจรปล่อยสัญญาณบลูทูธ.....14

4.3 ผลการออกแบบแอปพลิเคชัน.....15

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1 วงจรจ่ายไฟฟ้า ..8
รูปที่ 2 วงจร L7805 ..9
รูปที่ 3 วงจรควบคุมแบตเตอรี่ และวงจรควบคุมการจ่ายไฟด้วยรีเลย์..9
รูปที่ 4 ลายวงจรที่ออกแบบ ..10
รูปที่ 5 Flow chart การทำงานของแอปพลิเคชัน ..11
รูปที่ 6 Flow chart การใช้งานแอปพลิเคชัน ..12
รูปที่ 7 กราฟ Boxplot ที่ได้จากการนำค่า RSSI มาวาด..13
รูปที่ 8 วงจรจ่ายไฟฟ้า และ ESP 32 ที่ทำหน้าที่กระจายสัญญาณบลูทูธ ..14
รูปที่ 9 หน้าต่างเข้าสู่ระบบและหน้าต่างสมัครบัญชี ..15
รูปที่ 10 หน้าโปรไฟล์ผู้ใช้งาน ..15
รูปที่ 11 การนำทางที่จุดคัดกรอง ..16
รูปที่ 12 การนำทางที่ห้องบัตรไปยังห้องตรวจ ..16
รูปที่ 13 การนำทางที่ห้องจ่ายยา ..17
รูปที่ 14 ขั้นตอนการใส่คิว ..17
รูปที่ 15 การแจ้งเตือนของแอปพลิเคชัน ..18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากในการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลนั้นมีขั้นตอนหลายขั้นตอน และในโรงพยาบาลบางแห่งนั้นมีพื้นที่ที่กว้าง ซึ่งอาจทำให้ผู้ที่เข้ารับการรักษานั้นหลงทาง ไม่สามารถหาตำแหน่งที่ตนเองต้องไปใช้บริการ ในการรับการรักษาได้ ทางผู้จัดทำจึงคิดที่จะสร้างแอปพลิเคชันที่มาช่วยในการอำนวยความสะดวกในการนำทางภายในโรงพยาบาลนี้ขึ้นมา เพื่อให้ผู้ที่เข้ารับการรักษาสามารถไปยังจุดบริการที่ต้องการได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วมากขึ้น โดยจะบอกว่าแต่ละจุดนั้น ต้องทำอะไร ต้องเตรียมอะไรแจ้งเจ้าหน้าที่บ้าง และหลังจากนั้นจะไปยังจุดต่อไปอย่างไร และมีระบบแจ้งเตือนการรอคิวหน้าห้องตรวจเพื่อความสะดวกสบายในการรอรับการรักษาด้วย

1.2วัตถุประสงค์

1.2.1 สร้างอุปกรณ์บลูทูธและแอปพลิเคชันมาใช้งานร่วมกัน

1.2.2 เพื่อสร้างแอปพลิเคชันนำทาง ในการเดินทางไปยังจุดบริการต่างๆในโรงพยาบาล

1.2.3 เพื่อส่งเสริมการเว้นระยะห่างทางสังคม โดยออกแบบให้ตัวแอปพลิเคชัน มีระบบตรวจสอบ และ แจ้งเตือนคิว

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ใช้ ESP 32 เป็นอุปกรณ์กระจายสัญาณบลูทูธโดยใช้วงจร Switching PWS เป็นตัวจ่ายไฟฟ้าขนาด 5 V ให้กับวงจร โดยใช้ IC TNY284PG เป็นตัวควบคุมการทำงาน

1.3.2 ใช้โปรแกรม Android Studio ในการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับมือถือแอนดรอยด์ โดยเขียนด้วยภาษา Java

1.3.3 แอปพลิเคชันที่สร้างสามารถใช้งานได้เฉพาะกับโรงพยาบาลก้าวเลี้ยวเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.4 ระยะเวลาในการศึกษาและจัดทำ

ขั้นตอนการทำงาน	ม.ค.		ก.พ.		มี.ค.		เม.ย.		พ.ค.
	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-3
1.นำเสนอหัวข้อและเตรียมความพร้อมในการทำโครงงาน									
2.ศึกษาหาข้อมูลค้นคว้าการสร้างแอปพลิเคชัน									
3.ศึกษาการสร้างและการทำงานของวงจรลดระดับแรงดันไฟ									
4.ศึกษาการสร้างและการการทำงานวงจรแบตเตอรี่สำรอง									
3.จัดทำโครงงาน									
4.สรุปผลและจัดทำรายงาน									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการทำโครงงานนี้คาดว่าจะทำให้เกิดแอปพลิเคชันที่สามารนำมาใช้นำทางผู้เข้าใช้บริการในโรงพยาบาล โดยแอปฯนี้จะนำทางผู้ใช้งานไปยังจุดให้บริการต่างๆได้อย่างถูกต้อง และสามารใช้ดูคิวปัจจุบันที่หมอกกำลังทำการรักษาอยู่เพื่อความสะดวกในการเข้ารักการรักษาทำให้ไม่จำเป็นต้องอยู่รอบริเวรหน้าห้องตรวจตลอดเวลา สามารถทานข้าวหรือทำธุระอื่นๆรอได้อย่างสบายใจจนกว่าแอปพลิเคชันจะทำการแจ้งเตือน จึงมารอคิวที่หน้าห้องตรวจได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ESP 32 และบลูทูธของ ESP 32

ESP32 เป็นชื่อของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi และ Bluetooth 4.2 BLE ในตัว ผลิตโดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน โดยราคา ณ ที่เขียนบทความอยู่นี้ มีราคาไม่เกิน 500 บาท (บอร์ดพัฒนาสำเร็จรูป) โดยตัวไอซี ESP32 มีสเปคโดยละเอียด ดังนี้

- ซีพียูใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง สัญญาณนาฬิกา 240MHz
- มีแรมในตัว 512KB
- รองรับการเชื่อมต่อรอมภายนอกสูงสุด 16MB
- มาพร้อมกับ WiFi มาตรฐาน 802.11 b/g/n รองรับการใช้งานทั้งในโหมด Station softAP และ Wi-Fi direct
- มีบลูทูธในตัว รองรับการใช้งานในโหมด 2.0 และโหมด 4.0 BLE
- ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.6V ถึง 3V
- ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40°C ถึง 125°C

ขาใช้งานต่าง ๆ ของ ESP32 รองรับการเชื่อมต่อบัสต่าง ๆ ดังนี้

- มี GPIO จำนวน 32 ช่อง
- รองรับ UART จำนวน 3 ช่อง
- รองรับ SPI จำนวน 3 ช่อง
- รองรับ I2C จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ ADC จำนวน 12 ช่อง
- รองรับ DAC จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ I2S จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ PWM / Timer ทุกช่อง
- รองรับการเชื่อมต่อกับ SD-Card

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บลูทูธของ ESP 32 (BLE)

BLE ย่อมาจาก Bluetooth Low Energy หรืออาจแปลเป็นไทยได้ว่า บลูทูธพลังงานต่ำ ตามหลักแล้ว อุปกรณ์ BLE จะใช้พลังงานน้อยมาก ๆ บางอุปกรณ์ระบุว่าสามารถอยู่ได้ต่อเนื่องนาน 1 ปี โดยใช้พลังงานจากถ่านกระดุมเพียงหนึ่งก้อน

สำหรับ BLE จะค่อนข้างยืดหยุ่น และใช้งานง่ายในระดับหนึ่ง คือเมื่อมีการเชื่อมต่อแล้ว จะต้องมีการกำหนดบริการที่จะขอข้อมูล หรือส่งข้อมูล ซึ่งจะเรียกว่า Service ซึ่งแต่ละ Service ก็จะมีสิ่งที่เรียกว่า Characteristic เป็นตัวลูกที่เราจะเข้าไปรับ – ส่งข้อมูล

ชั้น Device

สังเกตว่าชั้นบนสุดจะเป็นชั้นส่วนของอุปกรณ์ มีหมายเลขประจำตัวเป็น Mac Address ค่าของ Mac Address นี้ เราไม่สามารถแก้ไขได้ เนื่องจากจะถูกกำหนดมาตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตชิป ESP32 แล้ว ตามหลักแล้วค่า Mac Address ของแต่ละอุปกรณ์จะไม่มีโอกาสซ้ำกันได้เลย ดังนั้นในการเชื่อมต่อบลูทูธ เราจึงใช้ Mac Address ในการอ้างอิงอุปกรณ์ที่จะเชื่อมต่อด้วย ทั้งนี้ชั้นนี้จะสามารถกำหนดค่าอื่น ๆ ได้ เช่น ชื่อของบลูทูธ ซึ่งจะแสดงให้เห็นเมื่อตอนสแกนหา ชื่อของบลูทูธเราสามารถตั้งเองได้โดยไม่มีข้อจำกัดใด ๆ

ชั้น Service

เป็นชั้นที่อยู่รองลงมาจาก Device ซึ่งใน 1 อุปกรณ์สามารถมี Service ได้หลายตัว ทำให้ใน BLE สามารถใช้อุปกรณ์ตัวเดียวให้บริการข้อมูลที่แตกต่างกันได้ หมายเลขอ้างอิงของ Service จะเรียกว่า UUID มักอยู่ในรูปของเลขฐาน 16 จำนวน 1 ไบต์ (อ้างอิงจากตัวอย่างในไลบารี่ของผู้พัฒนาชุด ESP-IDF) ซึ่งค่า UUID นี้ จะต้องไม่ซ้ำกันเลย

ชั้น Characteristic

เป็นชั้นในระดับล่างสุดที่เราสามารถใช้งานได้ การใช้งานรับ – ส่งข้อมูลจะต้องเชื่อมต่อลงมาจนถึงชั้น Characteristic จึงจะสามารถรับ – ส่งข้อมูลกันได้ ในชั้นนี้จะมีหมายเลขอ้างอิงของแต่ละ Characteristic เรียกว่า UUID มักอยู่ในรูปของเลขฐาน 16 จำนวน 2 ไบต์ โดยมี UUID ของ Service นำหน้า เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่ายว่าเป็น Characteristic ของ Service ไหน

หลักการรับ – ส่งข้อมูลของ BLE

ตัว Characteristic ที่อยู่ในระดับล่างสุดของระบบการทำงานของ BLE จะเปรียบเสมือนตัวแปรหนึ่ง ที่สามารถเขียนได้ และอ่านค่าได้ โดยตัวแปรนั้นจะมีชื่อตาม Characteristic UUID เมื่อต้องการรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ส่งข้อมูล ควรกำหนดให้ข้อมูลของ Characteristic เมื่อเขียนเข้าไปแล้ว อ่านออกมา จะได้ค่าเดิมที่เขียนเข้าไป จึงจะถูกหลักการของการใช้งาน BLE เช่น เขียน 10 ลงไป เมื่ออ่านควรจะได้ค่าเป็น 10 ด้วย

คำสั่งกำหนดการรับ – ส่งข้อมูล

คือการส่งคำสั่งเพื่อที่จะให้อุปกรณ์ทำตามคำร้องได้ถูกต้องตามต้องการ ซึ่งมีดังนี้

- Write – เป็นคำสั่งเขียนข้อมูลไปยัง Characteristic ซึ่งจะต้องกำหนดข้อมูลที่เขียนไว้ด้วย

- Read – เป็นคำสั่งอ่านข้อมูลจาก Characteristic

- Notify – เป็นคำสั่งที่กำหนดให้อุปกรณ์ต้นทาง (ในที่นี้คือ ESP32) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจะส่งข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงมาให้ปลายทางด้วย (ในที่นี้คือโทรศัพท์มือถือ)

2.2 Android Developer กับบลูทูธ

จากการใช้งานโทรศัพท์มือถือซึ่งมีฟังก์ชันการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบไร้สายกับอุปกรณ์บลูทูธ โดยการที่จะใช้งานบลูทูธผ่านทางแอปพลิเคชันต่างๆ ต้องมีการเรียกใช้งาน Bluetooth APIs เพื่อให้โทรศัพท์มือถือ สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์บลูทูธอื่นๆ ได้

การขออนุญาตการใช้งานบลูทูธ (Bluetooth permission)

ในการใช้งานฟังก์ชันบลูทูธในแอปพลิเคชันของแอนดรอยด์นั้น จำเป็นที่จะต้องขออนุญาตจากบลูทูธของตัวโทรศัพท์ก่อน โดยต้องเรียกใช้ฟังก์ชัน 2 ตัว คือ BULETOOTH เพื่อให้สามารถใช้บลูทูธติดต่อสื่อสารกันได้ และ ACCESS_FINE_LOCATION เพื่อที่จะทำให้บลูทูธสามารถเข้าถึงข้อมูลที่อยู่ของผู้ใช้งานได้

Android Developer กับการออกแบบ Layout

ในการสร้างหน้าต่างผู้ใช้งานนั้น จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 2 อย่าง คือ View เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานมองเห็น และ View Group เป็นส่วนประกอบต่างๆของ View ที่ผู้ใช้งานมองไม่เห็น

การออกแบบหน้าต่างผู้ใช้งานนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบดังนี้

- สร้างโดยการใช้ xml
- สร้างโดยการใช้ runtime

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3 RSSI คืออะไร

RSSI (Recevied Signal Strength Indicator) คือ ระดับบ่งชี้ความแรงของสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุที่วัดด้วยตัวรับสัญญาณ มีหน่วยคือ dBm (decibel-millwatts) โดยจากการอ้างอิง 0 dBm มีค่าเท่ากับ 1 milliwatt มีสมการดังนี้

$$RSSI = 10log_{10}\frac{P}{1\ mW}$$

ส่วนใหญ่แล้วค่าระดับความแรงของสัญญาณจะมีค่าต่ำกว่าศูนย์หรือก็คือมีค่าเป็นลบ ซึ่งเราสามารถนำค่า RSSI นี้มาระยุกต์ใช้ในการหาระยะทางได้ ซึ่งในโครงงานชิ้นนี้เราใช้ค่า RSSI ของสัญญาณบลูทูธในกากำหนดระยะให้แอปพลิเคชันแสดงจุดบริการที่เรานำอุปกรณ์ไปวางไว้ โดยให้แสดงเมื่อเข้าไปใกล้ระยะหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ใช้งานพบสัญญาณ แต่ไม่พบจุดบริการ

2.4 วงจรจ่ายไฟฟ้าแบบ SMPS

เครื่องจ่ายไฟแบบ SMP(Switch Mode power Supplies) เป็นอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นมาต่อจากเครื่องจ่ายไฟแบบลิเนียร์ (Linear Power Supplies) โดยใช้พื้นที่ของวงจรน้อยกว่า แต่ในการพัฒนาต้องคำนึงถึงสัญญาณรบกวนของเอาท์พุตด้วยว่ามีขนาดที่ต่ำ ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้ได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันเนื่องจากคุณสมบัติที่เด่นที่สุดก็คือการที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา พกพาสะดวก รวมถึงมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำอีกด้วย

โดยพื้นฐานแล้ว SMPS นั้น จะใช้ตัวควบคุมที่จะทำหน้าที่สลับแรงดันไฟฟ้าที่เข้ามาเพื่อให้แรงดันคงที่ โดยการสลับแรงดันไฟฟ้าระหว่างแหล่งจ่ายกระแสกับตัวเก็บประจุ เงื่อนไขคือ หากแรงดันสูงกว่าที่กำหนดจะใช้ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายแต่ถ้าหากต่ำกว่าที่กำหนด จะดึงกระแสออกมาจากตัวเก็บประจุแทน

โครงสร้างพื้นฐานของ SMPS ประกอบด้วยดังนี้

- ส่วนป้องกันไฟฟ้าที่ขาเข้า(Input Protection)
- ส่วนแปลงไฟจาก AC เป็น DC(AC-DC conversion)
- วงจรขับกระแสหรือวงจรสวิตชิ่ง(Driver circuitry or Switching circuit)
- ส่วนป้องกันไฟฟ้าเมื่อแรงดันต่ำ(Under-voltage lockout protection)
- วงจรปรับระดับสัญญาณ(Clamp circuit)
- Magnetics and galvanic isolation
- EMI Filtering
- วงจรเรียงกระแสทุติยภูมิและวงจรสนับเบอร์(Secondary Rectifier and snubber circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- ส่วนตัวกรอง(Filter Section)
- ส่วนป้อนกลับ(Feedback)

ข้อดีของ SMPS

- ประสิทธิภาพสูงเมื่อเทียบกับวงจรแบบลิเนียร์ เนื่องจากสูญเสียพลังงานในรูปความร้อนน้อยกว่า
- มีขนาดที่เล็ก
- ราคาถูก
- ส่วนประกอบมีความยืดหยุ่น

ข้อเสีย

- มักมีปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวน หากออกแบบอย่างไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กรบกวนการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ
- ออกแบบยาก ต้องให้ผู้ที่มีความชำนาญเชี่ยวชาญเป็นผู้ออกแบบ
- ต้องระมัดระวังเรื่องวงจรกรองสัญญาณไม่อย่างนั้นอาจเกิดปัญหาที่เอาท์พุตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

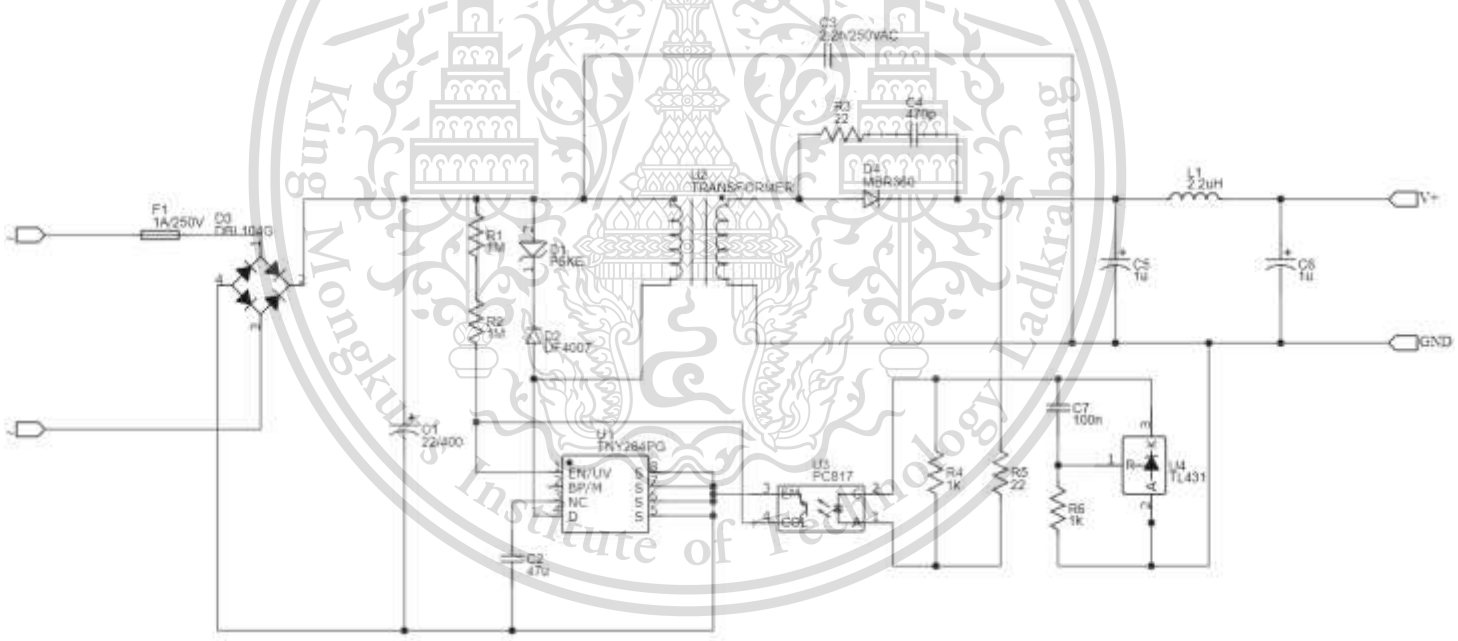
บทที่ 3

หลักการทำงานและการออกแบบ

3.1 วงจรปล่อยสัญญาณบลูทูธด้วย ESP 32

3.1.1 วงจรจ่ายไฟฟ้าแบบ SMPS

เนื่องจาก ESP 32 เป็นอุปกรณ์ที่จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีแรงดันไฟฟ้าขนาด 3 – 6 V คอยเลี้ยงวงจรอยู่ตลอดเวลา เมื่อเราต้องการนำไปใช้งานในโรงพยาบาลโดยต้องเปิดให้ทำงานเป็นเวลานานกว่า 10 – 24 ชม. ในแต่ละจุด ทำให้แค่แบตเตอรี่จึงไม่เพียงพอต่อการใช้งาน จึงต้องใช้วงจรจ่ายไฟฟ้าที่แปลงจากไฟบ้านมาจ่ายพลังงานให้กับวงจร โดยเลือกใช้ IC TNY284PG เนื่องจากเป็น IC ที่ใช้งานง่าย และมีตัวอย่างให้ศึกษาจำนวนมาก



รูปที่ 1 วงจรจ่ายไฟฟ้า

โดยจากคุณสมบัติเบื้องต้นของ ESP 32 ต้องการไฟเลี้ยง 3 – 5 V แต่ผู้จัดทำไม่สามารหาห้องแปลงที่มีคุณสมบัติตามความต้องการ คือแปลงไฟจาก 230 Vac เป็น 5 Vdc ได้เนื่องจากหม้อแปลงที่พบมีจำนวนรอบขดลวดที่ใกล้เคียงที่สุดคือ 108 : 3 ซึ่งเมื่อใช้แล้วจะให้แรงดันออกมาที่ 9 V ตามการคำนวณ

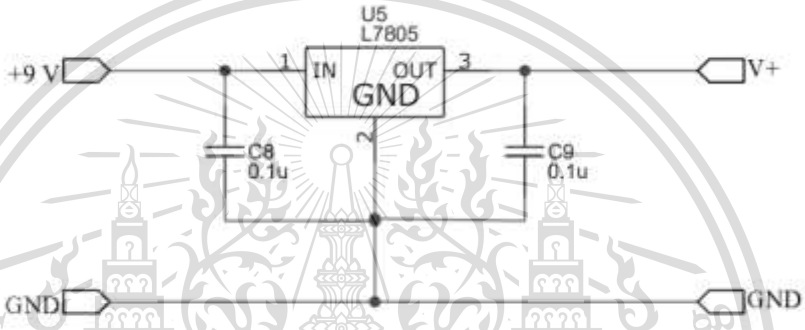
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$\frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2}$$

$$\frac{1.414 * 230}{108} = \frac{V_2}{3}$$

$$V_2 = 9\ V$$

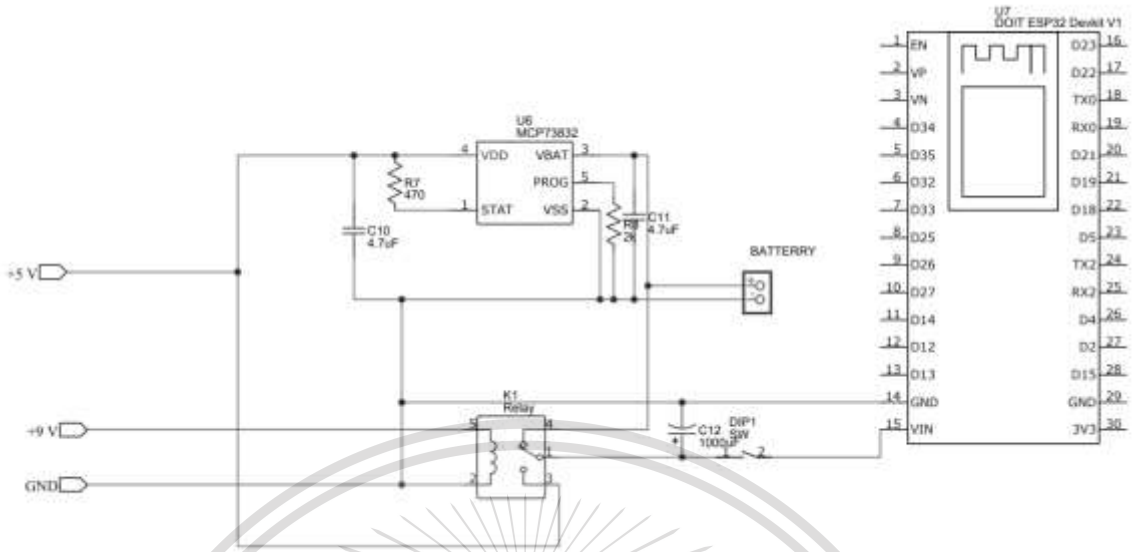
ซึ่งแรงดันขนาด 9 V นี้สูงเกินไปสำหรับวงจรของ ESP 32 ทำให้ต้องนำ Voltage regulator L7805 มาต่อที่เอาท์พุตของวงจรซัพพลาย เพื่อให้ได้แรงดันขนาด 5 V ไปเลี้ยงให้กับวงจร ESP 32



รูปที่ 2 วงจร L7805

และเนื่องจากเผื่อกรณีฉุกเฉินเกิดไฟฟ้าขัดข้องในโรงพยาบาลแต่เราต้องการการนำทางต่อ จึงต้องมีวงจรไฟสำรองโดยใช้แบตเตอรี่เพิ่มเข้ามา โดยได้เลือกใช้ Relay 5 V ในการสลับไฟฟ้าจากวงจรซัพพลายกับแบตเตอรี่ขนาด 3.7 V โดยใช้ IC MCP73832 เป็น IC ควบควบคุมระดับแรงดันไฟของแบตเตอรี่

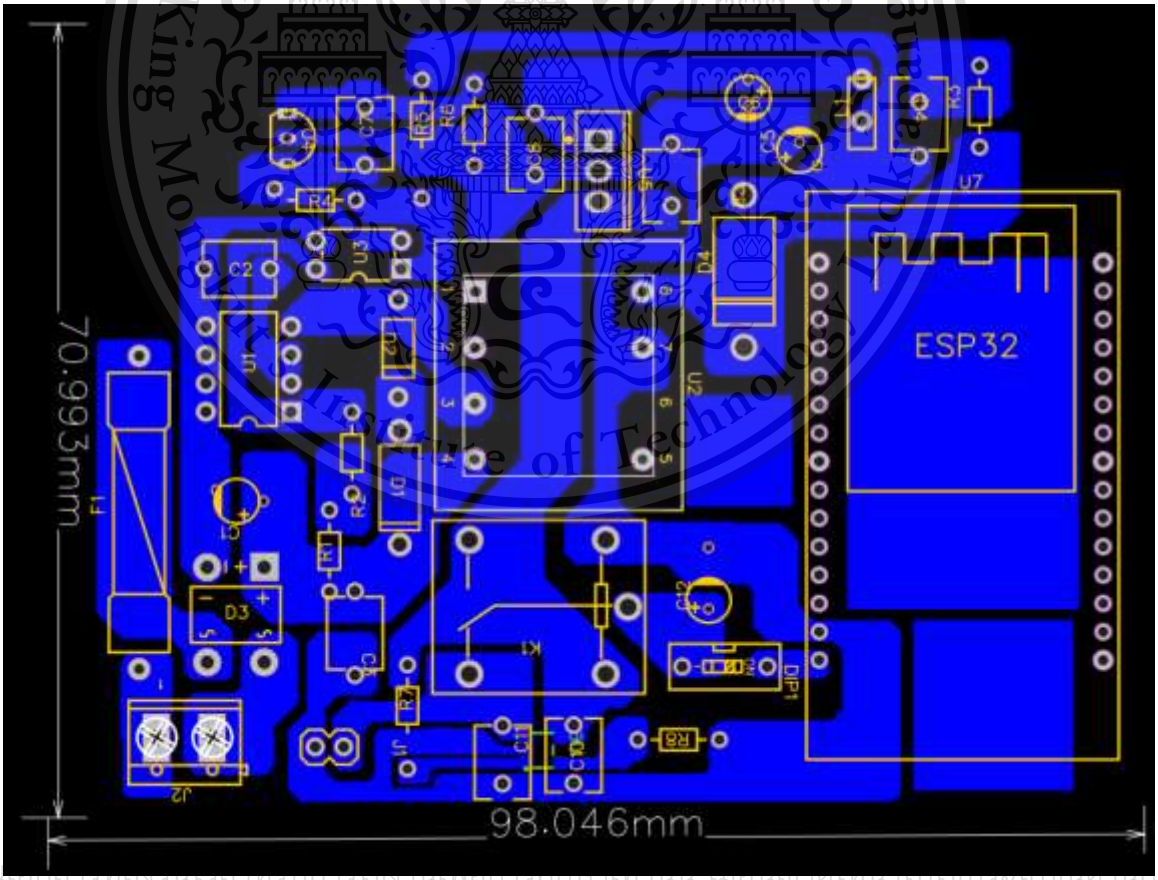
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3 วงจรควบคุมแบตเตอรี่ และวงจรควบคุมการจ่ายไฟด้วยรีเลย์

3.1.2 แผนผังการออกแบบลายวงจร

จากวงจรข้างต้นทั้งสาม เมื่อนำมาประกอบรวมกัน แล้วออกแบบวงจรได้ดังภาพต่อไปนี้

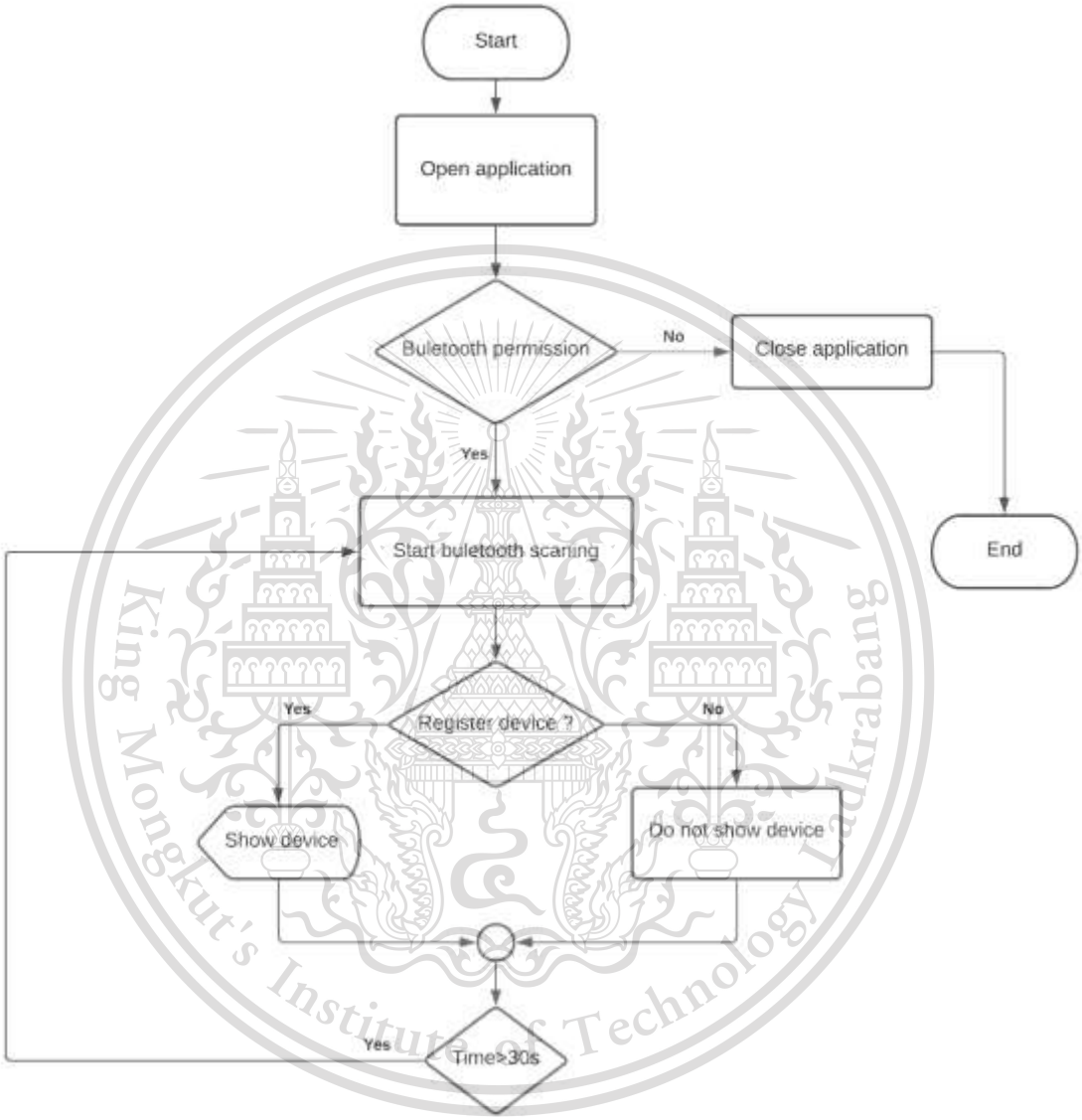


รูปที่ 4 ลายวงจรที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 รูปแบบการทำงานของแอปพลิเคชัน

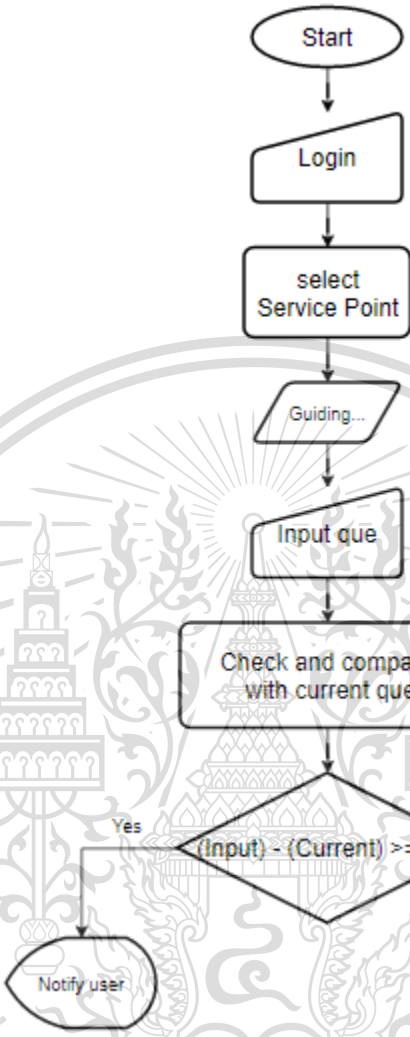
3.2.1 Flow chart การทำงานของแอปพลิเคชัน



รูปที่ 5 Flow chart การทำงานของแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.2 Flow chart แสดงการใช้งานแอปพลิเคชันและการแจ้งเตือน



รูปที่ 6 Flow chart การใช้งานแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการศึกษา

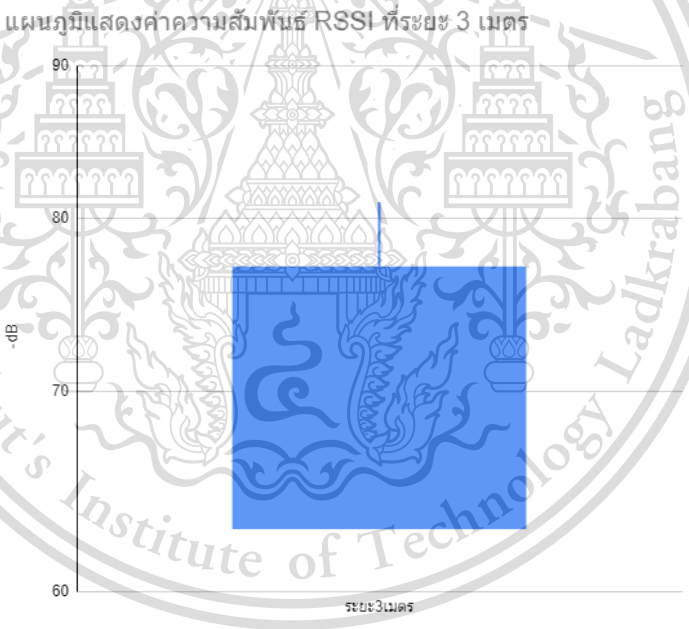
4.1 ผลการหาค่า RSSI เพื่อใช้กำหนดระยะที่แอปพลิเคชันจะแสดงอุปกรณ์

เพื่อนำค่า RSSI ที่ได้ไปใช้งานเพื่อกำหนดระยะการทำงานของแอปพลิเคชัน โดยกำหนดให้แอปพลิเคชัน สแกนหาอุปกรณ์บลูทูธที่ลงทะเบียนไว้ ภายในระยะที่กำหนดเท่านั้น เพื่อให้หน้าต่างผู้ใช้งานแสดงอุปกรณ์ในจำนวนพอเหมาะ ไม่แสดงอุปกรณ์ที่อยู่ในระยะค้นหาทั้งหมด

เนื่องจากเราต้องการหาค่า RSSI ที่เหมาสมในระยะ 3 เมตร จึงได้ทำการวัดค่าออกมาได้ดังนี้

68 63 77 81 73 63 62 63 79 67

จากนั้นนำค่าที่ได้ไปทำการเขียนกราฟแบบ Boxplot เพื่อหาค่าที่เหมาะสม



รูปที่ 7 กราฟ Boxplot ที่ได้จากการนำค่า RSSI มาวาด

จากผลที่ได้ เราต้องการให้แอปพลิเคชันแสดงเฉพาะอุปกรณ์ประจำจุดบริการที่ระยะไม่เกิน 3 เมตรโดยรอบ เราจึงกำหนดให้แอปพลิเคชัน แสดงเฉพาะอุปกรณ์ที่มีค่า RSSI มากกว่า -70 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 ผลของการออกบแบบวงจรปล่อยสัญาณบลูทูธ

จากวงจรที่ออกแบบมาในรูปที่ ... นั้น เมื่อนำมาทำเป็นวงจรแล้วได้ดังภาพ

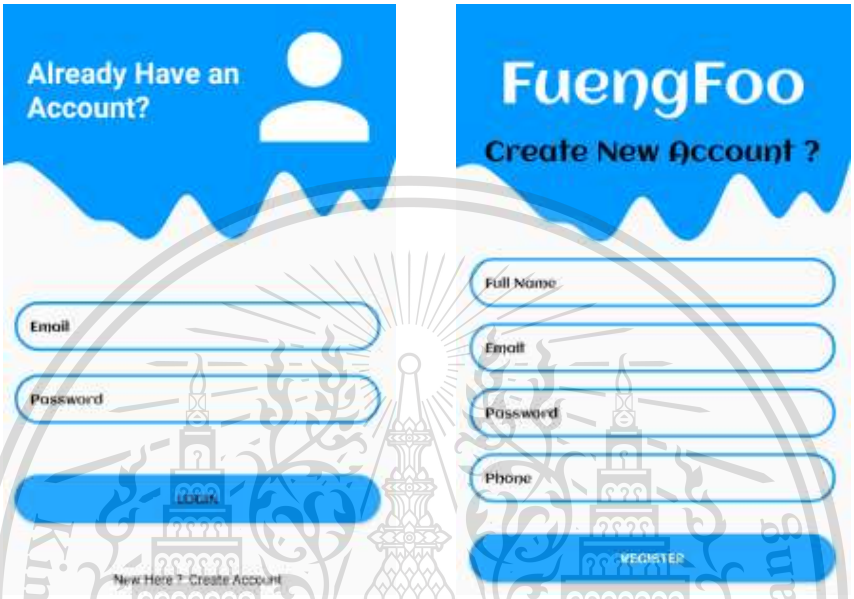
รูปที่ 8 วงจรจ่ายไฟฟ้า และ ESP 32 ที่ทำหน้าที่กระจายสัญญาณบลูทูธ

โดยวงจรนี้มีแรงดันเอาท์พุตเมื่อต่อกับไฟบ้านที่ 5.07 โวลต์ และเมื่อไม่มีไฟบ้านจ่ายเข้าวงจร จะมีแรงดันเอาท์พุตจากแบตเตอรี่ 4.12(แบตเตอรี่เต็ม) – 3.02(แบตเตอรี่หมด) โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 ผลการออกแบบแอปพลิเคชัน

โดยเราได้ตั้งชื่อแอปพลิเคชันที่เราพัฒนานี้ว่า “เฟื่องฟู(FuengFoo)” เมื่อเรากดเข้าสู่แอปพลิเคชัน ตัวแอปฯจะพาเรามายังหน้า เข้าสู่ระบบ(Login) ก่อน หากยังไม่มี บัญชี ก็สามารถกดสมัครข้างล่างได้



รูปที่ 9 หน้าต่างเข้าสู่ระบบและหน้าต่างสมัครบัญชี

เมื่อทำการ Login หรือ Register แล้วตัวแอปฯจะนำพาผู้ใช้ไปหน้า Profile

รูปที่ 10 หน้าโปรไฟล์ผู้ใช้งาน

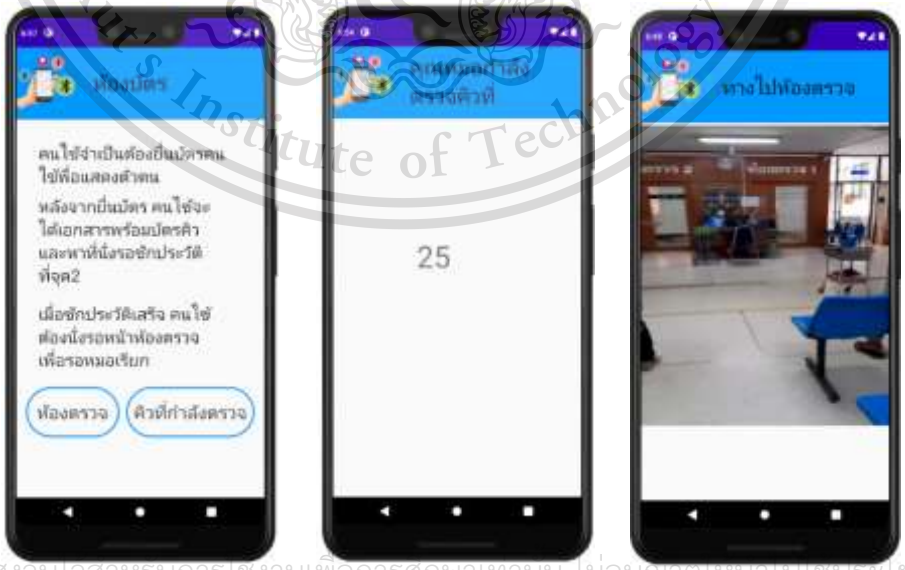
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในหน้า Profile จะมีฟังก์ชันการทำงานทั้งหมด 2 ส่วน ได้แก่ การสแกนหาสัญญาณบลูธูท เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการรักที่โรงพยาบาล และ การกรอกหมายเลขคิว เพื่อใช้งานฟังก์ชันการแจ้งเตือนคิว

เมื่อเราเริ่มต้นใช้ฟังก์ชันสแกนบลูธูท เมื่อกดปุ่ม scan ตัวแอปฯจะพามายังหน้าต่างสำหรับค้นหาสัญญาณ หากเจอสัญญาณบลูธูทที่ตั้งค่าไว้ ตัวแอปฯจะแสดงไอคอนสี่เหลี่ยมขึ้นมาตามรูป

รูปที่ 11 การนำทางที่จุดคัดกรองกรอง

เมื่อเรากดที่ไอคอนสี่เหลี่ยม ตัวแอปฯจะพามาอีกหน้าต่างซึ่งประกอบไปด้วย สิ่งที่คนไข้ต้องทำในแต่ละขั้นตอนการใช้บริการการรักษา และ จะปีปุ่มด้านล่างเพื่อกดดูวิธีเดินทาง ไปยังจุดต่อไปในโรงพยาบาล

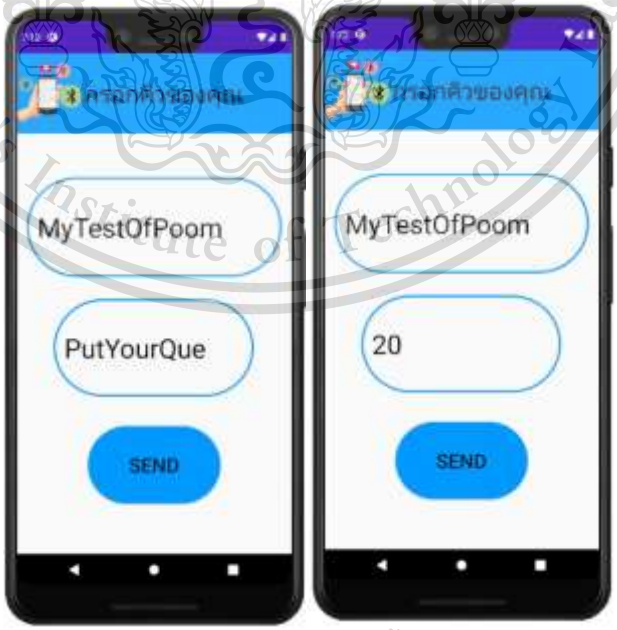


รูปที่ 12 การนำทางที่ห้องบัตรไปยังห้องตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

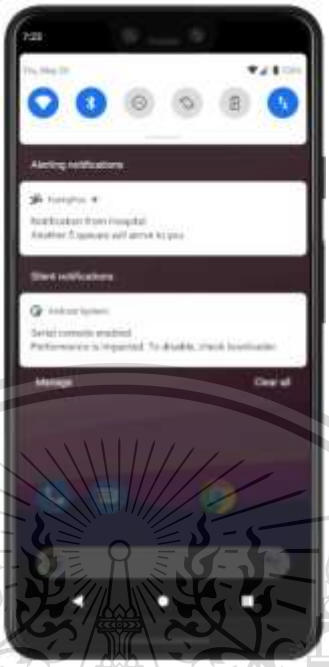
แต่ในหน้าต่างห้องบัตร จะมีปุ่มมากกว่าหน้าต่างอื่นหนึ่งปุ่มได้แก่ ปุ่มสำหรับตรวจสอบคิวที่หมอกำลังตรวจ ดังภาพแสดง

รูปที่ 13 การนำทางที่ห้องจ่ายยา



รูปที่ 14 ขั้นตอนการใส่คิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 15 การแจ้งเตือนของแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานทั้งหมดที่ผ่านมา ทำให้เราได้สร้างอุปกรณ์กระจายสัญญาณบลูทูธที่สามารถใช้แหล่งจ่ายไฟเป็นไฟบ้าน และแอปพลิเคชันที่นำมาใช้ในการนำทางภายในโรงพยาบาล... ได้ ซึ่งนอกจากนี้เนื่องจากต้องมีระบบเพื่อใช้ตรวจสอบคิวเข้ามาในภายหลัง ทำให้เราต้องสร้างวงจรนับคิวขึ้น เพื่อส่งข้อมูลคิวปัจจุบันไปยัง Firebase เพื่อให้แอปฯดึงข้อมูลคิวมาใช้อ้างอิงในการแจ้งเตือนด้วย ซึ่งจากการดำเนินงานที่ผ่านทำให้สามารถสรุปได้ว่า โครงงานนี้ได้บรรลุวัตถุประสงค์ทั้งหมดคือ ได้อุปกรณ์กระจายสัญญาณบลูทูธมาใช้ร่วมกับแอปพลิเคชันที่สร้างขึ้น และตัวแอปพลิเคชันก็มีระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนคิวด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

อ้างอิง

Android Developer.Developer Guides.[ออนไลน์].แหล่งที่มาdeveloper.android.com/guide (กรกฎาคม 2563)

Design your own Compact 5V/3.3V SMPS Circuit for Embedded and IoT Projects.[ออนไลน์]. แหล่งที่มา https://circuitdigest.com/electronic-circuits/design-your-own-compact-5v-33v-smps-circuit-for-embedded-iot-projects (กุมภาพันธ์ 2564)

How to Calculate Distance from the RSSI value of the BLE Beacon.[ออนไลน์].แหล่งที่มา iotandelectronics.wordpress.com/2016/10/07/how-to-calculate-distance-from-the-rssi-value-of-the-ble-beacon (สิงหาคม 2563)

ioxhop.แนะน า ESP32.[ออนไลน์].แหล่งที่มา ioxhop.com/article/62(ตุลาคม 2563)

ioxhop.บอร์ดพัฒนาESP32.[ออนไลน์].แหล่งที่มาioxhop.com/article/63(ตุลาคม 2563)

RSSI.[ออนไลน์].แหล่งที่มา dict.drkrok.com/rssi/(ตุลาคม 2563)

SMPS voltage drop in 230v ac to 5v dc flyback.[ออนไลน์].แหล่งที่มา https://eletronics.stackexchange.com/questions/437488/smps-voltage-drop-in-230v-ac-to-5v-dc-flyback (กุมภาพันธ์ 2564)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

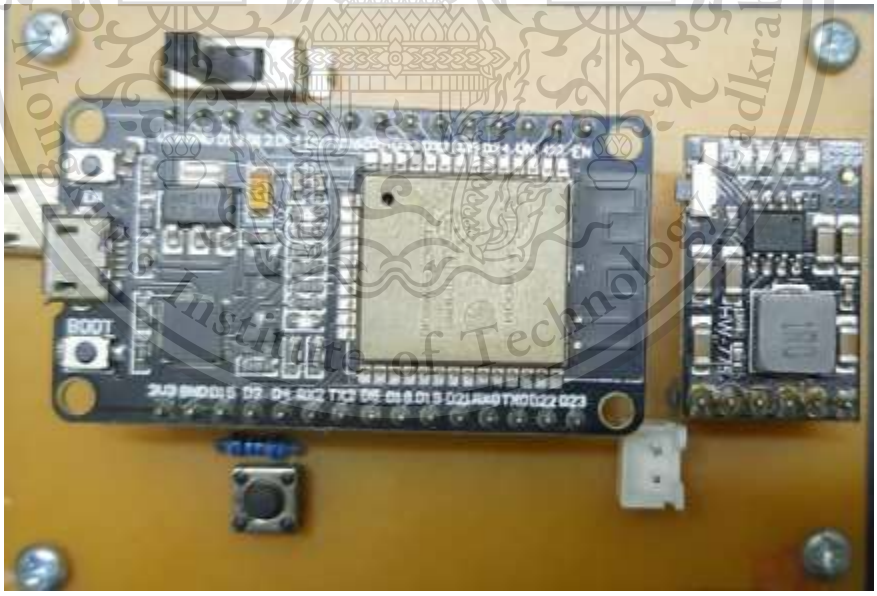
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1. โค๊ดกระจายสัญญาณบลูทูธ

```
#include "BluetoothSerial.h"
#if !defined(CONFIG_BT_ENABLED) || !defined(CONFIG_BLUEDROID_ENABLED)
#error Bluetooth is not enabled! Please run `make menuconfig` to and enable it
#endif
BluetoothSerial SerialBT;
void setup() {
        SerialBT.begin("ชื่ออุปกรณ์");
}
void loop() {
}
```

2. ตัวส่งสัญญาณนับคิว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. โค๊ดตัวส่งสัญญาณนับคิว

```
#include <Arduino.h>
#include <sstream>
#include <WiFi.h>
#include <WiFiMulti.h>
#include <esp_wifi.h>
#define WIFI_SSID "MGPHostspot"
#define WIFI_PASSWORD "KP0192l35"
#include <NTPClient.h>
#include <WiFiUdp.h>
WiFiUDP ntpUDP;
NTPClient timeClient(ntpUDP);
String formattedDate;
String dayStamp;
#include "soc/soc.h"
#include "soc/rtc_cntl_reg.h"
WiFiMulti wifiMulti;
std::stringstream ss;
bool data_sent = false;
int wait_wifi_counter = 0;
#include <IOXhop_FirebaseESP32.h>
#define FIREBASE_HOST "https://lucid-loader-274703.firebaseio.com"
#define FIREBASE_AUTH "93WlIUO9ttULebv1H7f0eNiOdRpWd1yDRhqcnCxC"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
int count = 0;
char count2 = 0;
int btp = 2;
int bts = 0;
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Started");
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  Serial.println("");
  Serial.print("Connecting...");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(100);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("Done");
  Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
  pinMode(btp,INPUT);
  timeClient.begin();
  timeClient.setTimeOffset(25200);
    while(!timeClient.update()) {
    timeClient.forceUpdate();
  }
  formattedDate = timeClient.getFormattedDate();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  Serial.println(formattedDate);
  int splitT = formattedDate.indexOf("T");
  dayStamp = formattedDate.substring(0, splitT);
  Serial.print("DATE: ");
  Serial.println(dayStamp);
  Firebase.set("Date",dayStamp);
}
void loop() {
  bts = digitalRead(btp);
  if(bts == HIGH){
    count = count+1;
    count2 = count;
    Serial.print("Q =  ");
    Serial.println(count);
    Firebase.set("Q number",count);
    delay(1000);
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

TNY284-290
TinySwitch™-4 Family

Energy-Efficient, Off-Line Switcher with Line Compensated Overload Power

Product Highlights

Lowest System Cost with Enhanced Flexibility

- 725 V rated MOSFET
  - Increases BV de-rating margin
- Line compensated overload power – no additional components
  - Dramatically reduces max overload variation over universal input voltage range
- ±5% turn on UV threshold: line voltage sense with single external resistor
- Simple ON/OFF control, no loop compensation needed
- Selectable current limit through BP/M capacitor value
  - Higher current limit extends peak power or, in open frame applications, maximum continuous power
  - Lower current limit improves efficiency in enclosed adapters/chargers
  - Allows optimum TinySwitch-4 choice by swapping devices with no other circuit redesign
- Tight I^2f parameter tolerance reduces system cost
  - Maximizes MOSFET and magnetics utilization
- ON-time extension – extends low-line regulation range/hold-up time to reduce input bulk capacitance
- Self-biased: no bias winding or bias components
- Frequency jittering reduces EMI filter costs
- Pin-out simplifies heat sinking to the PCB
- SOURCE pins are electrically quiet for low EMI

Enhanced Safety and Reliability Features

- Accurate hysteretic thermal shutdown protection with automatic recovery eliminates need for manual reset
- Auto-restart delivers <3% of maximum power in short-circuit and open loop fault conditions
- Output overvoltage shutdown with optional Zener
  - Fast AC reset with optional UV external resistor
- Very low component count enhances reliability and enables single-sided printed circuit board layout
- High bandwidth provides fast turn-on with no overshoot and excellent transient load response
- Extended creepage between DRAIN and all other pins improves field reliability

EcoSmart™– Extremely Energy Efficient

- Easily meets all global energy efficiency regulations
- No-load <30 mW with bias winding, <150 mW at 265 VAC without bias winding
- ON/OFF control provides constant efficiency down to very light loads – ideal for mandatory CEC regulations and EuP standby requirements

Applications

- PC Standby and other auxiliary supplies
- DVD/PVR and other low power set top decoders
- Supplies for appliances, industrial systems, metering, etc
- Chargers/adapters for cell/cordless phones, PDAs, digital cameras, MP3/portable audio, shavers, etc.

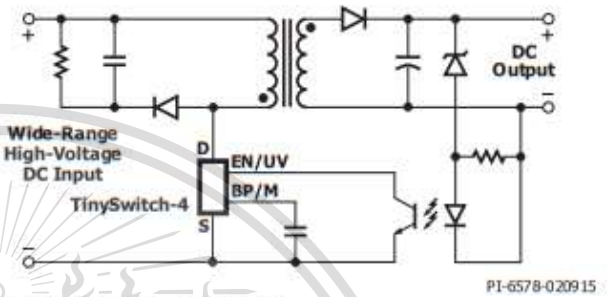


Figure 1. Typical Standby Application.

SO-8C (D Package) *DIP-8C (P Package)* *eSOP-12B (K Package)*

Figure 2. Package Options.

Output Power Table

Product[3]	230 VAC ± 15%		85-265 VAC	
	Adapter[1]	Peak or Open Frame[2]	Adapter[1]	Peak or Open Frame[2]
TNY284P/D/K	6 W	11 W	5 W	8.5 W
TNY285P/D	8.5 W	15 W	6 W	11.5 W
TNY285K	11 W	15 W	7.5 W	11.5 W
TNY286P/D	10 W	19 W	7 W	15 W
TNY286K	13.5 W	19 W	9.5 W	15 W
TNY287P	13 W	23.5 W	8 W	18 W
TNY287D	11.5 W	23.5 W	7 W	18 W
TNY287K	18 W	23.5 W	11 W	18 W
TNY288P	16 W	28 W	10 W	21.5 W
TNY288D	14.5 W	26 W	9 W	19.5 W
TNY288K	23 W	28 W	14.5 W	21.5 W
TNY289P	18 W	32 W	12 W	25 W
TNY289K	25 W	32 W	17 W	25 W
TNY290P	20 W	36.5 W	14 W	28.5 W
TNY290K	28 W	36.5 W	20 W	28.5 W

Table 1. Output Power Table.

Notes:
1. Minimum continuous power in a typical non-ventilated enclosed adapter measured at +50 ºC ambient. Use of an external heat sink will increase power capability.
2. Minimum peak power capability in any design or minimum continuous power in an open frame design (see Key Applications Considerations).
3. Packages: P: DIP-8C, D: SO-8C, K: eSOP-12B. See Part Ordering Information.

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.
This Product is Covered by Patents and/or Pending Patent Applications.

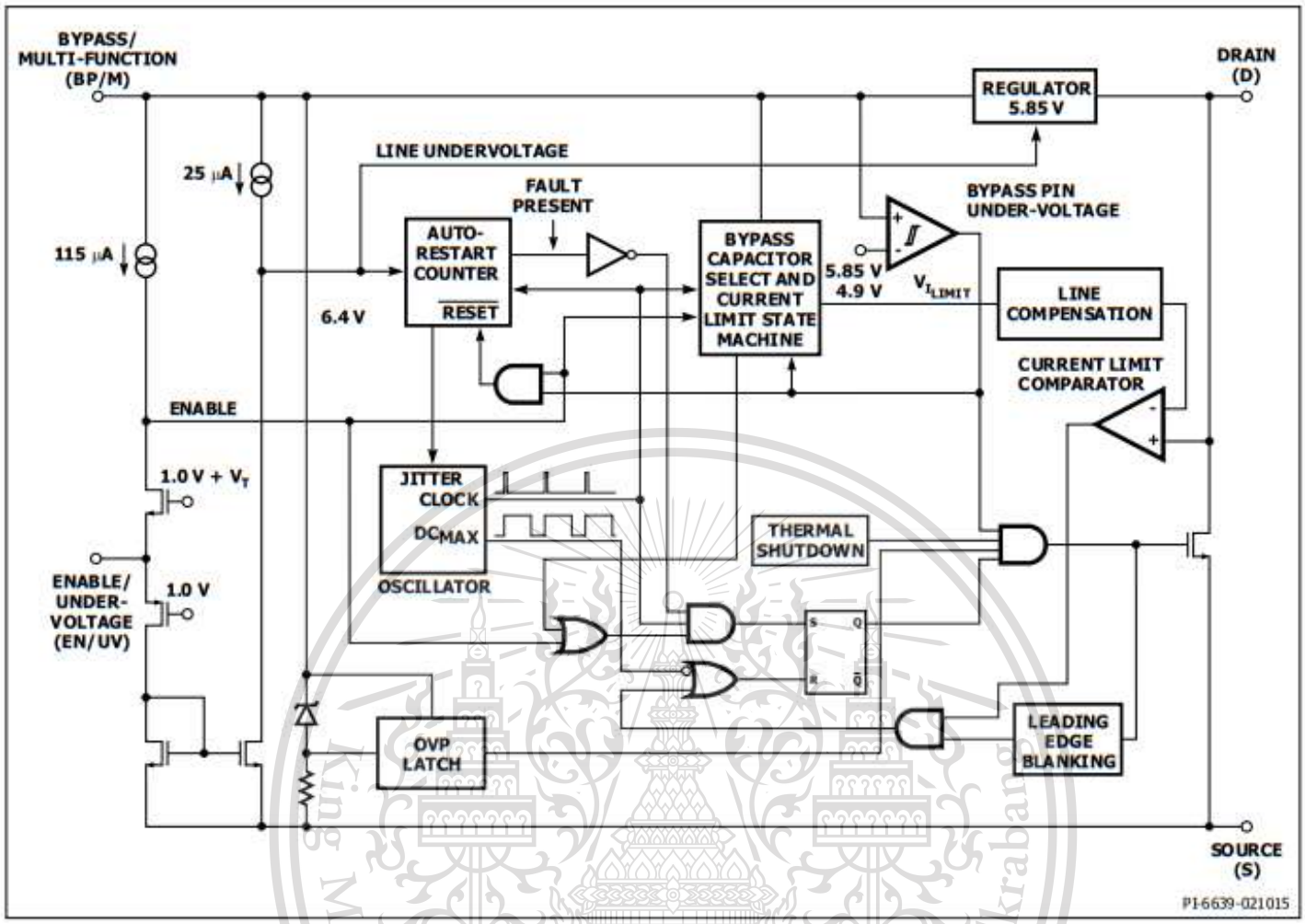


Figure 3. Functional Block Diagram.

Pin Functional Description

DRAIN (D) Pin:
This pin is the power MOSFET drain connection. It provides internal operating current for both start-up and steady-state operation.

BYPASS/MULTI-FUNCTION (BP/M) Pin:
This pin has multiple functions:

- It is the connection point for an external bypass capacitor for the internally generated 5.85 V supply.
- It is a mode selector for the current limit value, depending on the value of the capacitance added. Use of a 0.1 µF capacitor results in the standard current limit value. Use of a 1 µF capacitor results in the current limit being reduced to that of the next smaller device size. Use of a 10 µF capacitor results in the current limit being increased to that of the next larger device size for TNY285-290.
- It provides a shutdown function. When the current into the bypass pin exceeds ISD, the device latches off until the BP/M voltage drops below 4.9 V, during a power-down or, when the UV function is employed with external resistors connected to the BP/UV pin, by taking the UV/EN pin current below I_{UV} minus the reset hysteresis (Typ. 18.75 µA). This can be used to provide an output overvoltage function with a Zener connected from the BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin to a bias winding supply.

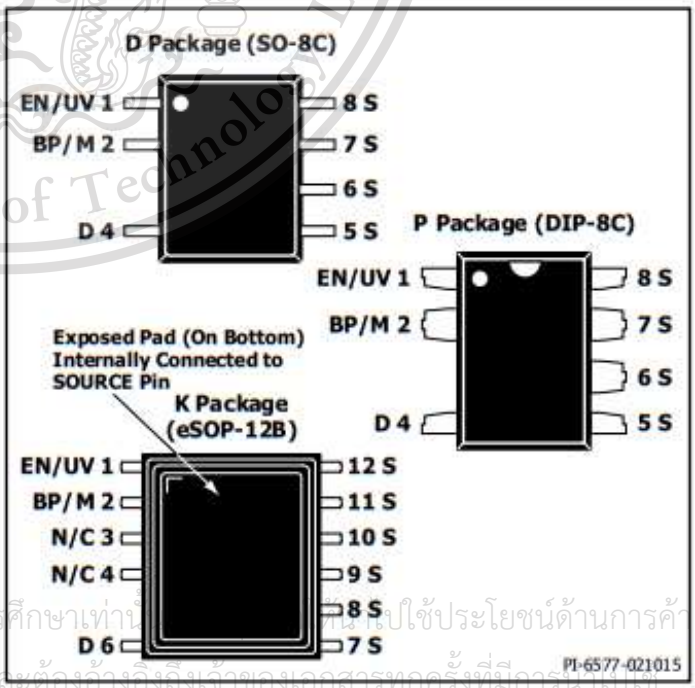


Figure 4. Pin Configuration.

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เอกสารนี้สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ENABLE/UNDERVOLTAGE (EN/UV) Pin:
This pin has dual functions: enable input and line undervoltage sense. During normal operation, switching of the power MOSFET is controlled by this pin. MOSFET switching is terminated when a current greater than a threshold current is drawn from this pin. Switching resumes when the current being pulled from the pin drops to less than a threshold current. A modulation of the threshold current reduces group pulsing. The threshold current is between 75 µA and 115 µA.

The ENABLE/UNDERVOLTAGE pin also senses line undervoltage conditions through an external resistor connected to the DC line voltage. If there is no external resistor connected to this pin, TinySwitch-4 detects its absence and disables the line undervoltage function.

SOURCE (S) Pin:
This pin is internally connected to the output MOSFET source for high-voltage power return and control circuit common.

TinySwitch-4 Functional Description

TinySwitch-4 combines a high-voltage power MOSFET switch with a power supply controller in one device. Unlike conventional PWM (pulse width modulator) controllers, it uses a simple ON/OFF control to regulate the output voltage.

The controller consists of an oscillator, enable circuit (sense and logic), current limit state machine, 5.85 V regulator, BYPASS/MULTI-FUNCTION pin undervoltage, overvoltage circuit, and current limit selection circuitry, over-temperature protection, current limit circuit, leading edge blanking, and a 725 V power MOSFET. TinySwitch-4 incorporates additional circuitry for line undervoltage sense, auto-restart, adaptive switching cycle on-time extension, and frequency jitter. Figure 3 shows the functional block diagram with the most important features.

Oscillator
The typical oscillator frequency is internally set to an average of 132 kHz. Two signals are generated from the oscillator: the maximum duty cycle signal (DC_{MAX}) and the clock signal that indicates the beginning of each cycle.

The oscillator incorporates circuitry that introduces a small amount of frequency jitter, typically 8 kHz peak-to-peak, to minimize EMI emission. The modulation rate of the frequency jitter is set to 1 kHz to optimize EMI reduction for both average and quasi-peak emissions.

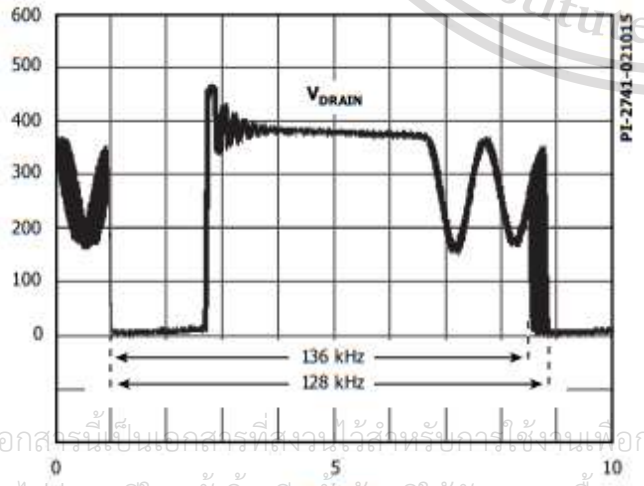


Figure 5. Frequency Jitter.

The frequency jitter should be measured with the oscilloscope triggered at the falling edge of the DRAIN waveform. The waveform in Figure 5 illustrates the frequency jitter.

Enable Input and Current Limit State Machine
The enable input circuit at the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin consists of a low impedance source follower output set at 1.2 V. The current through the source follower is limited to 115 µA. When the current out of this pin exceeds the threshold current, a low logic level (disable) is generated at the output of the enable circuit, until the current out of this pin is reduced to less than the threshold current. This enable circuit output is sampled at the beginning of each cycle on the rising edge of the clock signal. If high, the power MOSFET is turned on for that cycle (enabled). If low, the power MOSFET remains off (disabled). Since the sampling is done only at the beginning of each cycle, subsequent changes in the ENABLE/UNDER- VOLTAGE pin voltage or current during the remainder of the cycle are ignored.

The current limit state machine reduces the current limit by discrete amounts at light loads when TinySwitch-4 is likely to switch in the audible frequency range. The lower current limit raises the effective switching frequency above the audio range and reduces the transformer flux density, including the associated audible noise. The state machine monitors the sequence of enable events to determine the load condition and adjusts the current limit level accordingly in discrete amounts.

Under most operating conditions (except when close to no-load), the low impedance of the source follower keeps the voltage on the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin from going much below 1.2 V in the disabled state. This improves the response time of the optocoupler that is usually connected to this pin.

5.85 V Regulator and 6.4 V Shunt Voltage Clamp
The 5.85 V regulator charges the bypass capacitor connected to the BYPASS pin to 5.85 V by drawing a current from the voltage on the DRAIN pin whenever the MOSFET is off. The BYPASS/MULTI-FUNCTION pin is the internal supply voltage node. When the MOSFET is on, the device operates from the energy stored in the bypass capacitor. Extremely low power consumption of the internal circuitry allows TinySwitch-4 to operate continuously from current it takes from the DRAIN pin. A bypass capacitor value of 0.1 µF is sufficient for both high frequency decoupling and energy storage.

In addition, there is a 6.4 V shunt regulator clamping the BYPASS/MULTI-FUNCTION pin at 6.4 V when current is provided to the BYPASS/MULTI-FUNCTION pin through an external resistor. This facilitates powering of TinySwitch-4 externally through a bias winding to decrease the no-load consumption to well below 50 mW.

BYPASS/MULTI-FUNCTION Pin Undervoltage
The BYPASS/MULTI-FUNCTION pin undervoltage circuitry disables the power MOSFET when the BYPASS/MULTI-FUNCTION pin voltage drops below 4.9 V in steady state operation. Once the BYPASS/MULTI-FUNCTION pin voltage drops below 4.9 V in steady state operation, it must rise back to 5.85 V to enable (turn-on) the power MOSFET.

Over-Temperature Protection
The thermal shutdown circuitry senses the die temperature. The threshold is typically set at 142 °C with 75 °C hysteresis. When the die temperature rises above this threshold the power MOSFET is disabled and remains disabled until the die temperature falls by 75 °C, at which point it is re-enabled. A large hysteresis of 75 °C (typical) is provided to prevent over-heating of the PC board due to a continuous fault condition.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Current Limit
The current limit circuit senses the current in the power MOSFET. When this current exceeds the internal threshold (I_{LIMIT}), the power MOSFET is turned off for the remainder of that cycle. The current limit state machine reduces the current limit threshold by discrete amounts under medium and light loads.

The leading edge blanking circuit inhibits the current limit comparator for a short time (t_{LEB}) after the power MOSFET is turned on. This leading edge blanking time has been set so that current spikes caused by capacitance and secondary-side rectifier reverse recovery time will not cause premature termination of the switching pulse.

Auto-Restart
In the event of a fault condition such as output overload, output short-circuit, or an open loop condition, TinySwitch-4 enters into auto-restart operation. An internal counter clocked by the oscillator is reset every time the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin is pulled low. If the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin is not pulled low for 64 ms, the power MOSFET switching is normally disabled for 2.5 seconds (except in the case of line undervoltage condition, in which case it is disabled until the condition is removed). The auto-restart alternately enables and disables the switching of the power MOSFET until the fault condition is removed. Figure 6 illustrates auto-restart circuit operation in the presence of an output short-circuit.

In the event of a line undervoltage condition, the switching of the power MOSFET is disabled beyond its normal 2.5 seconds until the line undervoltage condition ends.

Adaptive Switching Cycle On-Time Extension
Adaptive switching cycle on-time extension keeps the cycle on until current limit is reached, instead of prematurely terminating after the DC_{MAX} signal goes low. This feature reduces the minimum input voltage required to maintain regulation, extending hold-up time and minimizing the size of bulk capacitor required. The on-time extension is disabled during the start-up of the power supply, until the power supply output reaches regulation.

Line Undervoltage Sense Circuit
The DC line voltage can be monitored by connecting an external resistor from the DC line to the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin. During power-up or when the switching of the power MOSFET is disabled in auto-restart, the current into the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin must exceed 25 µA to initiate switching of the power MOSFET. During power-up, this is accomplished by holding the BYPASS/MULTI-FUNCTION pin to 4.9 V while the line undervoltage condition exists. The BYPASS/MULTI-FUNCTION pin then rises from 4.9 V to 5.85 V when the line undervoltage condition goes away. When the switching of the power MOSFET is disabled in auto-restart mode and a line undervoltage condition exists, the auto-restart counter is stopped. This stretches the disable time beyond its normal 2.5 seconds until the line undervoltage condition ends.

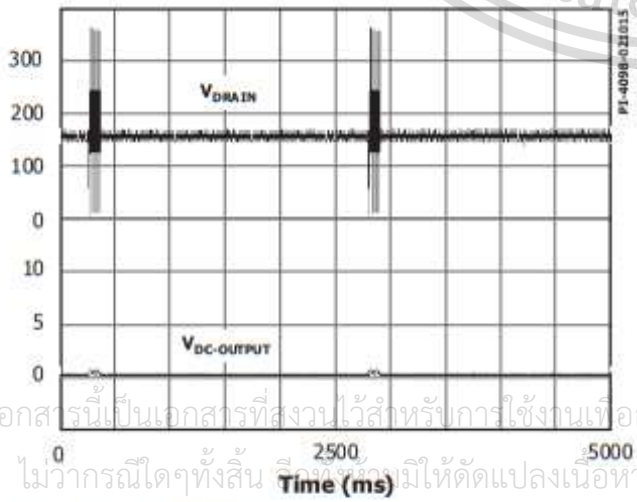


Figure 6. Auto-Restart Operation.

The line undervoltage circuit also detects when there is no external resistor connected to the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin (less than ~2 µA into the pin). In this case the line undervoltage function is disabled.

TinySwitch-4 Operation
TinySwitch-4 devices operate in the current limit mode. When enabled, the oscillator turns the power MOSFET on at the beginning of each cycle. The MOSFET is turned off when the current ramps up to the current limit or when the DC_{MAX} limit is reached. Since the highest current limit level and frequency of a TinySwitch-4 design are constant, the power delivered to the load is proportional to the primary inductance of the transformer and peak primary current squared. Hence, designing the supply involves calculating the primary inductance of the transformer for the maximum output power required. If the TinySwitch-4 is appropriately chosen for the power level, the current in the calculated inductance will ramp up to current limit before the DC_{MAX} limit is reached.

Enable Function
TinySwitch-4 senses the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin to determine whether or not to proceed with the next switching cycle. The sequence of cycles is used to determine the current limit. Once a cycle is started, it always completes the cycle (even when the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin changes state half way through the cycle). This operation results in a power supply in which the output voltage ripple is determined by the output capacitor, amount of energy per switch cycle and the delay of the feedback.

The ENABLE/UNDERVOLTAGE pin signal is generated on the secondary by comparing the power supply output voltage with a reference voltage. The ENABLE/UNDERVOLTAGE pin signal is high when the power supply output voltage is less than the reference voltage. In a typical implementation, the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin is driven by an optocoupler. The collector of the optocoupler transistor is connected to the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin and the emitter is connected to the SOURCE pin. The optocoupler LED is connected in series with a Zener diode across the DC output voltage to be regulated. When the output voltage exceeds the target regulation voltage level (optocoupler LED voltage drop plus Zener voltage), the optocoupler LED will start to conduct, pulling the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin low. The Zener diode can be replaced by a TL431 reference circuit for improved accuracy.

ON/OFF Operation with Current Limit State Machine
The internal clock of the TinySwitch-4 runs all the time. At the beginning of each clock cycle, it samples the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin to decide whether or not to implement a switch cycle, and based on the sequence of samples over multiple cycles, it determines the appropriate current limit. At high loads, the state machine sets the current limit to its highest value. At lighter loads, the state machine sets the current limit to reduced values.

At near maximum load, TinySwitch-4 will conduct during nearly all of its clock cycles (Figure 7). At slightly lower load, it will "skip" additional cycles in order to maintain voltage regulation at the power supply output (Figure 8). At medium loads, cycles will be skipped and the current limit will be reduced (Figure 9). At very light loads, the current limit will be reduced even further (Figure 10). Only a small

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

percentage of cycles will occur to satisfy the power consumption of the power supply.

The response time of the ON/OFF control scheme is very fast compared to PWM control. This provides tight regulation and excellent transient response.

Power-Up/Down

The TinySwitch-4 requires only a 0.1 µF capacitor on the BYPASS/MULTI-FUNCTION pin to operate with standard current limit. Because of its small size, the time to charge this capacitor is kept to an absolute minimum, typically 0.6 ms. The time to charge will vary in proportion to the BYPASS/MULTI-FUNCTION pin capacitor value when selecting different current limits. Due to the high bandwidth of the ON/OFF feedback, there is no overshoot at the power supply output. When an external resistor (4 MΩ) is connected from the positive DC input to the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin, the power MOSFET switching will be delayed during power-up until the DC line voltage exceeds the threshold (100 V). Figures 11 and 12 show the power-up timing waveform in applications with and without an external resistor (4 MΩ) connected to the ENABLE/UNDERVOLTAGE

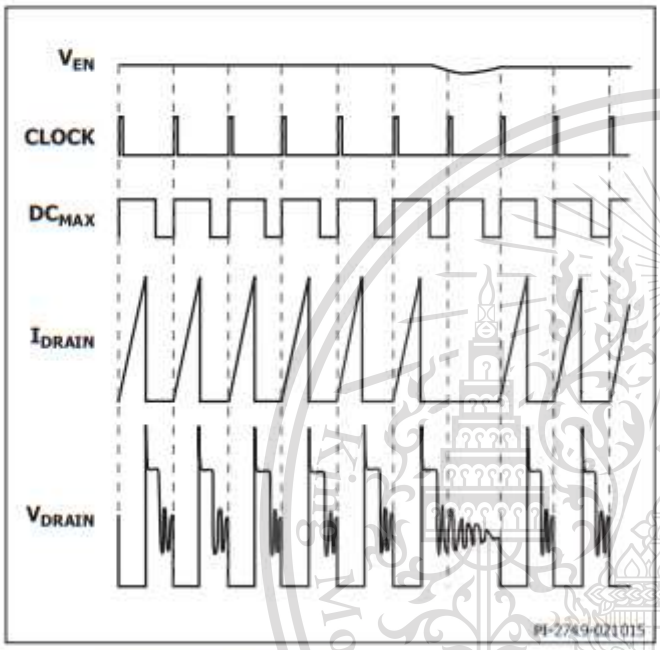


Figure 7. Operation at Near Maximum Loading.

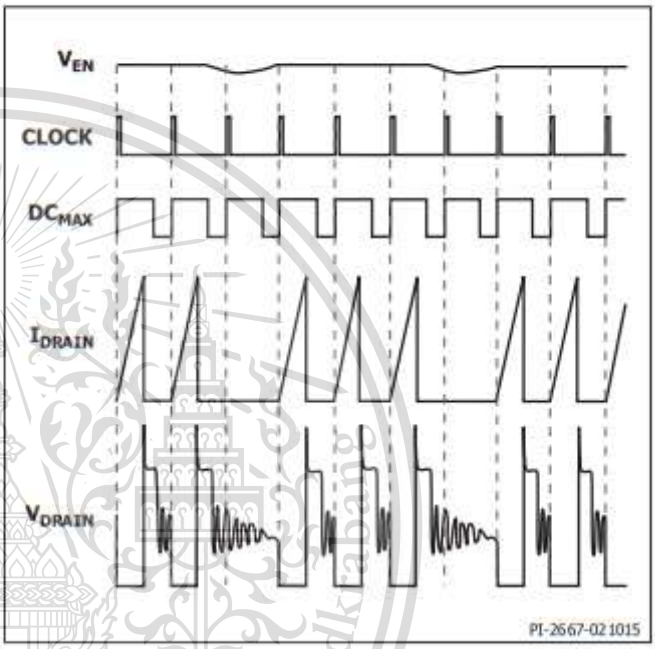


Figure 8. Operation at Moderately Heavy Loading.

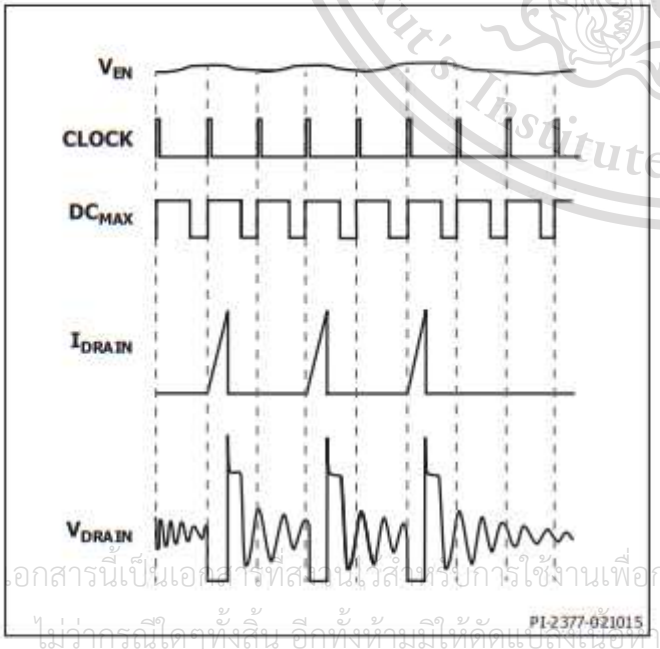


Figure 9. Operation at Medium Loading.

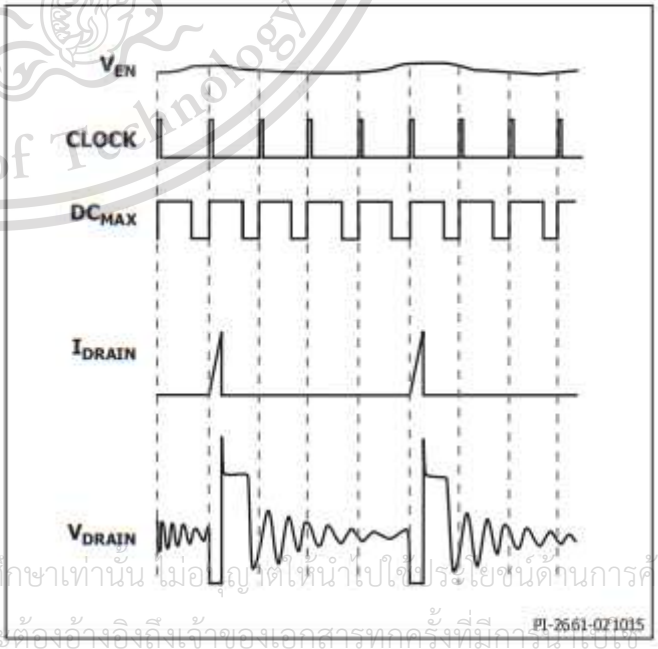


Figure 10. Operation at Very Light Load.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

pin. Under start-up and overload conditions, when the conduction time is less than 400 ns, the device reduces the switching frequency to maintain control of the peak drain current.

During power-down, when an external resistor is used, the power MOSFET will switch for 64 ms after the output loses regulation. The power MOSFET will then remain off without any glitches since the undervoltage function prohibits restart when the line voltage is low.

Figure 13 illustrates a typical power-down timing waveform. Figure 14 illustrates a very slow power-down timing waveform as in standby applications. The external resistor (4 MΩ) is connected to the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin in this case to prevent unwanted restarts.

No bias winding is needed to provide power to the chip because it draws the power directly from the DRAIN pin (see Functional Description). This has two main benefits. First, for a nominal application, this eliminates the cost of a bias winding and associated components. Secondly, for battery charger applications, the current-voltage characteristic often allows the output voltage to fall close to 0 V while still delivering power. TinySwitch-4 accomplishes this without a forward bias winding and its many associated components. For applications that require very low no-load power consumption (50 mW), a resistor from a bias winding to the BYPASS/MULTI-FUNCTION pin can provide the power to the chip. The minimum recommended current supplied is 1 mA. The BYPASS/MULTI-FUNCTION pin in this case will be clamped at 6.4 V. This method will eliminate the power draw from the DRAIN pin, thereby reducing the no-load power consumption and improving full-load efficiency.

Current Limit Operation

Each switching cycle is terminated when the DRAIN current reaches the current limit of the device. Current limit operation provides good line ripple rejection and relatively constant power delivery independent of input voltage.

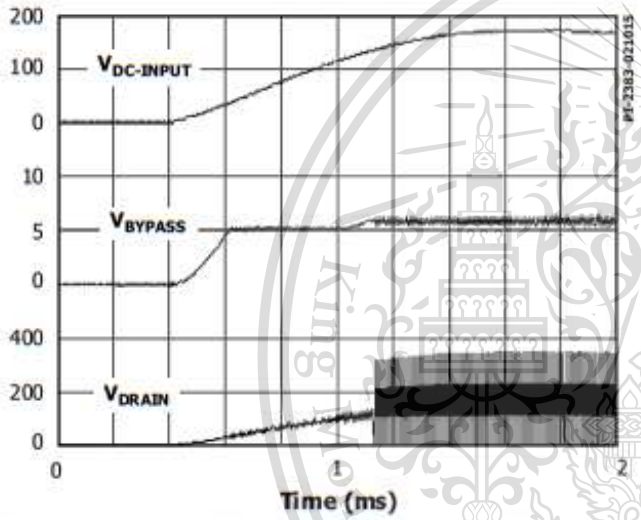


Figure 11. Power-Up with Optional External UV Resistor (4 MΩ) Connected to EN/UV Pin.

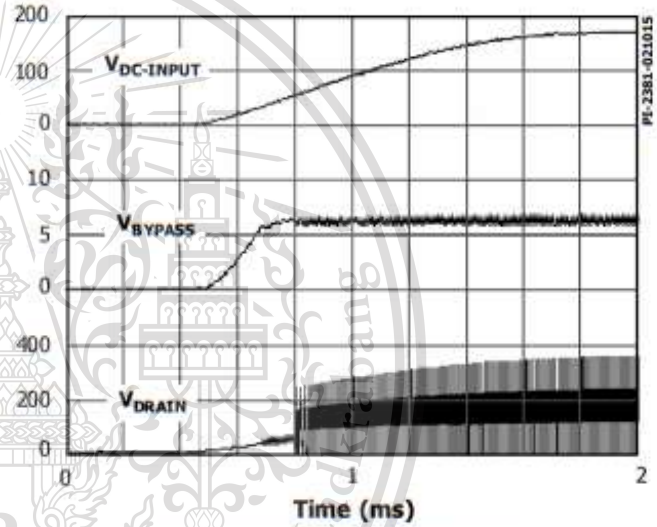


Figure 12. Power-Up without Optional External UV Resistor Connected to EN/UV Pin.

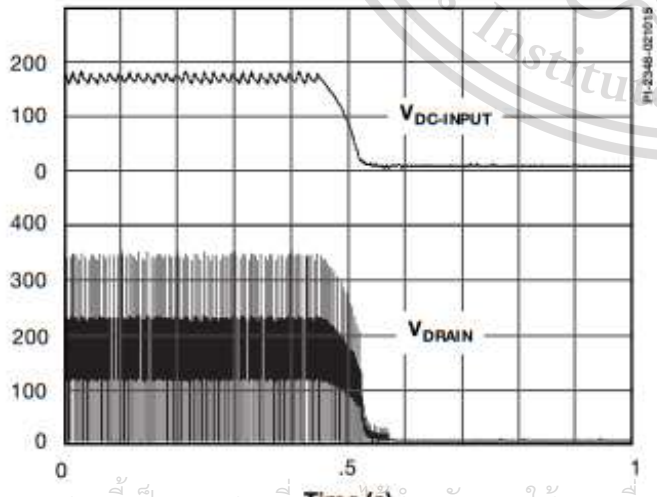


Figure 13. Normal Power-Down Timing (without UV).

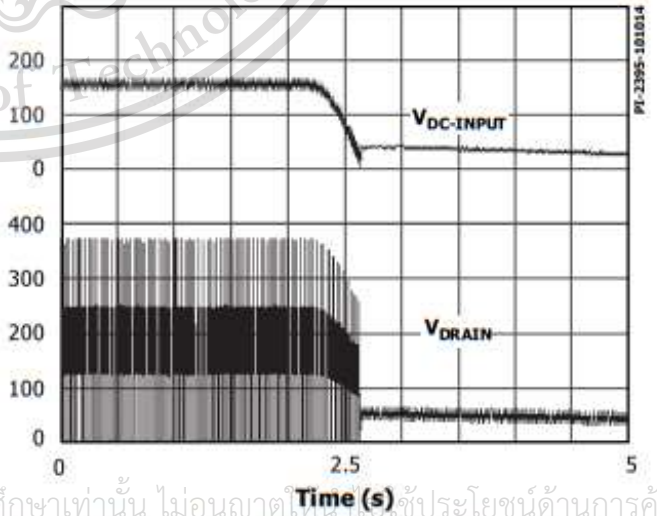


Figure 14. Slow Power-Down Timing with Optional External (4 MΩ) UV Resistor Connected to EN/UV Pin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

BYPASS/MULTI-FUNCTION Pin Capacitor

The BYPASS/MULTI-FUNCTION pin can use a ceramic capacitor as small as 0.1 µF for decoupling the internal power supply of the device. A larger capacitor size can be used to adjust the current limit. For TNY285-290, a 1 µF BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin capacitor will select a lower current limit equal to the standard current limit of the next smaller device and a 10 µF BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin capacitor will select a higher current limit equal to the standard current limit of the next larger device. The higher current limit level of the TNY290 is set to 850 mA typical. The TNY284 MOSFET does not have the capability for increased current limit so this feature is not available in this device.

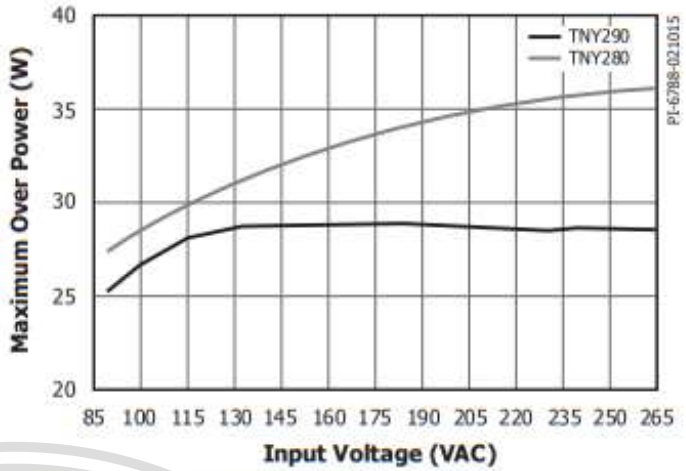


Figure 15. Comparison of Maximum Overpower for TinySwitch-4 and TinySwitch-III as a Function of Input Voltage (Data Collected from RDK-295 20 W Reference Design).

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

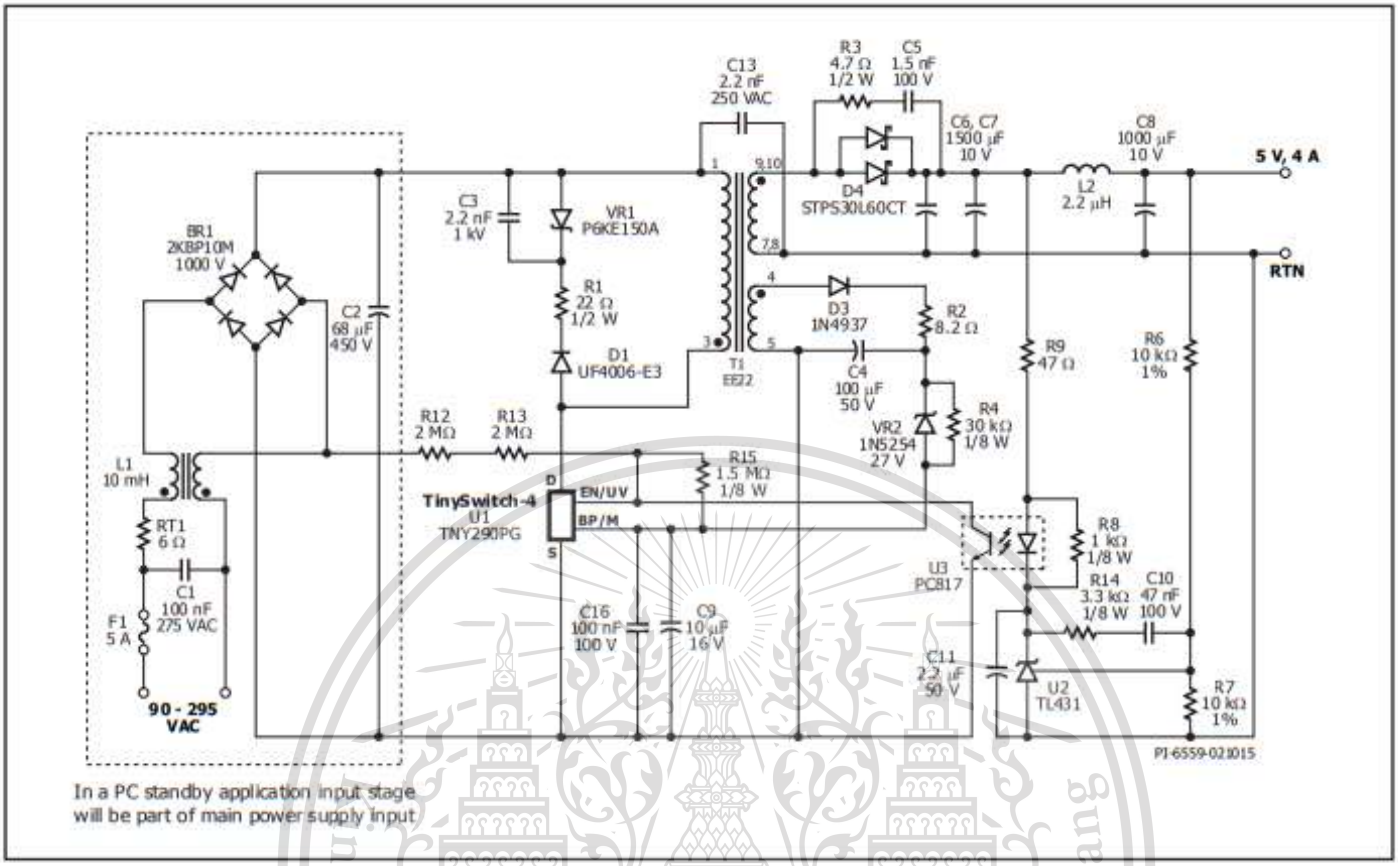


Figure 16. TNY290PG, 5 V, 4 A Universal Input Power Supply.

Applications Example

The circuit shown in Figure 16 is a low cost, high efficiency, flyback power supply designed for 5 V, 4 A output from universal input using the TNY290PG.

The supply features undervoltage lockout, primary sensed output overvoltage latching shutdown protection, high efficiency (>80%), and very low no-load consumption (<50 mW at 265 VAC). Output regulation is accomplished using a simple Zener reference and optocoupler feedback.

The rectified and filtered input voltage is applied to the primary winding of T1. The other side of the transformer primary is driven by the integrated MOSFET in U1. Diode D1, C3, R1, and VR1 comprise the clamp circuit, limiting the leakage inductance turn-off voltage spike on the DRAIN pin to a safe value.

The output voltage is regulated by TL431 U2. When the output voltage ripple exceeds the sum of the U2 (CATHODE D6) and optocoupler LED forward drop, current will flow in the optocoupler LED. This will cause the transistor of the optocoupler to sink current. When this current exceeds the ENABLE pin threshold current the next switching cycle is inhibited. When the output voltage falls below the feedback threshold, a conduction cycle is allowed to occur and, by adjusting the number of enabled cycles, output regulation is maintained. As the load reduces, the number of enabled cycles decreases, lowering the effective switching frequency and scaling switching losses with load. This provides almost constant efficiency down to very light loads, ideal for meeting energy efficiency requirements.

As the TinySwitch-4 devices are completely self-powered, there is no requirement for an auxiliary or bias winding on the transformer. However by adding a bias winding, the output overvoltage protection feature can be configured, protecting the load against open feedback loop faults.

When an overvoltage condition occurs, such that bias voltage exceeds the sum of VR2 and the BYPASS/MULTIFUNCTION (BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL) pin voltage, current begins to flow into the BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin. When this current exceeds I_{SD} the internal latching shutdown circuit in TinySwitch-4 is activated. This condition is reset when the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin current flowing through R12 and R13 drop below 18.75 µA each AC line half-cycle. The configuration of Figure 16 is therefore non-latching for an overvoltage fault. Latching overvoltage protection can be achieved by connecting R12 and R13 to the positive terminal of C2, at the expense of higher standby consumption. In the example shown, on opening the loop, the OVP trips at an output of 17 V.

For lower no-load input power consumption, the bias winding may also be used to supply the TinySwitch-4 device. Resistor R4 feeds current into the BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin, inhibiting the internal high-voltage current source that normally maintains the BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin capacitor voltage (C7) during the internal MOSFET off-time. This reduces the no-load consumption of this design from 140 mW to 40 mW at 265 VAC.

Undervoltage lockout is configured by R5 connected between the DC bus and ENABLE/UNDERVOLTAGE pin of U1. When present, switching is inhibited until the current in the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

exceeds 25 µA. This allows the start-up voltage to be programmed within the normal operating input voltage range, preventing glitching of the output under abnormal low voltage conditions and also on removal of the AC input.

In addition to the simple input pi filter (C1, L1, C2) for differential mode EMI, this design makes use of E-Shield™ shielding techniques in the transformer to reduce common mode EMI displacement currents, and R2 and C4 as a damping network to reduce high frequency transformer ringing. These techniques, combined with the frequency jitter of TNY288, give excellent conducted and radiated EMI performance with this design achieving >12 dBµV of margin to EN55022 Class B conducted EMI limits.

For design flexibility the value of C7 can be selected to pick one of the 3 current limits options in U1. This allows the designer to select the current limit appropriate for the application.

- Standard current limit (I_{LIMIT}) is selected with a 0.1 µF BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin capacitor and is the normal choice for typical enclosed adapter applications.
- When a 1 µF BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin capacitor is used, the current limit is reduced ($I_{LIMITred}$ or I_{LIMIT}-1) offering reduced RMS device currents and therefore improved efficiency, but at the expense of maximum power capability. This is ideal for thermally challenging designs where dissipation must be minimized.
- When a 10 µF BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin capacitor is used, the current limit is increased ($I_{LIMITinc}$ or I_{LIMIT}+1), extending the power capability for applications requiring higher peak power or continuous power where the thermal conditions allow.

Further flexibility comes from the current limits between adjacent TinySwitch-4 family members being compatible. The reduced current limit of a given device is equal to the standard current limit of the next smaller device and the increased current limit is equal to the standard current limit of the next larger device.

Key Application Considerations

TinySwitch-4 vs. TinySwitch-III

Table 2 compares the features and performance differences between TinySwitch-4 and TinySwitch-III. TinySwitch-4 is pin compatible to TinySwitch-III with improved features. It requires minimum design effort to adapt into a new design. In addition to the feature enhancement, TinySwitch-4 offers two new packages; eSOP-12B (K) and SO-8C (D) to meet various application requirements.

Function	TinySwitch-III	TinySwitch-4
BV_{DSS}	700 V	725 V
Line Compensated OCP	N/A	Yes
Typical OCP Change from 85 VAC to 265 VAC	>40%	<15%
UV Threshold	25 µA ±10%	25 µA ±5%
V_{BP} Reset Voltage	2.6 V Typical	3.0 V Typical
Packages	DIP-8C (P), SMD-8C (G)	DIP-8C (P), eSOP-12B (K), SO-8C (D)

Table 2. Comparisons Between TinySwitch-III and TinySwitch-4.

TinySwitch-4 Design Considerations

Output Power Table

The data sheet output power table (Table 1) represents the minimum practical continuous output power level that can be obtained under the following assumed conditions:

1. The minimum DC input voltage is 100 V or higher for 85 VAC input, or 220 V or higher for 230 VAC input or 115 VAC with a voltage doubler. The value of the input capacitance should be sized to meet these criteria for AC input designs.
2. Efficiency of 75%.
3. Minimum data sheet value of I^2f.
4. Transformer primary inductance tolerance of ±10%.
5. Reflected output voltage (V_{OR}) of 135 V.
6. Voltage only output of 12 V with a fast PN rectifier diode.
7. Continuous conduction mode operation with transient K_p* value of 0.25.
8. Increased current limit is selected for peak and open frame power columns and standard current limit for adapter columns.
9. The part is board mounted with SOURCE pins soldered to a sufficient area of copper and/or a heat sink is used to keep the SOURCE pin temperature at or below 110 °C.
10. Ambient temperature of 50 °C for open frame designs and 40 °C for sealed adapters.

*Below a value of 1, K_p is the ratio of ripple to peak primary current. To prevent reduced power capability due to premature termination of switching cycles a transient K_p limit of ≥0.25 is recommended. This prevents the initial current limit (I_{INIT}) from being exceeded at MOSFET turn-on.

For reference, Table 3 provides the minimum practical power delivered from each family member at the three selectable current limit values. This assumes open frame operation (not thermally limited) and otherwise the same conditions as listed above. These numbers are useful to identify the correct current limit to select for a given device and output power requirement.

Overvoltage Protection

The output overvoltage protection provided by TinySwitch-4 uses an internal latch that is triggered by a threshold current of approximately 5.5 mA into the BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin. In addition to an internal filter, the BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin capacitor forms an external filter providing noise immunity from inadvertent triggering. For the bypass capacitor to be effective as a high frequency filter, the capacitor should be located as close as possible to the SOURCE and BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pins of the device.

Peak Output Power Table

Product	230 VAC ± 15%			85-265 VAC		
	I_{LIMIT}-1	I_{LIMIT}	I_{LIMIT}+1	I_{LIMIT}-1	I_{LIMIT}	I_{LIMIT}+1
TNY284P	9.1 W	10.9 W	9.1 W	7.1 W	8.5 W	7.1 W
TNY285P	10.8 W	12 W	15.1 W	8.4 W	9.3 W	11.8 W
TNY286P	11.8 W	15.3 W	19.4 W	9.2 W	11.9 W	15.1 W
TNY287P	15.1 W	19.6 W	23.7 W	11.8 W	15.3 W	18.5 W
TNY288P	19.4 W	24 W	28 W	15.1 W	18.6 W	21.8 W
TNY289P	23.7 W	28.4 W	32.2 W	18.5 W	22 W	25.2 W
TNY290P	28 W	32.7 W	36.6 W	21.8 W	25.4 W	28.5 W

Table 3. Minimum Practical Power at Three Selectable Current Limit Levels.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

For best performance of the OVP function, it is recommended that a relatively high bias winding voltage is used, in the range of 15 V - 30 V. This minimizes the error voltage on the bias winding due to leakage inductance and also ensures adequate voltage during no-load operation from which to supply the BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin for reduced no-load consumption.

Selecting the Zener diode voltage to be approximately 6 V above the bias winding voltage (28 V for 22 V bias winding) gives good OVP performance for most designs, but can be adjusted to compensate for variations in leakage inductance. Adding additional filtering can be achieved by inserting a low value (10 Ω to 47 Ω) resistor in series with the bias winding diode and/or the OVP Zener as shown by R7 and R3 in Figure 16. The resistor in series with the OVP Zener also limits the maximum current into the BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin.

Reducing No-load Consumption

As TinySwitch-4 is self-powered from the BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin capacitor, there is no need for an auxiliary or bias winding to be provided on the transformer for this purpose. Typical no-load consumption when self-powered is <150 mW at 265 VAC input. The addition of a bias winding can reduce this down to <50 mW by supplying the TinySwitch-4 from the lower bias voltage and inhibiting the internal high-voltage current source. To achieve this, select the value of the resistor (R8 in Figure 16) to provide the data sheet DRAIN supply current. In practice, due to the reduction of the bias voltage at low load, start with a value equal to 40% greater than the data sheet maximum current, and then increase the value of the resistor to give the lowest no-load consumption.

Audible Noise

The cycle skipping mode of operation used in TinySwitch-4 can generate audio frequency components in the transformer. To limit this audible noise generation the transformer should be designed such that the peak core flux density is below 3000 Gauss (300 mT). Following this guideline and using the standard transformer production technique of dip varnishing practically eliminates audible noise. Vacuum impregnation of the transformer should not be used due to the high primary capacitance and increased losses that result. Higher flux densities are possible, however careful evaluation of the audible noise performance should be made using production transformer samples before approving the design.

Ceramic capacitors that use dielectrics such as Z5U, when used in clamp circuits, may also generate audio noise. If this is the case, try replacing them with a capacitor having a different dielectric or construction, for example a film type.

TinySwitch-4 Layout Considerations

Layout

See Figure 17 for a recommended circuit board layout for TinySwitch-4.

Single Point Grounding

Use a single point ground connection from the input filter capacitor to the area of copper connected to the SOURCE pins.

Bypass Capacitor (C_{BP})

The BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin capacitor must be located directly adjacent to the BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL and SOURCE pins.

If a 0.1 μF bypass capacitor has been selected it should be a high frequency ceramic type (e.g. with X7R dielectric). It must be placed directly between the ENABLE and SOURCE pins to filter external noise entering the BYPASS pin. If a 1 μF or 10 μF bypass capacitor was selected then an additional 0.1 μF capacitor should be added across BYPASS and SOURCE pins to provide noise filtering (see Figure 17).

ENABLE/UNDERVOLTAGE Pin

Keep traces connected to the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin short and, as far as is practical, away from all other traces and nodes above source potential including, but not limited to, the bypass, drain and bias supply diode anode nodes.

Primary Loop Area

The area of the primary loop that connects the input filter capacitor, transformer primary and TinySwitch-4 should be kept as small as possible.

Primary Clamp Circuit

A clamp is used to limit peak voltage on the DRAIN pin at turn-off. This can be achieved by using an RCD clamp or a Zener (~200 V) and diode clamp across the primary winding. To reduce EMI, minimize the loop from the clamp components to the transformer and TinySwitch-4.

Thermal Considerations

The SOURCE pins are internally connected to the IC lead frame and provide the main path to remove heat from the device. Therefore all the SOURCE pins should be connected to a copper area underneath the TinySwitch-4 to act not only as a single point ground, but also as a heat sink. As this area is connected to the quiet source node, this area should be maximized for good heat sinking. Similarly for axial output diodes, maximize the PCB area connected to the cathode.

Y Capacitor

The placement of the Y capacitor should be directly from the primary input filter capacitor positive terminal to the common/ return terminal of the transformer secondary. Such a placement will route high magnitude common mode surge currents away from the TinySwitch-4 device. Note – if an input π (C, L, C) EMI filter is used then the inductor in the filter should be placed between the negative terminals of the input filter capacitors.

Optocoupler

Place the optocoupler physically close to the TinySwitch-4 to minimizing the primary-side trace lengths. Keep the high current, high-voltage drain and clamp traces away from the optocoupler to prevent noise pick up.

Output Diode

For best performance, the area of the loop connecting the secondary winding, the output diode and the output filter capacitor, should be minimized. In addition, sufficient copper area should be provided at the anode and cathode terminals of the diode for heat sinking. A larger area is preferred at the quiet cathode terminal. A large anode area can increase high frequency radiated EMI.

PC Board Leakage Currents

TinySwitch-4 is designed to optimize energy efficiency across the power range and particularly in standby/no-load conditions. Current consumption has therefore been minimized to achieve this performance. The ENABLE/UNDERVOLTAGE pin under-voltage feature for example has a low threshold (~1 μA) to detect whether an undervoltage resistor is present.

Parasitic leakage currents into the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin are normally well below this 1 μA threshold when PC board assembly is in a well controlled production facility. However, high humidity conditions together with board and/or package contamination, either from no-clean flux or other contaminants, can reduce the surface resistivity enough to allow parasitic currents >1 μA to flow into the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin. These currents can flow from higher voltage exposed solder pads close to the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin such as the BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin solder pad preventing

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

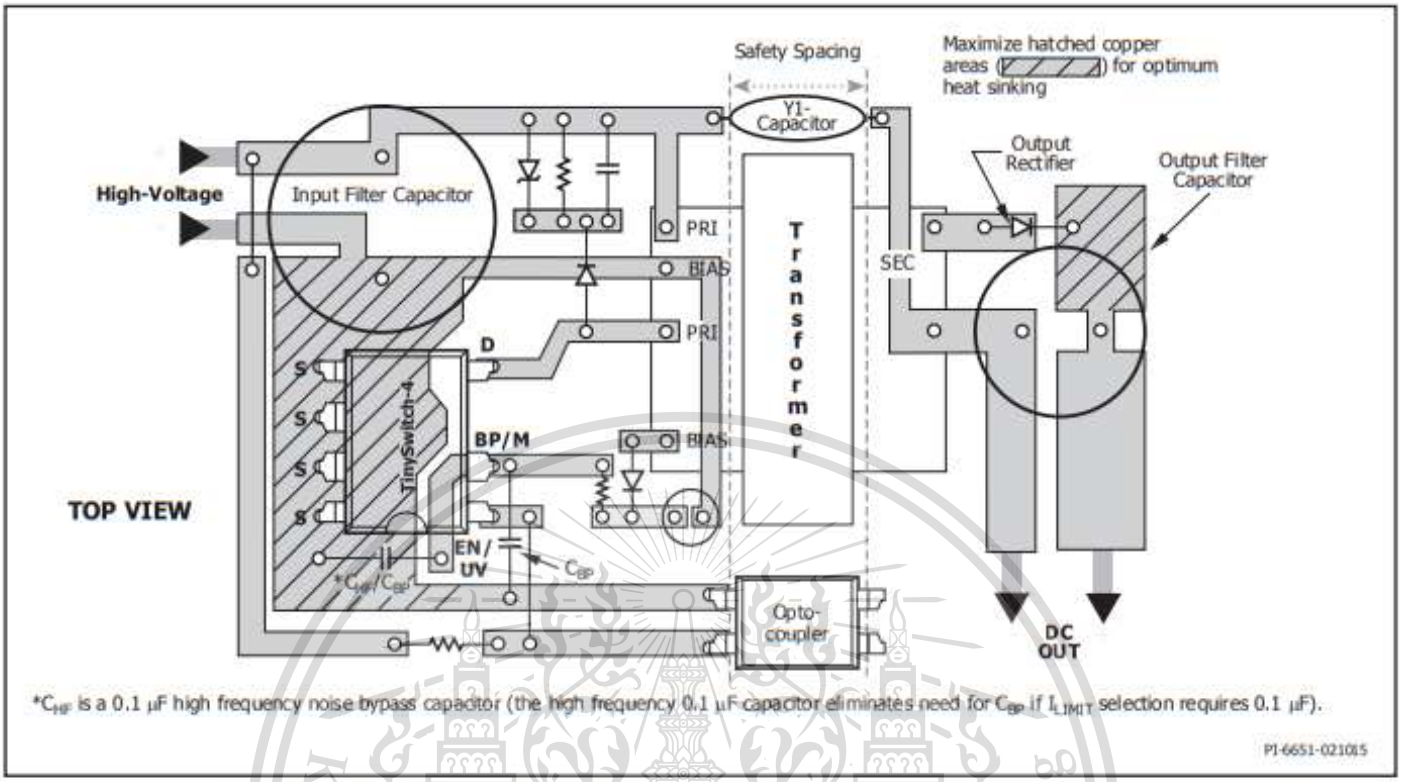


Figure 17. Recommended Circuit Board Layout for TinySwitch-4 with Undervoltage Lock Out Resistor.

the design from starting up. Designs that make use of the under-voltage lockout feature by connecting a resistor from the high-voltage rail to the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin are not affected.

If the contamination levels in the PC board assembly facility are unknown, the application is open frame or operates in a high pollution degree environment and the design does not make use of the under-voltage lockout feature, then an optional 390 kΩ resistor should be added from ENABLE/UNDERVOLTAGE pin to SOURCE pin to ensure that the parasitic leakage current into the ENABLE/UNDERVOLTAGE pin is well below 1 µA.

Note that typical values for surface insulation resistance (SIR) where no-clean flux has been applied according to the suppliers' guidelines are >>10 MΩ and do not cause this issue.

Quick Design Checklist

As with any power supply design, all TinySwitch-4 designs should be verified on the bench to make sure that component specifications are not exceeded under worst case conditions. The following minimum set of tests is strongly recommended:

1. Maximum drain voltage – Verify that V_{DS} does not exceed 675 V at highest input voltage and peak (overload) output power. The 50 V margin to the 725 V BV_{DSS} specification gives margin for design variation.
2. Maximum drain current – At maximum ambient temperature, maximum input voltage and peak output (overload) power, verify drain current waveforms for any signs of transformer saturation and excessive leading edge current spikes at start-up. Repeat under steady-state conditions and verify that the leading edge current spike event is below $I_{LIMIT(MIN)}$ at the end of the $t_{LEB(MIN)}$. Under all conditions, the maximum drain current should be below the specified absolute maximum ratings.
3. Thermal Check – At specified maximum output power, minimum input voltage and maximum ambient temperature, verify that the temperature specifications are not exceeded for TinySwitch-4, transformer, output diode, and output capacitors. Enough thermal margin should be allowed for part-to-part variation of the $R_{DS(ON)}$ of TinySwitch-4 as specified in the data sheet. Under low-line, maximum power, a maximum TinySwitch-4 SOURCE pin temperature of 110 °C is recommended to allow for these variations.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Absolute Maximum Ratings[1,4]

DRAIN Voltage ..... -0.3 V to 725 V
DRAIN Peak Current:
- TNY284 ..... 400 (750) mA[2]
- TNY285 ..... 560 (1050) mA[2]
- TNY286 ..... 720 (1350) mA[2]
- TNY287 ..... 880 (1650) mA[2]
- TNY288 ..... 1040 (1950) mA[2]
- TNY289 ..... 1200 (2250) mA[2]
- TNY290 ..... 1360 (2550) mA[2]

EN/UV Voltage ..... -0.3 V to 9 V
EN/UV Current ..... 100 mA
BP/M Voltage ..... -0.3 V to 9 V
Storage Temperature ..... -65 °C to 150 °C
Maximum Junction Temperature[3] ..... -40 °C to 150 °C
Lead Temperature[4] ..... 260 °C

Notes:
1. All voltages referenced to SOURCE, TA = 25 °C.
2. The higher peak DRAIN current is allowed while the DRAIN voltage is simultaneously less than 400 V.
3. Normally limited by internal circuitry.
4. 1/16 in. from case for 5 seconds.
5. Maximum ratings specified may be applied one at a time, without causing permanent damage to the product. Exposure to Absolute Rating conditions for extended periods of time may affect product reliability.

Thermal Resistance

Thermal Resistance: P Package:
- (θ_{JA}) ..... 70 °C/W[2]; 60 °C/W[3]
- (θ_{JC})[1] ..... 11 °C/W

D Package:
- (θ_{JA}) ..... 100 °C/W[2]; 80 °C/W[3]
- (θ_{JC})[1] ..... 30 °C/W

K Package:
- (θ_{JA}) ..... 45 °C/W[2]; 38 °C/W[3]
- (θ_{JC})[4] ..... 2 °C/W

Notes:
1. Measured on the SOURCE pin close to the plastic interface.
2. Soldered to 0.36 sq. in. (232 mm²), 2 oz. (610 g/m²) copper clad.
3. Soldered to 1 sq. in. (645 mm²), 2 oz. (610 g/m²) copper clad.
4. The case temperature is measured at the bottom-side exposed pad.

Parameter	Symbol	Conditions SOURCE = 0 V; T_J = -40 to 125 °C See Figure 18 (Unless Otherwise Specified)		Min	Typ	Max	Units
Control Functions							
Output Frequency in Standard Mode	f_{OSC}	T_J = 25 °C See Figure 5	Average	124	132	140	kHz
			Peak-to-peak Jitter		8		
Maximum Duty Cycle	DC_{MAX}	S1 Open		62	67		%
EN/UV Pin Upper Turnoff Threshold Current	I_{DIS}			-150	-122	-90	µA
EN/UV Pin Voltage	V_{EN}	$I_{EN/UV}$ = 25 µA		1.8	2.2	2.6	V
		$I_{EN/UV}$ = -25 µA		0.8	1.2	1.6	
DRAIN Supply Current	I_{SL}	EN/UV Current > I_{DIS} (MOSFET Not Switching) See Note A			330		µA
	I_{SD}	EN/UV Open (MOSFET Switching at f_{OSC}) See Note B	TNY284		360	400	µA
			TNY285		410	440	
			TNY286		430	470	
			TNY287		510	550	
			TNY288		615	650	
			TNY289		715	800	
			TNY290		875	930	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Parameter	Symbol	Conditions SOURCE = 0 V; T_J = -40 to 125 °C See Figure 18 (Unless Otherwise Specified)		Min	Typ	Max	Units
Control Functions (cont.)							
BP/M Pin Charge Current	I_{CH1}	$V_{BP/M}$ = 0 V, T_J = 25 °C See Note C, D		-6.5	-4.5	-2.5	mA
	I_{CH2}	$V_{BP/M}$ = 4 V, T_J = 25 °C See Note C, D		-4.7	-2.8	-1.4	
BP/M Pin Voltage	$V_{BP/M}$	See Note C		5.6	5.85	6.3	V
BP/M Pin Voltage Hysteresis	$V_{BP/MH}$			0.80	0.95	1.20	V
BP/M Pin Shunt Voltage	V_{SHUNT}	I_{BP} = 2 mA		6.0	6.4	6.85	V
EN/UV Pin Line Under-voltage Threshold	I_{LUV}	T_J = 25 °C		23.75	25	26.25	µA
EN/UV Pin – Reset Hysteresis (Following Latch Off with BP/M Pin Current >I_{SD})		T_J = 25 °C See Note G		3	5	8	µA
Circuit Protection							
Standard Current Limit (BP/M Capacitor = 0.1 µF) See Note D	I_{LIMIT}	di/dt = 50 mA/µs T_J = 25 °C See Note E	TNY284P/D/K	233	250	267	mA
		di/dt = 55 mA/µs T_J = 25 °C See Note E	TNY285P/D/K	256	275	294	
		di/dt = 70 mA/µs T_J = 25 °C See Note E	TNY286P/D/K	326	350	374	
		di/dt = 90 mA/µs T_J = 25 °C See Note E	TNY287P/D/K	419	450	481	
		di/dt = 110 mA/µs T_J = 25 °C See Note E	TNY288P/D/K	512	550	588	
		di/dt = 130 mA/µs T_J = 25 °C See Note E	TNY289P/K	605	650	695	
		di/dt = 150 mA/µs T_J = 25 °C See Note E	TNY290P/K	698	750	802	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Parameter	Symbol	Conditions SOURCE = 0 V; T_J = -40 to 125 °C See Figure 18 (Unless Otherwise Specified)		Min	Typ	Max	Units
Circuit Protection (cont.)							
Reduced Current Limit (BP/M Capacitor = 1 µF) See Note D	$I_{LIMITred}$	di/dt = 42 mA/µs T_J = 25 °C See Note E	TNY284P/D/K	196	210	233	mA
		di/dt = 50 mA/µs T_J = 25 °C See Note E	TNY285P/D/K	233	250	277	
		di/dt = 55 mA/µs T_J = 25 °C See Notes E	TNY286P/D/K	256	275	305	
		di/dt = 70 mA/µs T_J = 25 °C See Notes E	TNY287P/D/K	326	350	388	
		di/dt = 90 mA/µs T_J = 25 °C See Notes E	TNY288P/D/K	419	450	499	
		di/dt = 110 mA/µs T_J = 25 °C See Notes E	TNY289P/K	512	550	610	
		di/dt = 130 mA/µs T_J = 25 °C See Notes E	TNY290P/K	605	650	721	
Increased Current Limit (BP/M Capacitor = 10 µF) See Note D	$I_{LIMITinc}$	di/dt = 42 mA/µs T_J = 25 °C See Notes E, F	TNY284P/D/K	196	210	233	mA
		di/dt = 70 mA/µs T_J = 25 °C See Notes E	TNY285P/D/K	326	350	388	
		di/dt = 90 mA/µs T_J = 25 °C See Notes E	TNY286P/D/K	419	450	499	
		di/dt = 110 mA/µs T_J = 25 °C See Notes E	TNY287P/D/K	512	550	610	
		di/dt = 130 mA/µs T_J = 25 °C See Notes E	TNY288P/D/K	605	650	721	
		di/dt = 150 mA/µs T_J = 25 °C See Notes E	TNY289P/K	698	750	833	
		di/dt = 170 mA/µs T_J = 25 °C See Notes E	TNY290P/K	791	850	943	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Parameter	Symbol	Conditions SOURCE = 0 V; T_J = -40 to 125 °C See Figure 18 (Unless Otherwise Specified)		Min	Typ	Max	Units
Circuit Protection (cont.)							
Power Coefficient	I^2f	Standard Current Limit, $I^2f = I_{LIMIT(TYP)}^2 \times f_{OSC(TYP)}$ T_J = 25 °C	TNY284-290	0.9 × I^2f	I^2f	1.12 × I^2f	A^2Hz
		Reduced Current Limit, $I^2f = I_{LIMITred(TYP)}^2 \times f_{OSC(TYP)}$ T_J = 25 °C	TNY284-290	0.9 × I^2f	I^2f	1.16 × I^2f	
		Increased Current Limit, $I^2f = I_{LIMITinc(TYP)}^2 \times f_{OSC(TYP)}$ T_J = 25 °C	TNY284-290	0.9 × I^2f	I^2f	1.16 × I^2f	
Initial Current Limit	I_{INIT}	See Figure 21 T_J = 25 °C, See Note G	TNY284-287	0.77 × $I_{LIMIT(MIN)}$			mA
		See Figure 22 T_J = 25 °C, See Note G	TNY288-290	0.725 × $I_{LIMIT(MIN)}$			
Leading Edge Blanking Time	t_{LEB}	T_J = 25 °C See Note G		170	215		ns
Current Limit Delay	t_{ILD}	T_J = 25 °C See Note G, H			150		ns
Thermal Shutdown Temperature	T_{SD}			135	142	150	°C
Thermal Shutdown Hysteresis	T_{SDH}				75		°C
BP/M Pin Shutdown Threshold Current	I_{SD}			4	6.5	9	mA
BP/M Pin Power-Up Reset Threshold Voltage	$V_{BPM(RESET)}$			1.6	3.0	3.6	V
Output							
ON-State Resistance	$R_{DS(ON)}$	TNY284 I_D = 25 mA	T_J = 25 °C		28	32	Ω
			T_J = 100 °C		42	48	
		TNY285 I_D = 28 mA	T_J = 25 °C		19	22	
			T_J = 100 °C		29	33	
		TNY286 I_D = 35 mA	T_J = 25 °C		14	16	
			T_J = 100 °C		21	24	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Parameter	Symbol	Conditions SOURCE = 0 V; T_J = -40 to 125 °C See Figure 18 (Unless Otherwise Specified)		Min	Typ	Max	Units
Output (cont.)							
ON-State Resistance	$R_{DS(ON)}$	TNY287 I_D = 45 mA	T_J = 25 °C		7.8	9.0	Ω
			T_J = 100 °C		11.7	13.5	
		TNY288 I_D = 55 mA	T_J = 25 °C		5.2	6.0	
			T_J = 100 °C		7.8	9.0	
		TNY289 I_D = 65 mA	T_J = 25 °C		3.9	4.5	
			T_J = 100 °C		5.8	6.7	
		TNY290 I_D = 75 mA	T_J = 25 °C		2.6	3.0	
			T_J = 100 °C		3.9	4.5	
OFF-State Drain Leakage Current	I_{DSS1}	$V_{BP/M}$ = 6.2 V $V_{EN/UV}$ = 0 V V_{DS} = 560 V T_J = 125 °C See Note I	TNY284-286			50	µA
			TNY287-288			100	
			TNY289-290			200	
	I_{DSS2}	$V_{BP/M}$ = 6.2 V $V_{EN/UV}$ = 0 V	V_{DS} = 375 V, T_J = 50 °C See Note G, I		15		
Breakdown Voltage	BV_{DSS}	V_{BP} = 6.2 V, $V_{EN/UV}$ = 0 V, See Note J, T_J = 25 °C		725			V
DRAIN Supply Voltage				50			V
Auto-Restart ON-Time at f_{OSC}	t_{AR}	T_J = 25 °C See Note K			64		ms
Auto-Restart Duty Cycle	DC_{AR}	T_J = 25 °C			3		%

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

NOTES:

A. I_{S1} is an accurate estimate of device controller current consumption at no-load, since operating frequency is so low under these conditions. Total device consumption at no-load is the sum of I_{S1} and I_{DSS2}.

B. Since the output MOSFET is switching, it is difficult to isolate the switching current from the supply current at the DRAIN. An alternative is to measure the BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin current at 6.1 V.

C. BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin is not intended for sourcing supply current to external circuitry.

D. To ensure correct current limit it is recommended that nominal 0.1 µF / 1 µF / 10 µF capacitors are used. In addition, the BP/M capacitor value tolerance should be equal or better than indicated below across the ambient temperature range of the target application. The minimum and maximum capacitor values are guaranteed by characterization.

Nominal BP/M Pin Cap Value	Tolerance Relative to Nominal Capacitor Value	
	Min	Max
0.1 µF	-60%	+100%
1 µF	-50%	+100%
10 µF	-50%	NA

E. For current limit at other di/dt values, refer to Figure 25.

F. TNY284 does not have an increased current limit value, but with a 10 µF BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin capacitor the current limit is the same as with a 1 µF BYPASS/MULTI-FUNCTIONAL pin capacitor (reduced current limit value).

G. This parameter is derived from characterization.

H. This parameter is derived from the change in current limit measured at 1X and 4X of the di/dt shown in the I_{LIMIT} specification.

I. I_{DSS1} is the worst-case OFF-state leakage specification at 80% of BV_{DSS} and maximum operating junction temperature. I_{DSS2} is a typical specification under worst-case application conditions (rectified 265 VAC) for no-load consumption calculations.

J. Breakdown voltage may be checked against minimum BV_{DSS} specification by ramping the DRAIN pin voltage up to but not exceeding minimum BV_{DSS}.

K. Auto-restart on time has the same temperature characteristics as the oscillator (inversely proportional to frequency).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

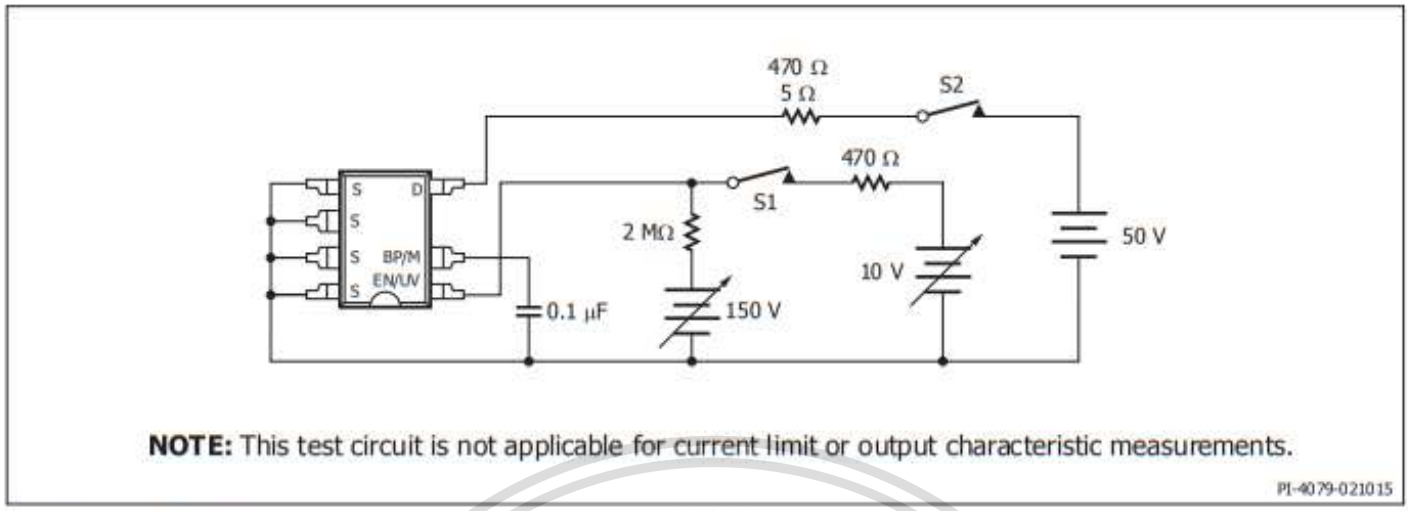


Figure 18. General Test Circuit.

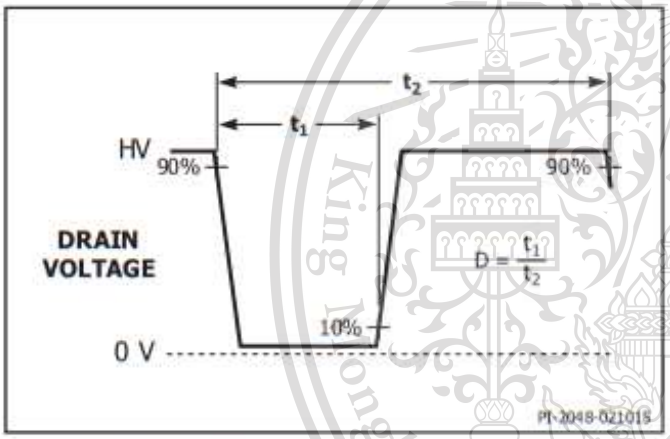


Figure 19. Duty Cycle Measurement.

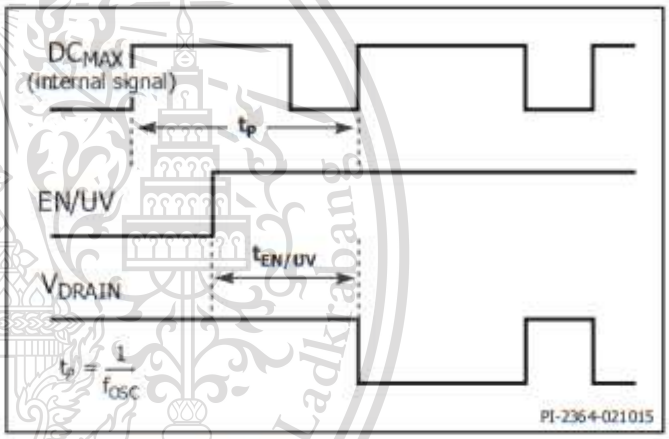


Figure 20. Output Enable Timing.

Typical Performance Characteristics

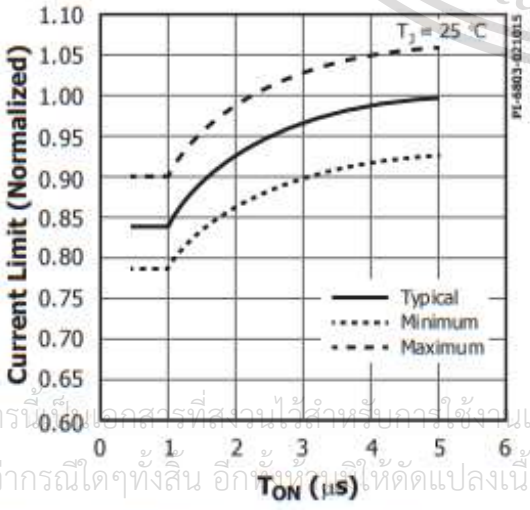


Figure 21. Current Limit vs. T_{ON} for TNY284~287.

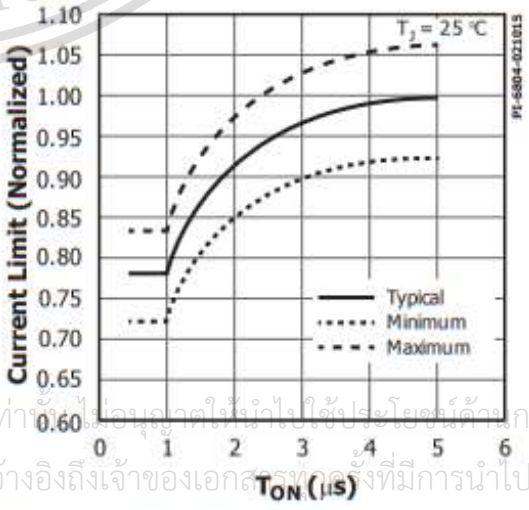


Figure 22. Current Limit vs. T_{ON} for TNY288~290.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Typical Performance Characteristics (cont.)

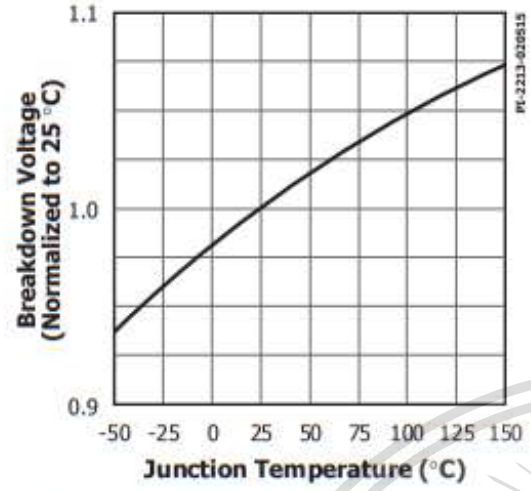


Figure 23. Breakdown vs. Temperature.

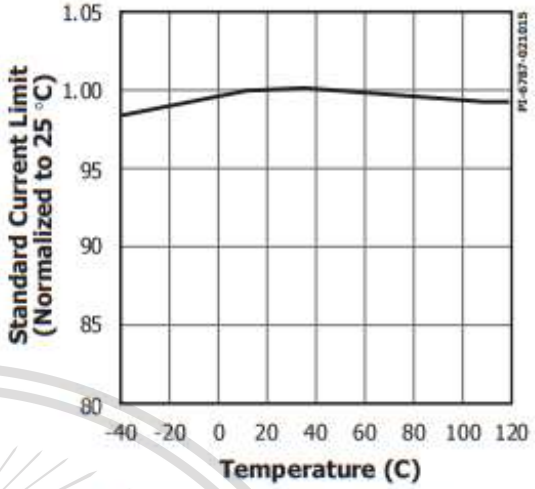


Figure 24. Standard Current Limit vs. Temperature.

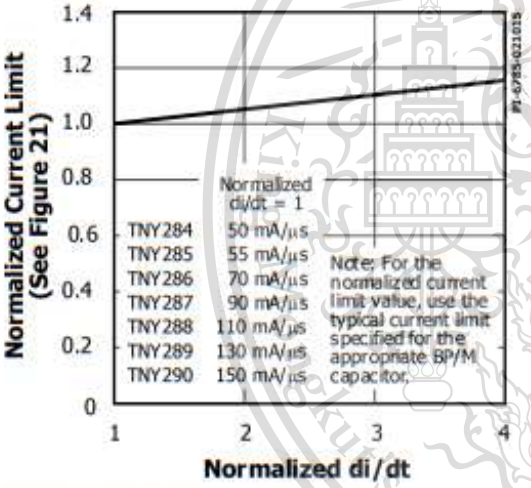


Figure 25. Standard Current Limit vs. di/dt.

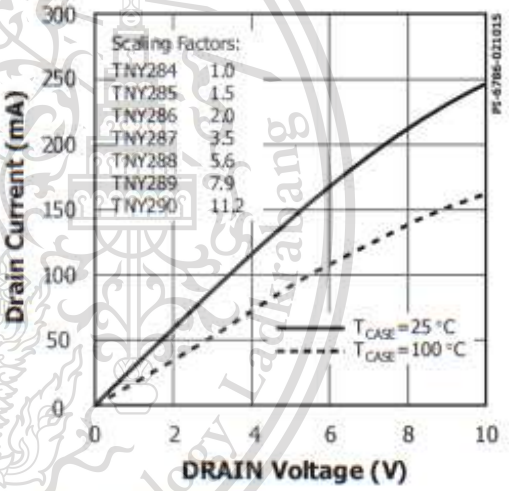


Figure 26. Output Characteristic.

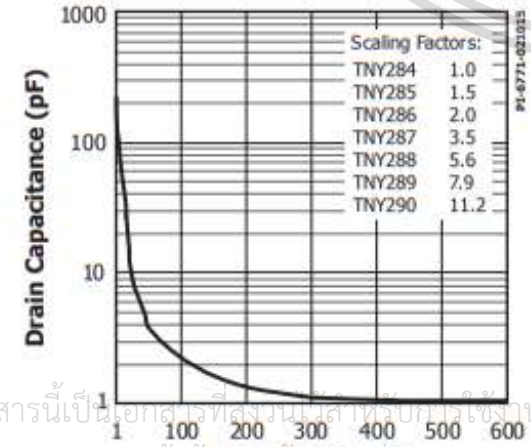


Figure 27. C_{OSS} vs. Drain Voltage.

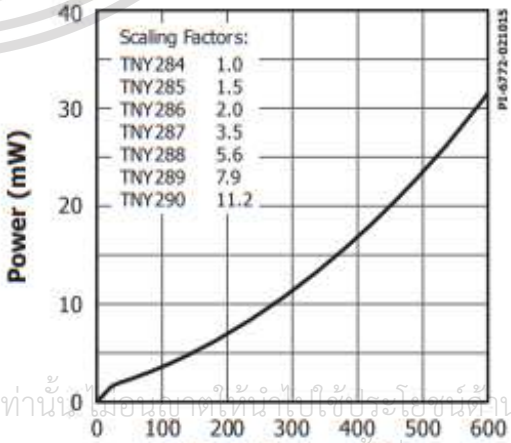


Figure 28. Drain Capacitance Power.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Typical Performance Characteristics (cont.)

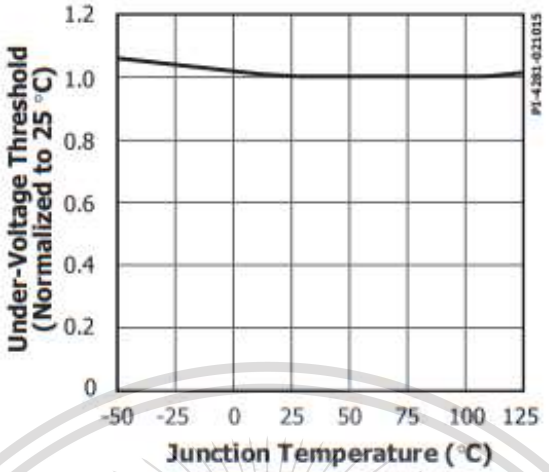
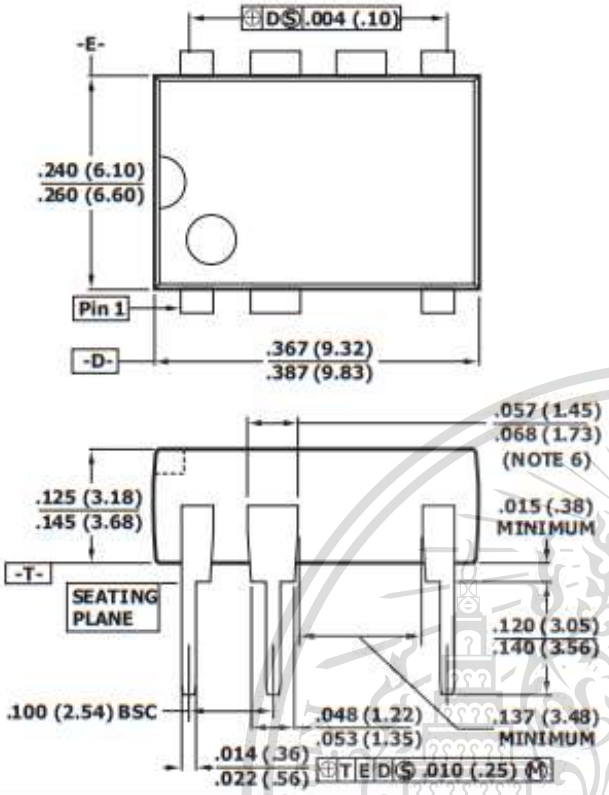


Figure 29. Undervoltage Threshold vs. Temperature.

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

PDIP-8C (P Package)



Notes:

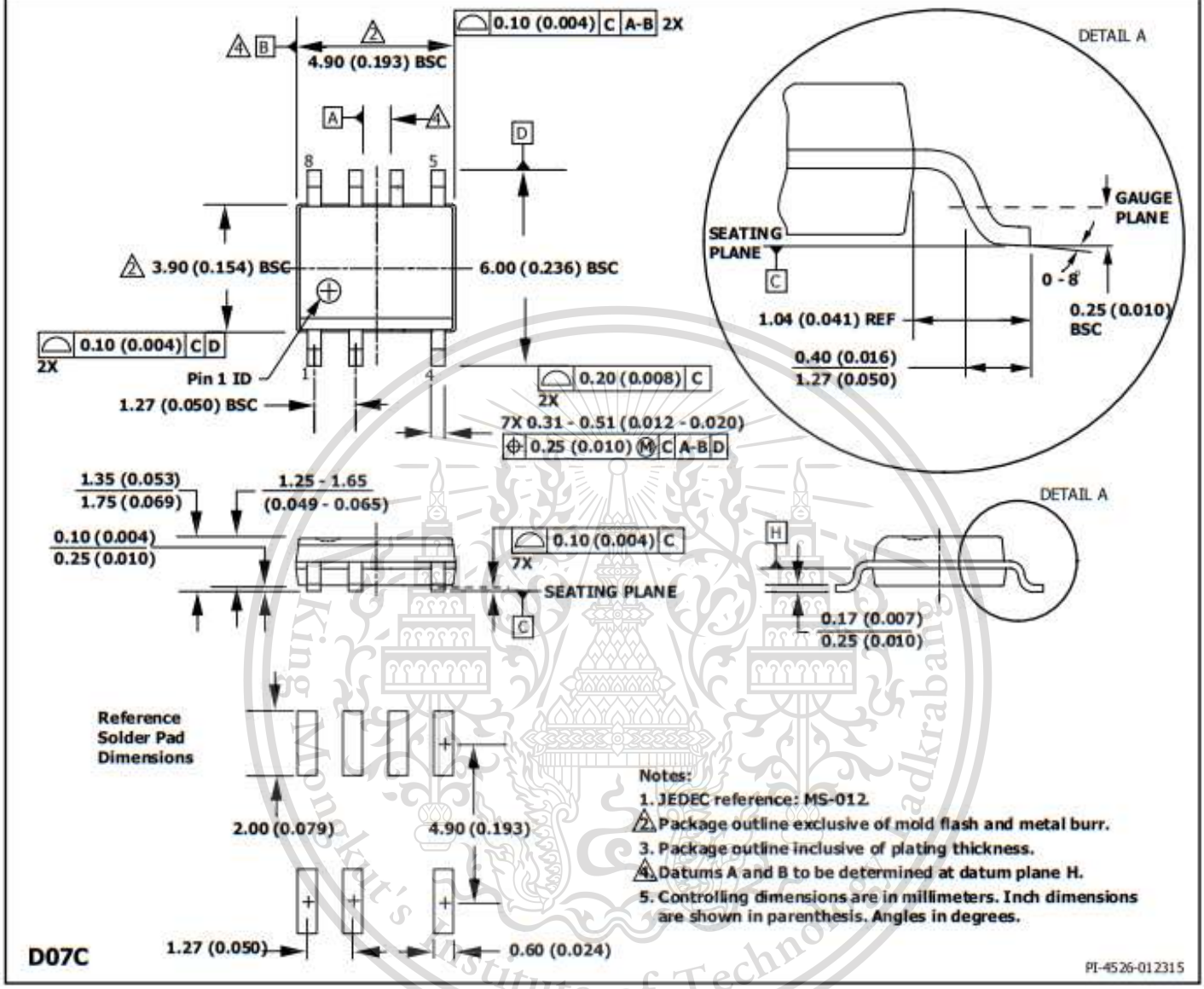
1. Package dimensions conform to JEDEC specification MS-001-AB (Issue B 7/85) for standard dual-in-line (DIP) package with .300 inch row spacing.
2. Controlling dimensions are inches. Millimeter sizes are shown in parentheses.
3. Dimensions shown do not include mold flash or other protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .006 (.15) on any side.
4. Pin locations start with Pin 1, and continue counter-clockwise to Pin 8 when viewed from the top. The notch and/or dimple are aids in locating Pin 1. Pin 3 is omitted.
5. Minimum metal to metal spacing at the package body for the omitted lead location is .137 inch (3.48 mm).
6. Lead width measured at package body.
7. Lead spacing measured with the leads constrained to be perpendicular to plane T.

P08C

PI-3933-012315

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

SO-8C (D Package)

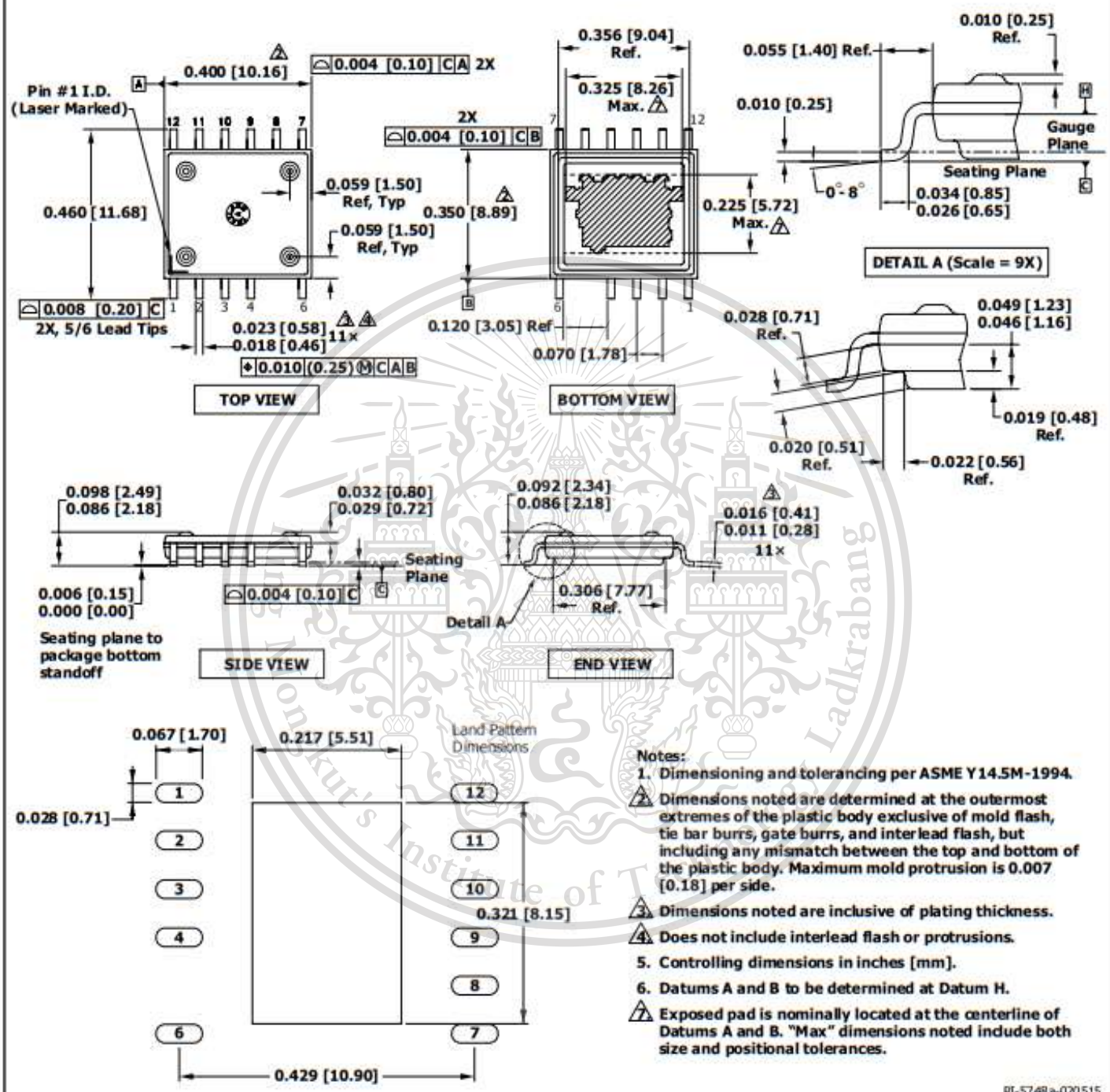


Notes:

1. JEDEC reference: MS-012.
2. Package outline exclusive of mold flash and metal burr.
3. Package outline inclusive of plating thickness.
4. Datums A and B to be determined at datum plane H.
5. Controlling dimensions are in millimeters. Inch dimensions are shown in parenthesis. Angles in degrees.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

eSOP-12B (K Package)



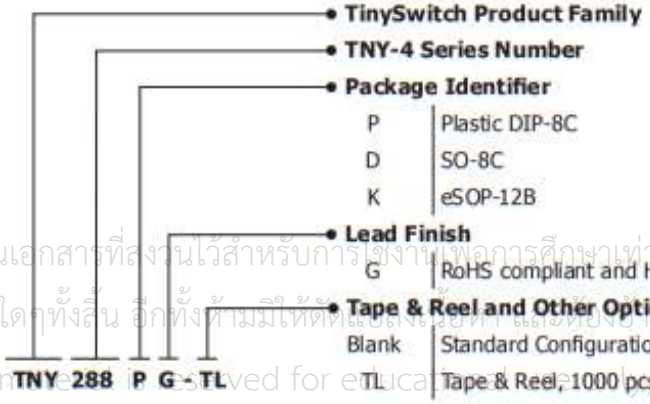
Notes:

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M-1994.
2. Dimensions noted are determined at the outermost extremes of the plastic body exclusive of mold flash, tie bar burrs, gate burrs, and interlead flash, but including any mismatch between the top and bottom of the plastic body. Maximum mold protrusion is 0.007 [0.18] per side.
3. Dimensions noted are inclusive of plating thickness.
4. Does not include interlead flash or protrusions.
5. Controlling dimensions in inches [mm].
6. Datums A and B to be determined at Datum H.
7. Exposed pad is nominally located at the centerline of Datums A and B. "Max" dimensions noted include both size and positional tolerances.

PI-5748a-020515

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Part Ordering Information



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only. Commercial use is not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Revision	Notes	Date
A	Initial Release.	09/12
B	Added TNY288DG package. Updated TNY287K and TNY288D Peak or Open Frame values in Table 1.	08/13
C	Corrected I_{INIT} parameter on page 15. Updated with new Brand Style.	02/15

For the latest updates, visit our website: www.power.com

Power Integrations reserves the right to make changes to its products at any time to improve reliability or manufacturability. Power Integrations does not assume any liability arising from the use of any device or circuit described herein. POWER INTEGRATIONS MAKES NO WARRANTY HEREIN AND SPECIFICALLY DISCLAIMS ALL WARRANTIES INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, AND NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY RIGHTS.

Patent Information

The products and applications illustrated herein (including transformer construction and circuits external to the products) may be covered by one or more U.S. and foreign patents, or potentially by pending U.S. and foreign patent applications assigned to Power Integrations. A complete list of Power Integrations patents may be found at www.power.com. Power Integrations grants its customers a license under certain patent rights as set forth at http://www.power.com/ip.htm.

Life Support Policy

POWER INTEGRATIONS PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF POWER INTEGRATIONS. As used herein:

1. A Life support device or system is one which, (i) is intended for surgical implant into the body, or (ii) supports or sustains life, and (iii) whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use, can be reasonably expected to result in significant injury or death to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

The PI logo, TOPSwitch, TinySwitch, LinkSwitch, LYTSwitch, InnoSwitch, DPA-Switch, PeakSwitch, CAPZero, SENZero, LinkZero, HiperPFS, HiperTFS, HiperLCS, Qspeed, EcoSmart, Clampless, E-Shield, Filterfuse, FluxLink, StakFET, PI Expert and PI FACTS are trademarks of Power Integrations, Inc. Other trademarks are property of their respective companies. ©2015, Power Integrations, Inc.

Power Integrations Worldwide Sales Support Locations

World Headquarters
5245 Hellyer Avenue
San Jose, CA 95138, USA.
Main: +1-408-414-9200
Customer Service:
Phone: +1-408-414-9665
Fax: +1-408-414-9765
e-mail: usasales@power.com

China (Shanghai)
Rm 2410, Charity Plaza, No. 88
North Caoxi Road
Shanghai, PRC 200030
Phone: +86-21-6354-6323
Fax: +86-21-6354-6325
e-mail: chinasales@power.com

China (Shenzhen)
17/F, Hivac Building, No. 2, Keji Nan
8th Road, Nanshan District,
Shenzhen, China, 518057
Phone: +86-755-8672-8689
Fax: +86-755-8672-8690
e-mail: chinasales@power.com

Germany
Lindwurmstrasse 114
80337 Munich
Germany
Phone: +49-895-527-39110
Fax: +49-895-527-39200
e-mail: eurosales@power.com

India
#1, 14th Main Road
Vasanthanagar
Bangalore-560052 India
Phone: +91-80-4113-8020
Fax: +91-80-4113-8023
e-mail: indiasales@power.com

Italy
Via Milanese 20, 3rd. Fl.
20099 Sesto San Giovanni (MI)
Italy
Phone: +39-024-550-8701
Fax: +39-028-928-6009
e-mail: eurosales@power.com

Japan
Kosei Dai-3 Bldg.
2-12-11, Shin-Yokohama,
Kohoku-ku
Yokohama-shi Kanagwan
222-0033 Japan
Phone: +81-45-471-1021
Fax: +81-45-471-3717
e-mail: japansales@power.com

Korea
RM 602, 6FL
Korea City Air Terminal B/D, 159-6
Samsung-Dong, Kangnam-Gu,
Seoul, 135-728, Korea
Phone: +82-2-2016-6610
Fax: +82-2-2016-6630
e-mail: koreasales@power.com

Singapore
51 Newton Road
#19-01/05 Goldhill Plaza
Singapore, 308900
Phone: +65-6358-2160
Fax: +65-6358-2015
e-mail: singaporesales@power.com

Taiwan
5F, No. 318, Nei Hu Rd., Sec. 1
Nei Hu Dist.
Taipei 11493, Taiwan R.O.C.
Phone: +886-2-2659-4570
Fax: +886-2-2659-4550
e-mail: taiwansales@power.com

UK
First Floor, Unit 15, Meadway Court,
Rutherford Close,
Stevenage, Herts. SG1 2EF
United Kingdom
Phone: +44 (0) 1252-730-141
Fax: +44 (0) 1252-727-689
e-mail: eurosales@power.com

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

KV ELECTRONICS CO., LTD.
988 MOO 2,SOI THETSABAN BANG PU 60
TUMBOL THAI BAN , AMPHUR MUANG
SAMUTPRAKARN 10280
TEL. +66(0) 2701-2969 , FAX +66(0) 2701-2966
E-MAIL : kvea@loxinfo.co.th

Customer name : Electronic source
Customer part no. : ES00147-REV06
Drawing no. :
Description : Transformer EF-20 (B-2)
KV no. : 13304
Revision : 06

RoHS

Issue date		Released by	Checked by	Approve by
17 July 2013	For KV			
	For Hitachi	Approve by		

Rev.	Revise Date	Effective Date	Revise description	Page.
01	31-Jul-13	31-Jul-13	- Add pull pin 6 out in drawing.	2
			- Add Copper-Foil 0.05mm. X 10mm. In components list.	2
			- Change from S1 pin 6-7 to S1 pin 7-5	3
			- Change from S2 pin 8-6 to S2 pin 8-7	3
02	27-Sep-13	27-Sep-13	- Change from P1 pin 2-1 to P1 pin 3-4	3
			- Change from B1 pin 3-4 to B1 pin 2-1	3
03	30-Oct-13	30-Oct-13	- Change from B1 pin 2-1 to B1 pin 1-2	3
04	29-Nov-13	29-Nov-13	- Change from B1 pin 1-2 to B1 pin 2-1	3
05	26-Aug-14	26-Aug-14	- Add kapton tape in components list.	2
06	08-Sep-14	08-Sep-14	- Change from Customer part no. ES00147 to Customer part no. ES00147-REV06	1
			- Add Teflon tube in components list.	2
			- Change from marking ES00147 Lot no. to marking ES00147-REV06 Lot no. in drawing.	2
			- Add 2-UEW Copper wire in components list.	2
			- Cancle or equivalent of material all in components list.	2
			- Change from DC-Resistance (DCR) Pin 3 – 4 = 3.00 Ohm Max. to DC-Resistance (DCR) Pin 3 – 4 = 2.25 Ohm ± 15%	3
			- Add DC-Resistance (DCR) Pin 2 – 1 = 0.200 Ohm ± 15%	3
			- Add DC-Resistance (DCR) Pin 7 – 5 = 18.00 mOhm ± 15%	3
			- Add DC-Resistance (DCR) Pin 8 – 7 = 10.20 mOhm ± 15%	3
			- Add Impulse test Apply DC 1200V Pin 3 – 4 Wave from area size 15% Max.	3
			- Add Impulse test Apply DC 1200V Pin 3 – 4 Differential area size 35% Max.	3
			- Add Impulse test Apply DC 1200V Pin 2 – 1 Wave from area size 15% Max.	3
			- Add Impulse test Apply DC 1200V Pin 2 – 1 Differential area size 35% Max.	3
			- Add Impulse test Apply DC 1200V Pin 7 – 5 Wave from area size 15% Max.	3
			- Add Impulse test Apply DC 1200V Pin 7 – 5 Differential area size 35% Max.	3
			- Add Impulse test Apply DC 1200V Pin 8 – 7 Wave from area size 15% Max.	3
			- Add Impulse test Apply DC 1200V Pin 8 – 7 Differential area size 35% Max.	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.
CONFIDENTIAL : May not be reproduced without permission by KV.

KV ELECTRONICS CO., LTD.
988 MOO 2,SOI THETSABAN BANG PU 60
TUMBOL THAI BAN , AMPHUR MUANG
SAMUTPRAKARN 10280
TEL. +66(0) 2701-2969 , FAX +66(0) 2701-2966
E-MAIL : kvea@loxinfo.co.th

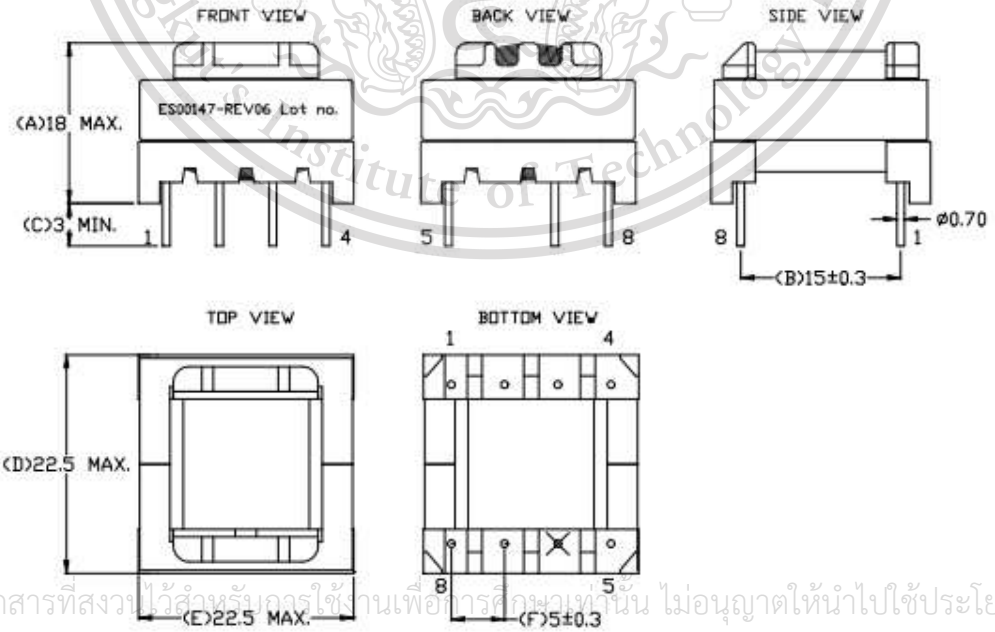
Customer name : Electronic source
Customer part no. : ES00147-REV06
Drawing no. :
Description : Transformer EF-20 (B-2)
KV no. : 13304
Revision : 06

RoHS

1. Components list.

Item.		Material.	Manufacturer.
1.	Bobbin	Phenolic (UL94V-0)	Chang chun plastic co., ltd UL no. E59481(S).
2.	Core EE-20 Core EF-21	DMR40 PC40	DMEGC. Ou Ge.
3.	Copper wire	Polyurethane enameled copper 2-UEW (130 deg.c).	Thai hitachi enamel wire co., ltd. UL no. E137472. Pacific-Thai electric wire & cable co.,ltd. UL no. E142108.
4.	T.I.W. wire	Tripple insulating wire (130 deg.c)	Dah Jin Technology.co.,ltd UL no. E236542.
5.	Insulation tape	Polyester #1350F-1 (130 deg.c) Polyester #35660 (130 deg.c)	3M UL No.E17385. Symbio INC UL no. E50292.
6.	Tube	Teflon (PTFE-2)	Thai scantube co.,ltd UL.no. E151086.
7.	Kapton tape	Polyimide film insulating tape with silicone base adhesive, Cat. No. KA180K	Symbio Inc. UL No.E50292.
8.	Solder bar	Sn / Cu	Ultra core.
9.	Varnish	Ultimeg 2000/380	A.E.V PLC UL no. E220579.

The drawing and dimension in milimeter unit.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

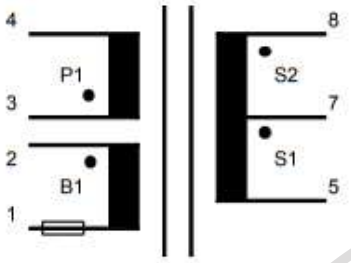
Confidential : May not be reproduced without permission by KV.

KV ELECTRONICS CO., LTD.
988 MOO 2,SOI THETSABAN BANG PU 60
TUMBOL THAI BAN , AMPHUR MUANG
SAMUTPRAKARN 10280
TEL. +66(0) 2701-2969 , FAX +66(0) 2701-2966
E-MAIL : kvea@loxinfo.co.th

Customer name : Electronic source
Customer part no. : ES00147-REV06
Drawing no. :
Description : Transformer EF-20 (B-2)
KV no. : 13304
Revision : 06

RoHS

2. Schematic diagram and winding instruction.



P1 Pin 3-4 = Wire 0.18 mm. / 108 Ts.
Insulation 1 Ts.
B1 Pin 2-1 = Wire 0.18 mm. X2 / 17 Ts.
Insulation 3 Ts.
S1 Pin 7-5 = TEX-E Wire 0.45 mm. X2 / 8 Ts.
Insulation 1 Ts.
S2 Pin 8-7 = TEX-E Wire 0.40 mm. X2 / 3 Ts.
Insulation 2 Ts.

Note : S1,S2 Use kapton tape
Pin 1 Use Teflon tube

3. Electricals specification and test data (at 25 deg.c).

Item	Pin no.	Specification	Test data 1	2	3	4	5					
Inductance (L) At 10KHz, 1V	3 – 4	2.11 mH +/-10%	20.10	2.10	2.04	2.13	2.02					
Leakaged Inductance At 10KHz, 1V (LK) (Shorted 1,2,5,7,8)	3 – 4	63.29 uH Max.	32.20	33.80	23.90	31.80	32.50					
DC-Resistance (DCR)	3 – 4 2 – 1 7 – 5 8 – 7	2.25 Ohm ± 15% 0.200 Ohm ± 15% 18.00 mOhm ± 15% 10.20 mOhm ± 15%	2.24	2.23	2.27	2.26	2.24					
Voltage ratio test. I/P 3-4, 20KHz, 1Vrms	2 – 1 7 – 5 8 – 7	0.152-0.162 Vrms 0.069-0.078 Vrms 0.023-0.032 Vrms	0.158 0.074 0.028	0.157 0.074 0.028	0.158 0.074 0.028	0.157 0.074 0.028	0.157 0.074 0.028					
Impulse test Apply DC 1200V	3 – 4	Wave from area size 15% Max. Differential area size 35% Max.										Passed Passed
Impulse test Apply DC 1200V	2 – 4	Wave from area size 15% Max. Differential area size 35% Max.										Passed Passed
Impulse test Apply DC 1200V	7 – 5	Wave from area size 15% Max. Differential area size 35% Max.										Passed Passed
Impulse test Apply DC 1200V	8 – 7	Wave from area size 15% Max. Differential area size 35% Max.										Passed Passed
Hi-Potential test. 1mA 50Hz	Apply 2000Vac between P1,B1 to S1,S2 for 2 sec. Apply 1500Vac between wire to core for 2 sec.											Passed Passed
Phase check follow to schematic diagram.												Passed

Mechanical test Sample no.	A	B	C	D	E	F
1	15.34	14.92	4	20.70	20.57	4.95
2	15.30	14.90	4	20.70	20.58	4.99
3	15.35	14.92	4	20.70	20.55	4.94
4	15.35	14.95	4	20.65	20.56	4.99
5	15.35	14.90	4	20.65	20.58	4.95

Test date : 9 September 2014
Test by : Apiwat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Confidential : May not be reproduced without permission by KV.