ระบบกล้องตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยอินฟราเรด
(Infrared motion detection camera system)

นลินรัตน์ ทับทิมไสย

Nalinrat Thabthimsai

สิริยากร ศรีวิเศษ

Siriyakorn Sriwiset

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีพุทธศักราช 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.

ระบบกล้องตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยอินฟราเรด
(Infrared motion detection camera system)

จัดทำโดย

นลินรัตน์ ทับทิมไสย

Nalinrat Thabthimsai

สิริยากร ศรีวิเศษ

Siriyakorn Sriwiset

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.วีระ เพ็งจันทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีพุทธศักราช 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.

รายงานวิชา วิชาโครงงาน 2 ปีการศึกษา 2563

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบกล้องตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยอินฟราเรด

(Infrared motion detection camera system)

ผู้จัดทำ นางสาวนลินรัตน์ ทับทิมไสย รหัสประจำตัว 60010516

Miss Nalinrat Thabthimsai Student ID 60010516

นางสาวสิริยากร ศรีวิเศษ รหัสประจำตัว 60011072

Miss Siriyakorn Sriwiset Student ID 60011072

รายงานนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(ผศ.ดร.วีระ เพ็งจันทร์)

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	ระบบกล้องตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยอินฟราเรด
นักศึกษา	นางสาวนลินรัตน์ ทับทิมไสย รหัสประจำตัว 60010516
	นางสาว สิริยากร ศรีวิเศษ รหัสนักศึกษา 60011072
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2563
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร.วีระ เพ็งจันทร์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอแนวทางพัฒนาระบบในการแก้ไขปัญหาทางด้านความปลอดภัยของกล้องวงจรปิด โดยเป็นกล้องดักถ่ายภาพเมื่อมีผู้บุกรุก หรือเป็นกล้องดักถ่ายภาพสัตว์ และการบริหารจัดการข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากกล้องวงจรปิดเก็บไว้ใน หน่วยความจำ SD Card ซึ่งในปัจจุบันกล้องวงจรปิดในตลาดการตรวจจับภาพกล้องวงจรปิดมีความช้า และยังคงความล้าสมัยและใช้งานได้เพียงทั่วๆ ไป ดังนั้นจึงได้เกิดแนวคิดพัฒนาระบบกล้องตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยอินฟราเรด

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	Infrared motion detection camera system			
Student	Miss Nalinrat	Thabthimsai	Student ID	60010516
	Miss Siriyakorn	Sriwiset	Student ID	60011072
Degree	Bachelor of Engineering			
Program	Electronics Engineering			
Year	2020			
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Weera Pengchan			

ABSTRACT

The purpose of this project is a system development approach to solving the security problems of CCTV cameras. It is a camera trap to take pictures when there are intruders. Or is it a camera trap to take pictures of animals and management of CCTV images stored in the memory SD Card, which is currently in the surveillance camera image detection market is slow. And still obsolete and use just common, so the idea of developing an infrared motion camera system was created.

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

ในการจัดทำโครงงานเรื่องระบบกล้องตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยอินฟราเรดนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.วีระ เพ็งจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานเล่มนี้ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะ แนวคิว ตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด ผู้จัดทำจึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบคุณครอบครัวของผู้จัดทำที่คอยให้กำลังใจ จนผู้จัดทำสามารถทำโครงงานในครั้งนี้ได้สำเร็จลุล่วง

นลินรัตน์ ทับทิมไสย

สิริยากร ศรีวิเศษ

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

บทคัดย่อ ก

กิตติกรรมกาศ ข

สารบัญ ค

สารบัญตาราง ฉ

สารบัญรูป ช

บทที่1 1

บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1

1.4 ประโยชน์จากโครงงาน 1

1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ 2

บทที่2 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 Esp32-CAM OV2640 3

2.1.1 Sensor ที่อยู่ในตัว Esp32-CAM 4

2.1.2 ขาใช้งานต่าง ๆ ของ ESP32 รองรับการเชื่อมต่อบัสต่าง ๆ 4

2.1.3 ฟังก์ชั่นเกี่ยวกับความปลอดภัยต่าง ๆ ของ Esp32-CAM 5

2.1.4 การใช้งาน Esp32-CAM กับ OVA2640 5

2.2 PIR Motion Sensor 6

2.2.1 การทำงานของ PIR Sensor 7

2.3 FT232RL FTDI USB 8

2.4 Transistor NPN 2N3904 9

2.4.1 สารที่ใช้ทำทรานซิสเตอร์ 10

2.4.2 ทรานซิสเตอร์สามารถแบ่งตามโครงสร้างได้ 2 ประเภท 10

2.4.3 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN 11

2.4.4 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP 12

2.4.5 ทรานซิสเตอร์ 2N3904 12

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.

2.5 ตัวต้านทาน 13
2.5.1 หน่วยของความต้านทาน (Resistance) 14
2.5.2 ชนิดของตัวความต้านทาน 14
เทคโนโลยีที่ใช้ในการทำโครงงาน
2.6 โปรแกรม ARDUINO IDE 15
2.7 โปรแกรม Fritzing 16
2.7.1 จุดเด่นของโปรแกรม 17
บทที่3 18
วิธีการดำเนินงาน 18
3.1 การทดลองใช้งาน ESP-32 Camera Video Streaming 18
3.1.1 การโปรแกรมเปิดการใช้งาน ESP32-CAM 19
3.2 การใช้งาน ESP32-Camera เป็นกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหว 20
3.2.1 หลักการทำงานของโปรเจค 21
3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ 22
3.2.3 ขั้นตอนการโปรแกรม ESP32-Cam 22
3.3 การออกแบบ 25
3.3.1 การออกแบบ Arduino ในโปรแกรม Fritzing 25
3.3.2 การออกแบบ Schematic ของวงจรกล้องวงจรปิด 25
3.3.3 การต่อวงจร 26
3.4 การโปรแกรมกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหว 27
3.4.1 การโปรแกรมในโหมดออนไลน์ 27
3.4.2 การโปรแกรมในโหมดออฟไลน์ 34
บทที่4 38
ผลการดำเนินงาน 38
4.1 การใช้งานเป็น Video Streaming Online 38
4.2 การใช้งานเป็นกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหว 40
4.2.1 ผลการทดลองการวัดค่าแรงดัน Esp32-Cam 40
4.2.2 ผลการทดลองการวัดค่าแรงดัน PIR Sensor AM312 41
4.3 การใช้งานของกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด 41

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.

บทที่5 44
การสรุปผลการพัฒนาโครงงาน ปัญหา และข้อเสนอแนะ 44
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 44
5.2 ปัญหาที่พบ 44
5.2.1 ปัญหาทางด้านโปรแกรม 44
5.2.2 ปัญหาด้านแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง 44
5.2.3 ปัญหาด้านการใช้เซนเซอร์ 45
5.3 วิธีแก้ปัญหา 45
5.3.1 ปัญหาทางด้านโปรแกรม 45
5.3.2 ปัญหาด้านแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง 45
5.3.3 ปัญหาด้านการใช้เซนเซอร์ 45
5.4 ข้อเสนอแนะ 45
เอกสารอ้างอิง 46
ภาคผนวก 47

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.

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 2.1 องค์ประกอบภายในของ Esp32-CAM **3**
รูปที่ 2.2 Esp32-CAM กับ โมดูลกล้อง OVA2460 **5**
รูปที่ 2.3 AM312 PIR Motion Sensor PIR Motion Sensor **6**
รูปที่ 2.4 การทำงานของ PIR Sensor **7**
รูปที่ 2.5 การทำงานของ FT232RL FTDI USB **8**
รูปที่ 2.6 FT232R Block Diagram **9**
รูปที่ 2.7 การทำงานของ Transistor NPN 2N3904 **9**
รูปที่ 2.8 การแบ่งประเภทTransistor **11**
รูปที่ 2.9 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN **11**
รูปที่ 2.10 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP **12**
รูปที่ 2.11 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN 2N3904 **12**
รูปที่ 2.12 ตัวต้านทาน **13**
รูปที่ 2.13 โปรแกรม Arduino IDE **15**
รูปที่ 2.14 โปรแกรม Fritzing **16**
รูปที่ 3.1 การใช้กล้อง ESP-32 CAM เป็นกล้องวงจรปิด **18**
รูปที่ 3.2 การเชื่อมต่อระหว่าง ESP32-CAM กับ FTDI **19**
รูปที่ 3.3 ESP32-CAM Video Streaming **20**
รูปที่ 3.4 การใช้งานกล้อง ESP32-CAM เป็นกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหว **20**
รูปที่ 3.5 แสดงลำดับการทำงานของ ESP32-CAM **21**
รูปที่ 3.6 การ Format SD Card **22**

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 3.7 การเชื่อมต่อ ESP32-CAM กับ FTDI **23**
รูปที่ 3.8 การโปรแกรม ESP32-CAM กับ FTDI **23**
รูปที่ 3.9 การต่อวงจร **24**
รูปที่ 3.10 แสดงค่าแรงดันที่จ่ายให้กับวงจร **24**
รูปที่ 3.11 ออกแบบวงจรใช้โปรแกรม Fritzing **25**
รูปที่ 3.12 แสดง Schematic **25**
รูปที่ 3.13 การต่อวงจรทดสอบ **26**
รูปที่ 4.1 ผลการโปรแกรม Video Streaming **38**
รูปที่ 4.2 แสดงผลภาพกล้อง ESP32-CAM Video Streaming Online 1 **39**
รูปที่ 4.3 แสดงผลภาพกล้อง ESP32-CAM Video Streaming Online 2 **39**
รูปที่ 4.4 แสดงการทำงานของเลเซอร์เมื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวในระยะใกล้สุด **42**
รูปที่ 4.5 แสดงการทำงานของเลเซอร์เมื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวในระยะ 5 เมตร **42**
รูปที่ 4.6 แสดงรูปภาพที่ได้จาก SD card 43

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

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์มีนโยบายให้นักศึกษาคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ซึ่งทางผู้จัดทำได้คิดค้นทำ กล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยคลื่นรังสีอินฟราเรด ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ในทางปฏิบัติ และเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยในเรื่องความปลอดภัยสำหรับผู้อยู่อาศัย

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ในการทำโครงงานครั้งนี้จัดทำขึ้นเพื่อ

1.1.1 ได้ประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์

1.1.2 ออกแบบและสร้างวงจรกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรดเพื่อรักษาความปลอดภัยในที่อยู่อาศัย

1.1.3 ศึกษาการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อวงจร Arduino

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ออกแบบและสร้างกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรดและเก็บรูปใน SD Card เพื่อรักษาความปลอดภัยภายในที่อยู่อาศัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถใช้กล้องวงจรปิดเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อรักษาความปลอดภัยภายในบ้าน

1.4.2 ได้พัฒนาความรู้ทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์

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.

1.5 อุปกรณ์ที่ใช้

Laptop

1.5.1 Asus

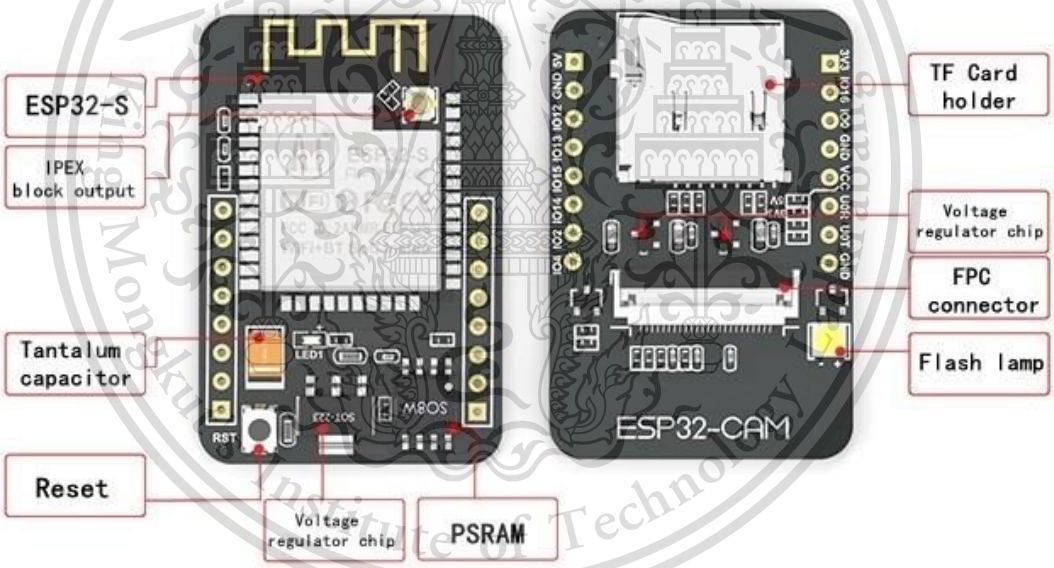
- Processor: AMD RYZEN 7
- Memory: 8 GB
- HDD: 8GB DDR4
- OS: Windows 10

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
หลักการและทฤษฎี

เนื่องจากโครงงานนี้เป็นการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการสร้างวงจรกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้มีหลักการและทฤษฎีดังนี้

2.1 Esp32-CAM OV2640



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบภายในของ Esp32-CAM

ESP32 เป็นชื่อของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi และ Bluetooth 4.2 BLE ในตัว ผลิตโดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน บอร์ดพัฒนาสำเร็จรูป ESP32-CAM เป็นบอร์ดพัฒนาที่ใช้ ESP32 ราคาประหยัดพร้อมกล้องออนบอร์ดขนาดเล็กในขนาด เป็นโซลูชันที่เหมาะสำหรับการใช้งาน IoT การสร้างต้นแบบและโครงการ DIYบอร์ดนี้รวม WiFi บลูทูธ แบบดั้งเดิมและ BLE พลังงานต่ำพร้อมด้วยซีพียู LX6 32 บิตประสิทธิภาพสูง 2 ตัว ใช้สถาปัตยกรรมท่อ 7 ขั้นตอนเซ็นเซอร์บนชิปเซ็นเซอร์ฮอลล์เซ็นเซอร์อุณหภูมิและอื่น ๆ และช่วงการปรับความถี่หลักจาก 80MHz ถึง 240MHz

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.

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

2.1.1 Sensor ที่อยู่ในตัว Esp32-CAM มีดังนี้

- เซ็นเซอร์แม่เหล็ก
- เซ็นเซอร์สัมผัส (Capacitive touch) รองรับ 10 ช่อง
- รองรับการเชื่อมต่อคลิสตอล 32.768kHz สำหรับใช้กับส่วนวงจรนับเวลาโดยเฉพาะ

2.1.2 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

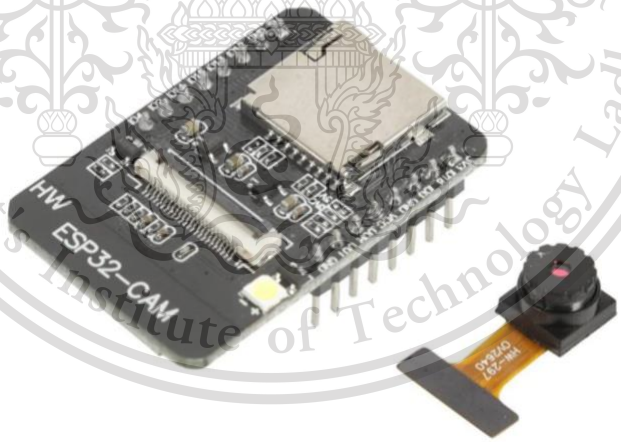
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

2.1.3 ฟังก์ชั่นเกี่ยวกับความปลอดภัยต่าง ๆ ของ Esp32-CAM ดังนี้

- รองรับการเข้ารหัส WiFi แบบ WEP และ WPA/WPA2 PSK/Enterprise
- มีวงจรเข้ารหัส AES / SHA2 / Elliptical Curve Cryptography / RSA-4096 ในตัว

ในด้านประสิทธิ์ภาพการใช้งาน ตัว ESP32 สามารถทำงานได้ดี โดยรับ – ส่ง ข้อมูลได้ความเร็วสูงสุดที่ 150Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT40 ได้ความเร็วสูงสุด 72Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT20 ได้ความเร็วสูงสุดที่ 54Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11g และได้ความเร็วสูงสุดที่ 11Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11bเมื่อใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล UDP จะสามารถรับ – ส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 135Mbpsในโหมด Sleep ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 2.5uA

2.1.4 การใช้งาน Esp32-CAM กับ OVA2640



รูปที่ 2.2 Esp32-CAM กับ โมดูลกล้อง OVA2460

เนื่องจาก Camera OV2640 คือ โมดูลกล้อง CMOS Camera ซึ่งสามารถถ่ายภาพได้สูงสุด 2 Megapixel ใช้การเชื่อมต่อแบบ Serial Camera Control BUS (SCCB) ใช้ ESP32 ร่วมกับกล้อง OV2640 เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสร้าง Application ที่เกี่ยวกับการถ่ายภาพ และ ประมวลผลภาพได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

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.

2.2 PIR Motion Sensor

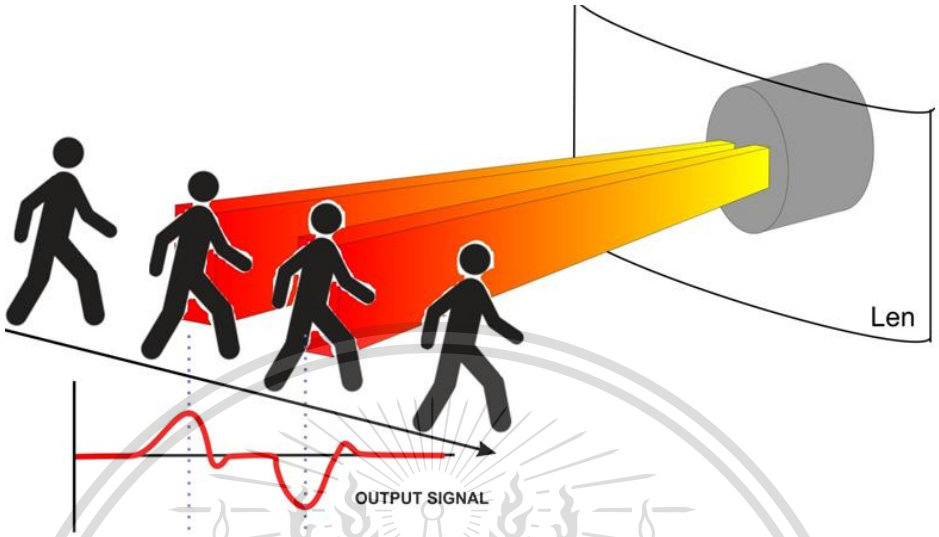
รูปที่ 2.3 AM312 PIR Motion Sensor

PIR (Passive infrared) คือ อุปกรณ์ตรวจจับคลื่นรังสี Infrared จากวัตถุ ผ่านอุปกรณ์รวมแสงมายังตัว Pyro Electric ซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานความร้อน จากรังสี Infrared เป็นพลังงานไฟฟ้า แม้จะมีประมาณ Infrared แค่เพียงเล็กน้อย จึงทำให้ PIR สามารถตรวจจับ คลื่นรังสี Infrared และ อุณหภูมิได้ และเมื่อ Pyroelectric sensor ได้เข้ามาอยู่ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆในปัจจุบันแล้ว ก็เลยกลายสภาพเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับความเคลื่อนไหวหรือ PIR Sensor เป็นหลัก เพราะมีความสามารถในการตรวจจับความร้อนของมนุษย์เหมือนกับการตรวจจับว่ามีสิ่งมีชีวิตอยู่ที่นั่นหรือไม่ และส่งสัญญาณเพื่อส่งคำสั่งต่างๆได้ เช่น การใช้กับสวิตช์เปิดปิดไฟ เมื่อมีผู้คนเดินผ่าน PIR Sensor ก็จะสั่งงานให้เปิดไฟโดยอัตโนมัติ หรือ การใช้งานคู่กับระบบความปลอดภัยบ้าน ในการตรวจจับเมื่อมีผู้เคลื่อนไหวผ่านในจุดที่ไม่ต้องการ เพื่อทำการแจ้งเตือนให้เจ้าของบ้านทราบอย่างทันท่วงทีถึงการบุกรุก

และด้วยการตรวจจับถึงคลื่นความร้อนในร่างกายนี่เอง ทำให้การตรวจจับนั้นไม่ได้ครอบคลุมถึงแค่มนุษย์เท่านั้น แต่ยังครอบคลุมถึงการตรวจจับสัตว์ด้วย เพราะก็เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีคลื่นความร้อนในร่างกายเช่นกัน แต่ความไวต่อการตรวจจับก็จะขึ้นอยู่กับขนาดของสิ่งมีชีวิตนั้นด้วย เช่น หากมีคน สุนัข แมว และนก ผ่านเซ็นเซอร์ในระยะที่ค่อนข้างห่างจากเซ็นเซอร์ มีความเป็นไปได้ที่อาจจะไม่มีการตรวจจับสัตว์ขนาดเล็กอย่าง แมวหรือนก แต่หากมีการผ่านในระยะที่ใกล้กับเซ็นเซอร์ แม้แต่สัตว์ขนาดเล็กมากอย่างนกก็สามารถตรวจจับได้ แต่ด้วยเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น ก็มีการคิดค้นเซ็นเซอร์แบบที่สามารถคัดแยกปริมาณมวลของความร้อนจากน้ำหนักของสัตว์ออกมา เพื่อการใช้งานที่ค่อนข้างเฉพาะได้อีกด้วย เช่น เซ็นเซอร์ประตูทางเข้าที่จะไม่ตรวจจับสัตว์ หรือเซ็นเซอร์เพื่อความปลอดภัยบ้านที่รองรับบ้านที่อาจจะมีสัตว์เลี้ยงแสนรักแต่เซ็นเซอร์เหล่านี้ก็จะไม่ตรวจจับสัตว์เหล่านั้น

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.

2.2.1 การทำงานของ PIR Sensor



รูปที่ 2.4 การทำงานของ PIR Sensor

Pyroelectric sensor เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับที่ไวต่อการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างมาก โดยเซ็นเซอร์จะมีเลนส์และเซ็นเซอร์ที่คอยตรวจจับอยู่ภายใน และเมื่อมีสิ่งมีชีวิตที่มีความร้อนอาทิ คน หรือสัตว์ ซึ่งมีคลื่นอินฟราเรดหรือคลื่นความร้อนอยู่ในร่างกายเป็นปกติอยู่แล้วมาผ่านหน้าเซ็นเซอร์ เซ็นเซอร์ก็จะอ่านการเปลี่ยนแปลงว่าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงจากสภาพแวดล้อมรอบข้างอย่างรวดเร็ว โดยเซ็นเซอร์แปลงสัญญาณเหล่านี้เป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อส่งคำสั่ง ภายใน PIR จะมีอุปกรณ์ตรวจจับรังสี Infrared อยู่ 2 ชุดด้วยกันดังรูป เมื่อมี คน หรือ สัตว์ ที่มีความอบอุ่นในร่างกายเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาใน พื้นที่โซนที่ PIR สามารถตรวจจับคลื่นรังสี Infrared ที่แพร่ออกมาจากสิ่งมีชีวิตได้ PIR จะเปลี่ยนคลื่นรังสี Infrared ให้กลายเป็น กระแสไฟฟ้าดังรูป จะเห็นว่าเมื่อมีสิ่งมีชีวิต เคลื่อนที่ผ่าน อุปกรณ์ตรวจจับรังสี Infrared ตัวที่ 1 จะได้สัญญาณ Output ออกมาสูงกว่าแรงดันปรกติ และ เมื่อสิ่งมีชีวิตเคลื่อนที่ผ่าน อุปกรณ์ตรวจจับรังสี Infrared ตัวที่ 2 จะได้แรงดัน Output ต่ำกว่าค่าแรงดันปรกติ

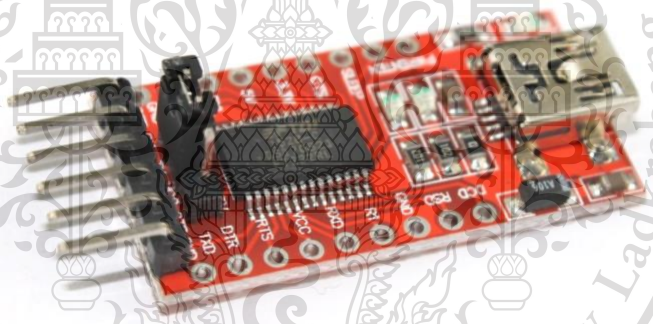
เมื่อ Pyroelectric sensor ได้เข้ามาอยู่ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆในปัจจุบันแล้ว ก็เลยกลายสภาพเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับความเคลื่อนไหวหรือ PIR Sensor เป็นหลัก เพราะมีความสามารถในการตรวจจับความร้อนของมนุษย์เหมือนกับการตรวจจับว่ามีสิ่งมีชีวิตอยู่ที่นั่นหรือไม่ และส่งสัญญาณเพื่อส่งคำสั่งต่างๆได้ เช่น การใช้กับสวิตช์เปิดปิดไฟ เมื่อมีผู้คนเดินผ่าน PIR Sensor ก็จะสั่งงานให้เปิดไฟโดยอัตโนมัติ หรือ การใช้งานคู่กับระบบความปลอดภัยบ้าน ในการตรวจจับเมื่อมีผู้เคลื่อนไหวผ่านในจุดที่ไม่ต้องการ เพื่อทำการแจ้งเตือนให้เจ้าของบ้านทราบอย่างทันท่วงทีถึงการบุกรุกและด้วยการตรวจจับถึง

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.

คลื่นความร้อนในร่างกายนี่เอง ทำให้การตรวจจับนั้นไม่ได้ครอบคลุมถึงแค่มนุษย์เท่านั้น

แต่ยังครอบคลุมถึงการตรวจจับสัตว์ด้วย เพราะก็เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีคลื่นความร้อนในร่างกายเช่นกัน แต่ความไวต่อการตรวจจับก็จะขึ้นอยู่กับขนาดของสิ่งมีชีวิตนั้นด้วย เช่น หากมีคน สุนัข แมว และนก ผ่านเซ็นเซอร์ในระยะที่ค่อนข้างห่างจากเซ็นเซอร์ มีความเป็นไปได้ที่อาจจะไม่มีการตรวจจับสัตว์ขนาดเล็กอย่าง แมวหรือนก แต่หากมีการผ่านในระยะที่ใกล้กับเซ็นเซอร์ แม้แต่สัตว์ขนาดเล็กมากอย่างนกก็สามารถตรวจจับได้ แต่ด้วยเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น ก็มีการคิดค้นเซ็นเซอร์แบบที่สามารถคัดแยกปริมาณมวลของความร้อนจากน้ำหนักของสัตว์ออกมา เพื่อการใช้งานที่ค่อนข้างเฉพาะได้อีกด้วย เช่น เซ็นเซอร์ประตูทางเข้าที่จะไม่ตรวจจับสัตว์ หรือเซ็นเซอร์เพื่อความปลอดภัยบ้านที่รองรับบ้านที่อาจจะมีสัตว์เลี้ยงแสนรักแต่เซ็นเซอร์เหล่านี้ก็จะไม่ตรวจจับสัตว์เหล่านั้น

2.3 FT232RL FTDI USB

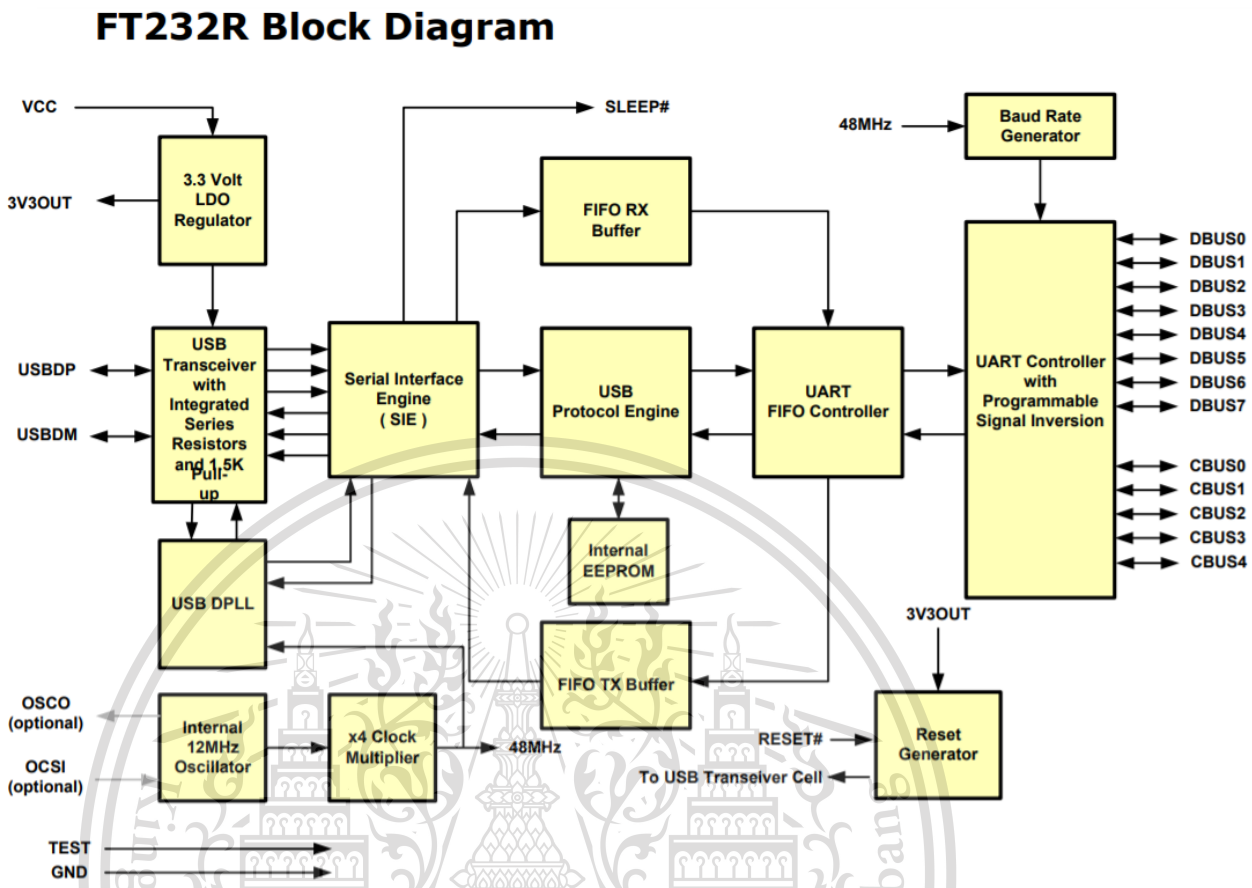


รูปที่ 2.5 การทำงานของ FT232RL FTDI USB

FT232RL เป็นไอซีที่ได้รับความนิยมและนำมาใช้เป็นตัวแปลง USB-to-Serial เช่น ใช้กับอร์ด Arduino ในการอัปโหลด Arduino Sketch หรือใช้สื่อสารข้อมูลแบบ Serial/USB หรือเชื่อมต่อกับบัส RS485 (ถ้าใช้ร่วมกับไอซี RS485 Transceiver) เป็นต้น

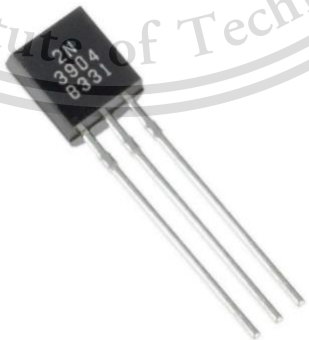
จุดเด่นของไอซีประเภทนี้คือ นอกเหนือจากการใช้งานเป็นอุปกรณ์ USB-to-Serial แล้ว ยังสามารถเขียนโปรแกรมได้เพื่อใช้งานเป็นขา GPIO Port (8-bit) แต่ FT232RL มีข้อจำกัด กล่าวคือ ไม่สามารถใช้ MPSSE (Multi-Protocol Synchronous Serial Engine) เพื่อทำให้เป็น SPI Master หรือ I2C Master แต่ถ้าเป็นรุ่น FT232H หรือ FT2232H จะรองรับรูปแบบการใช้งาน MPS

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 2.6 FT232R Block Diagram

2.4 Transistor NPN 2N3904



รูปที่ 2.7 การทำงานของ Transistor NPN 2N3904

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.

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่พัฒนาจากไดโอด ซึ่งคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์นั้น หมายถึง สามารถนำไปใช้งานในด้านขยายสัญญาณ ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นนั่นเอง โดยการป้อนสัญญาณที่มีขนาดเล็กให้ทรานซิสเตอร์ทรานซิสเตอร์ก็จะนำกระแสได้มากที่สามารถทำให้เกิดสัญญาณขนาดใหญ่ทางขาออกได้สบายๆและทรานซิสเตอร์ยังเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าเปิด/ปิดสัญญาณไฟฟ้าคงค่า แรงดันไฟฟ้า หรือกล้ำสัญญาณไฟฟ้า (**modulate**) เป็นต้น การทำงานของทราสซิสเตอร์เปรียบได้กับวาลว์ที่ถูกควบคุมด้วยสัญญาณไฟฟ้าขาเข้า เพื่อปรับขนาดกระแสไฟฟ้าขาออกที่มาจากแหล่งจ่ายแรงดัน

2.4.1สารที่ใช้ทำทรานซิสเตอร์

สารบางชนิดนำไฟฟ้าได้ดี เช่น ทองแดง เหล็ก สังกะสี สารบางชนิดไม่นำไฟฟ้า แต่เป็นฉนวนไฟฟ้า เช่นแก้ว ยาง พลาสติกสารที่มีคุณสมบัติ ไฟฟ้าอยู่ระหว่างตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้าเรียกว่า สารกึ่งตัวนำ และ เราสามารถควบคุมการนำไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำได้ เราจึงนำเอาสารกึ่งตัวนำมาประดิษฐ์สร้างเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ได้มากมาย เช่น ไดโอด ทรานซิสเตอร์และวงจรไอซี สารกึ่งตัวนำที่ใช้ประโยชน์มากที่สุด ได้แก่ ซิลิคอน ซึ่ง เป็นธาตุที่ถลุงได้จากทราย และเป็นธาตุที่มีมากที่สุดในโลกชนิดหนึ่ง

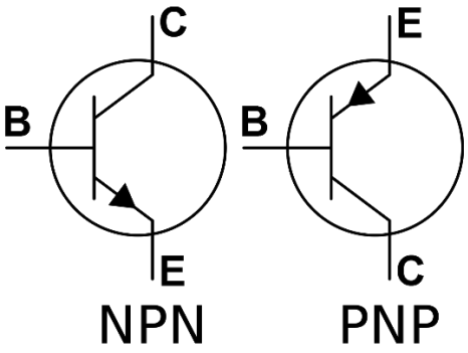
รูปร่างของทรานซิสเตอร์มีหลายรูปแบบ เรามักจะเรียกว่าตัวถัง ซึ่งแต่ละแบบก็มีชื่อเรียกต่างกันออกไป และถ้าทรานซิสเตอร์มีขนาดใหญ่แสดงว่าทรานซิสเตอร์นั้นสามารถนำกระแส หรือมีกำลังมากนั้นเอง โครงสร้างภายในของทรานซิสเตอร์นั้นจะประกอบด้วย

สารกึ่งตัวนำ **P** และ **N** มาต่อกัน 3 ตัว และมีรอยต่อ 2 รอยต่อมีขา 3 ขา ยื้นมาจากสารกึ่งตัวนำนั้นๆ โดยจะแบ่งชนิดทรานซิสเตอร์ตา โครงสร้างพื้นฐานในการทำงานของทรานซิสเตอร์คือ ทรานซิสเตอร์จะทำงานได้ ต่อเมื่อมีกระแสไหลเข้ามาที่ขา **B** เท่านั้น หากไม่มีกระแสไหลเข้ามา ทรานซิสเตอร์จะไม่ทำงาน

2.4.2 ทรานซิสเตอร์สามารถแบ่งตามโครงสร้างได้ 2 ประเภทคือ

1. ทรานซิสเตอร์ชนิด **NPN**
2. ทรานซิสเตอร์ชนิด **PNP**

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.



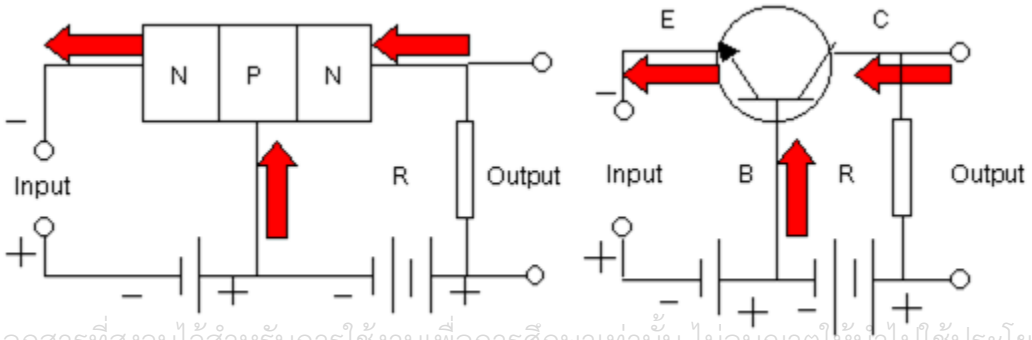
รูปที่ 2.8 การแบ่งประเภทTransistor

โครงสร้างแบบ **NPN** สังเกตว่าสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์หัวลูกศรจะพุ่งออก
โครงสร้างแบบ **PNP** สังเกตว่าสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์หัวลูกศรจะพุ่งเข้า

ทรานซิสเตอร์มีขาต่อใช้งานทั้งหมดสามขา คือ ขาคอลเล็กเตอร์(C), ขาอิมิตเตอร์(E), ขาเบส(B) และการนำไปใช้งานเราต้องจัดไฟให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน เรียกว่าการไบแอส(Bias)

2.4.3 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

การป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN คือ การจ่ายไฟลบให้ขา E เมื่อเทียบกับ ที่จ่ายให้ขา B และจ่ายไฟบวกให้ขา C เมื่อเทียบกับไฟลบที่จ่ายให้ขา B มีทั้งไฟบวกและไฟลบ แต่การเทียบศักย์ Forward นั้นจะเทียบระหว่างขา B กับขา E เท่านั้น ทำให้ขา B ซึ่งเป็นสาร P ได้รับแรงไฟ Forward คือเป็นไฟบวกเมื่อเทียบกับขา E เท่านั้นแสดงดังรูป

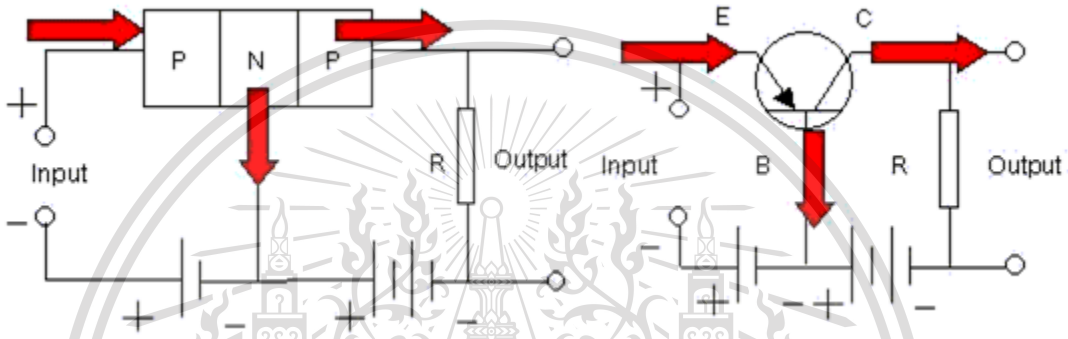


รูปที่ 2.9 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

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.

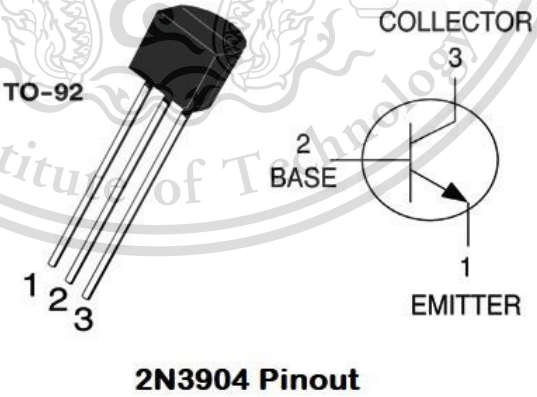
2.4.4 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

การป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับทรานซิสเตอร์ชนิด PNP โดยการจ่ายไฟบวกให้ขา E เมื่อเทียบ กับไฟลบที่จ่ายให้ขา B และจ่ายไฟลบเข้าขา C เมื่อเทียบกับไฟบวกที่จ่ายให้ขา B ทำให้ขา B มีทั้ง ไฟลบและไฟบวก ทำให้ขา B ซึ่งเป็นสาร N ได้รับ Forward Bias คือเป็นลบเมื่อเทียบกับขา E เท่านั้น แสดงดังรูป



รูปที่ 2.10 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

2.4.5 ทรานซิสเตอร์ 2N3904



รูปที่ 2.11 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN 2N3904

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.

ทรานซิสเตอร์ 2N3904 เป็นทรานซิสเตอร์แบบไบโพลาร์ลบ - ลบ - ลบ (NPN) ซึ่งหมายความว่ามันมักจะใช้กับวงจรภาคพื้นดินเชิงลบมันอาจจะใช้สำหรับสัญญาณเสียงเช่นเดียวกับการใช้งานการเปลี่ยนความเร็วปานกลาง ทรานซิสเตอร์ขนาดเล็กนี้เป็นทรานซิสเตอร์คู่ของ 2N3906 ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์แบบบวกลบลบ (PNP) โดยการฉีดกระแสไฟฟ้าพื้นฐานขนาดเล็กไปยังทรานซิสเตอร์ 2N3904 จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ทรานซิสเตอร์นี้มีสามขั้วที่เรียกว่าตัวปล่อยฐานและตัวสะสม ตัวส่งและตัวสะสมเป็นขั้วหลักของทรานซิสเตอร์ 2N3904 ขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าวงจรโหลดหรือโหลดที่เทียบเท่าอาจเชื่อมต่อกับตัวปล่อยหรือตัวสะสม

หนึ่งในพารามิเตอร์ต่างๆของทรานซิสเตอร์ 2N3904 เป็นที่รู้จักกันในชื่อเบต้าหรืออัตราขยายปัจจุบันซึ่งเป็นอัตราส่วนของตัวสะสมกระแสไฟฟ้าต่อกระแสไฟฟ้าพื้นฐาน สำหรับการได้รับกระแส 100 การเปลี่ยนแปลง 0.001 แอมป์ (A) ในฐานปัจจุบันส่งผลให้การเปลี่ยนแปลง 0.1 A บนตัวสะสม นี่แสดงให้เห็นว่าทรานซิสเตอร์ 2N3904 สามารถกลายเป็นเครื่องขยายเสียงได้อย่างไร การเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในกระแสฐานนำไปสู่การเปลี่ยนแปลง ร้อยครั้งในการสะสมปัจจุบันซึ่งสามารถแปลเป็นแรงดันไฟฟ้าหรือการเปลี่ยนแปลงพลังงาน ด้วยการออกแบบขั้นตอนของทรานซิสเตอร์ในแบบเรียงซ้อนจึงเป็นไปได้ในการสร้างแอมป์สวิตช์และออสซิลเลเตอร์สำหรับการใช้งานที่หลากหลาย

2.5 ตัวต้านทาน

รูปที่ 2.12 ตัวต้านทาน

ตัวต้านทานไฟฟ้า (**Resistor)** เป็นอุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นมามีค่าเฉพาะค่าค่าหนึ่งที่ใช้ในการต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีใช้มากที่สุดใน วงจรอิเล็กทรอนิกส์มักเรียกสั้นๆ ว่า อาร์ “**R**” มีคุณสมบัติในการลดกระแสและแรงดันไฟฟ้า โดยสามารถนำไปใช้ได้ทั้ง แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง และแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสัญลักษณ์ของความต้านทาน

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.

2.5.1 หน่วยของความต้านทาน (Resistance)

ค่าความต้านทานของตัวต้านทาน ถูกกำหนดให้มีหน่วยเรียกเป็น โอห์ม (OHM) เขียนแทนด้วยเครื่องหมายอักษรกรีกโบราณ คือ Ω (โอ เมก้า หรือ โอห์ม) ซึ่งได้จากค่ามาตรฐาน โดยการเอาแรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ ต่อกับความต้านทาน 1 โอห์ม และทำให้มีกระแสไหลในวงจร 1 แอมแปร์ ประกอบด้วย หน่วยค่าความต้านทานต่าง ๆ ดังนี้

1000 Ω(โอห์ม) เท่ากับ 1 KΩ (กิโลโอห์ม)

1000 KΩ (กิโลโอห์ม) เท่ากับ 1 MΩ (เมกกะโอห์ม)

ตัวต้านทาน บอกค่าความสามารถในการทนกำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt)

2.5.2 ชนิดของตัวความต้านทาน

เมื่อพิจารณาถึงตัวความต้านทานให้ดีแล้ว เราพอที่จะแบ่งตัวความต้านทานออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1.1 แบ่งตามชนิดของวัสดุที่ใช้ทำตัวความต้านทาน

1.2 แบ่งตามชนิดการใช้งานของตัวความต้านทาน

1.1แบ่งตามชนิดของวัสดุที่ใช้ทำตัวความต้านทาน

ตัวความต้านทานที่แบ่งตามวัสดุที่ให้ทำนั้น มีอยู่ 2 ชนิด คือ วัสดุประเภทโลหะ (Metallic) และวัสดุประเภทอโลหะ (No Metallic) วัสดุ ประเภทโลหะ ที่ใช้ทำตัวความต้านทานนี้ส่วนมากจะใช้เส้นลวดเล็ก ๆ หรือแถบลวด (Ribbon) พันบนฉนวนที่เป็นแกนของตัวความต้านทาน และที่ปลายทั้งสองข้างของขดลวดจะต่อขาออกมาใช้งาน แล้วเคลือบด้วยฉนวนอีกทีหนึ่ง อุปกรณ์ ตัวความต้านทาน ที่ใช้เส้นลวดพันให้เกิดค่าความต้านทานนี้ส่วนมากจะเป็นพวกไวร์วาวด์รีซี สเตอร์ (Wire Wound Resistors) ตัวความต้านทานแบบนี้จะมีค่าความต้านทานที่แน่นอนและค่าความคลาดเคลื่อน น้อย ที่สุด แต่จะเป็นตัวความต้านทานที่มีขนาดใหญ่ และอัตราทนกำลังไฟฟ้า (วัตต์) ได้สูง

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.

วัสดุประเภทอโลหะ ที่ใช้ทำตัวความต้านทานนี้ ได้แก่ ผงคาร์บอน (Carbon) หรือ ผงการไฟต์ (Graphite) ที่อัดตัวกันแน่นเป็นแท่ง และใช้ฉนวนหุ้มเพื่อป้องกันความชื้น แล้วต่อขาออกมาใช้งานจากคุณสมบัติเฉพาะตัวของผลคาร์บอน และกราไฟต์ที่มีค่าความต้านทานสูงมาก ๆ นี้จึงสามารถนำมาใช้ทำเป็นตัวความต้านทานที่มีค่าสูง ๆ ได้ แต่จะมีขนาดเล็กลงตัวความต้านทานประเภทนี้ จะมีค่าความคลาดเคลื่อนของความต้านทานมาก และอัตราทนกำลังไฟฟ้าได้ไม่สูงมากนัก

1.2 แบ่งตามชนิด การใช้งานของตัวความต้านทาน

ตัวความต้านทานในการใช้งานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ พอที่จะแบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ ดังรายละเอียดที่จะกล่าวถึงต่อไป โดยไม่ถือว่าตัวความต้านทานนั้น จะทำมาจากวัสดุประเภท โลหะ หรืออโลหะ

เทคโนโลยีที่ใช้ในการทำโครงงาน

2.6 โปรแกรม ARDUINO IDE

รูปที่ 2.13 โปรแกรม Arduino IDE

Arduino®Integrated Development Environment (IDE) หรือที่เรียกว่าArduino®Environment Environment เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาเพื่อให้ง่ายต่อการเขียนซอฟต์แวร์สำหรับแพลตฟอร์มโอเพ่นซอร์สนี้ แพลตฟอร์มArduino®เป็นแพลตฟอร์มอิเล็กทรอนิกส์ยอดนิยมที่ออกแบบมาเพื่อลดความซับซ้อนของกระบวนการออกแบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การใช้งานทั่วไป ได้แก่ หุ่นยนต์เทคโนโลยีการปรับปรุงบ้านคอมพิวเตอร์ที่สวมใส่ได้และแอปพลิเคชันอิเล็กทรอนิกส์ที่แปลกใหม่ สิ่งประดิษฐ์Arduino® ส่วนใหญ่ได้รับการพัฒนาโดยใช้Arduino® IDE

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.

IDE มักใช้โดยโปรแกรมเมอร์เพื่อเร่งกระบวนการเขียนโปรแกรม คุณสมบัติทั่วไปของ IDE รวมถึงการกำหนดหมายเลขบรรทัดอัตโนมัติการเน้นไวยากรณ์และการรวบรวมแบบรวม แม้ว่าจะเป็นไปได้ในทางเทคนิคที่จะเขียนซอฟต์แวร์โดยใช้โปรแกรมแก้ไขข้อความอย่างง่าย แต่กระบวนการนั้นง่ายกว่ามากเมื่อเขียนโค้ดใน IDE ภาษาการเขียนโปรแกรมจำนวนมากมี IDEs ของตนเองและมีการพัฒนา IDE สำหรับวัตถุประสงค์ทั่วไปหลายอย่าง IDE วัตถุประสงค์ทั่วไปเหล่านี้สามารถใช้กับภาษาการเขียนโปรแกรมที่รองรับได้หลากหลาย

Arduino® IDE มีสภาพแวดล้อมที่อนุญาตให้โปรแกรมเมอร์ใช้โปรแกรมเดี่ยวตั้งแต่ต้นจนจบ มันสามารถติดตามไฟล์หลาย ๆ ไฟล์ในโครงการซึ่งช่วยให้โปรแกรมเมอร์เขียนโปรแกรมที่ซับซ้อนมากขึ้นหรือโมดูลาร์เพื่อจัดการโครงการของพวกเขา IDE ยังรวบรวมรหัสตัวเองทำการดีบักพื้นฐานและส่งรหัสโดยตรงไปยังบอร์ดArduino®ซึ่งจะใช้ bootloader Arduino®เพื่อเขียนโปรแกรมใหม่ลงในหน่วยความจำ

แม้จะมีคุณสมบัติเพิ่มเติมเหล่านี้โปรแกรมเมอร์บางคนก็บ่นว่าArduino® IDE นั้นขาดความดแจ่มใสเมื่อเทียบกับ IDE อื่น ๆ ที่ก้าวหน้ากว่า นี่เป็นเพราะมันขาดคุณสมบัติทั่วไปหลายประการรวมถึงการกำหนดหมายเลขบรรทัดที่มองเห็นโดยอัตโนมัติซึ่งจะช่วยให้โปรแกรมเมอร์สามารถอ้างถึงส่วนที่เฉพาะเจาะจงของซอร์สโค้ดได้ง่ายเมื่อประเมินข้อความแสดงข้อผิดพลาดหรือการสื่อสารกับโปรแกรมเมอร์อื่นๆ คุณลักษณะที่ขาดหายไปอื่น ๆ ได้แก่ ข้อความแสดงข้อผิดพลาดโดยละเอียดซึ่งมีประโยชน์สำหรับการวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาดในการเขียนโค้ดและการพับโค้ดซึ่งทำให้โปรแกรมเมอร์สามารถตรวจสอบเฉพาะบางส่วนของซอร์สโค้ดที่เกี่ยวข้องโดยการซ่อน pars ซึ่งไม่ได้รับผลกระทบ

2.7 โปรแกรม Fritzing

รูปที่ 2.14 โปรแกรม Fritzing

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.

Fritzing เป็นโปรแกรม open-source สำหรับออกแบบวงจรไฟฟ้าโปรแกรมหนึ่ง ที่มีจุดเด่นในเรื่องของฟีเจอร์อันหลากหลายที่ใช้งานง่าย เช่น ภาพกราฟฟิคของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆที่สวยงามและเสมือนจริง สามารถออกแบบหรือแก้ไข พาร์ทชิ้นส่วนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้เอง หรือเป็น IDE ขนาดย่อมๆ สามารถเขียนโค้ดและอัพโหลดลงบนบอร์ด Arduino ได้เหมือนกับโปรแกรม Arduino IDE เป็นต้น และด้วยฟีเจอร์อันหลากหลายแต่ง่ายต่อการใช้งานนี้เอง ทำให้โปรแกรม Fritzing เหมาะกับการเริ่มต้นการต่อวงจรไฟฟ้าควบคู่ไปกับการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

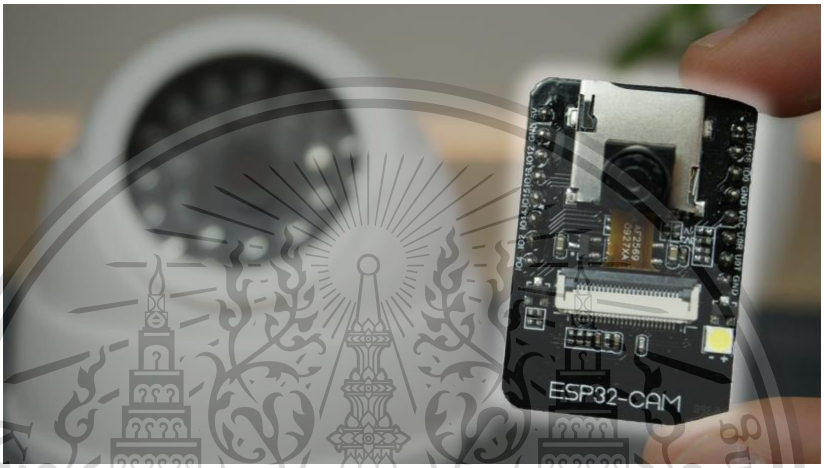
2.7.1 จุดเด่นของโปรแกรม

- จำลองการเชื่อมต่ออุปกรณ์ด้วยภาพกราฟฟิคเสมือนจริง
- สามารถเขียนแบบวงจรไฟฟ้าได้
- สามารถออกแบบลายวงจรบนแผ่น PCB ได้
- มีฟังก์ชั่น code view สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมบอร์ด Arduino ได้ในตัว
- ได้รับความนิยมสูง และมี community ทำให้มีแหล่ง library ของอุปกรณ์ต่างๆให้ได้เลือกใช้มากมาย

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
วิธีการดำเนินงานในโครงงาน

3.1 การโปรแกรม ESP-32 Camera Video Streaming Online



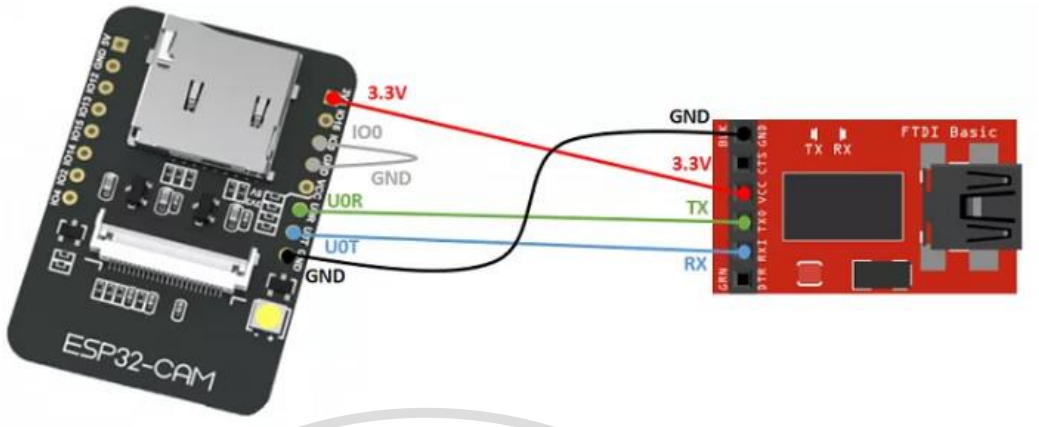
รูปที่ 3.1 การใช้กล้อง ESP-32 CAM เป็นกล้องวงจรปิด

ESP32-CAM เป็นโมดูลกล้องขนาดเล็กมาก ที่มาพร้อมกับชิฟ ESP32-S ในโปรเจก Arduino ESP32 นี้ เราจะได้ใช้งาน ESP32-CAM นำมาทำเป็นกล้องวงจรปิด ที่สามารถดูภาพแบบ real-time ผ่านโทรศัพท์มือถือหรือทางหน้าเว็บบราวเซอร์ได้แบบง่าย ๆ

3.1.1 การโปรแกรมเปิดการใช้งาน ESP32-CAM

ESP32-Cam โมดูลพิเศษที่ใช้ความสามารถของ ESP32 ในการสื่อสารกับสัญญาณ wireless ทั้งเป็นตัวรับสัญญาณ (Station-mode) และตัวปล่อยสัญญาณ (Access point-mode) ได้ในตัวเดียว ภายหลังมีการพัฒนารุ่นใหม่ที่มีการติดตั้งกล้องเข้าไปเพื่อใช้ประโยชน์จาก cpu ที่เร็วว่า arduino หลายเท่า ในการรับข้อมูลจากกล้อง ov2640 ที่มีความละเอียดเกือบ 2 ล้านพิกเซล

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 3.2 การเชื่อมต่อระหว่าง ESP32-CAM กับ FTDI ในการโปรแกรมเปิดใช้งาน ESP32-CAM

ตัว ESP32-cam รุ่นนี้เป็นโมดูลที่ไม่มี micro USB ให้ในการใช้อัพโหลดโปรแกรม ดังนั้นต้องใช้ USB to TTL สำหรับช่วยในการอัพโหลด

วิธีการต่ออุปกรณ์ ใช้งาน Arduino ESP32-CAM ทำกล้องวงจรปิด

Arduino ESP32-CAM -> FT232RL USB

3.3V -> Vcc

GND -> GND

UoT -> Rx

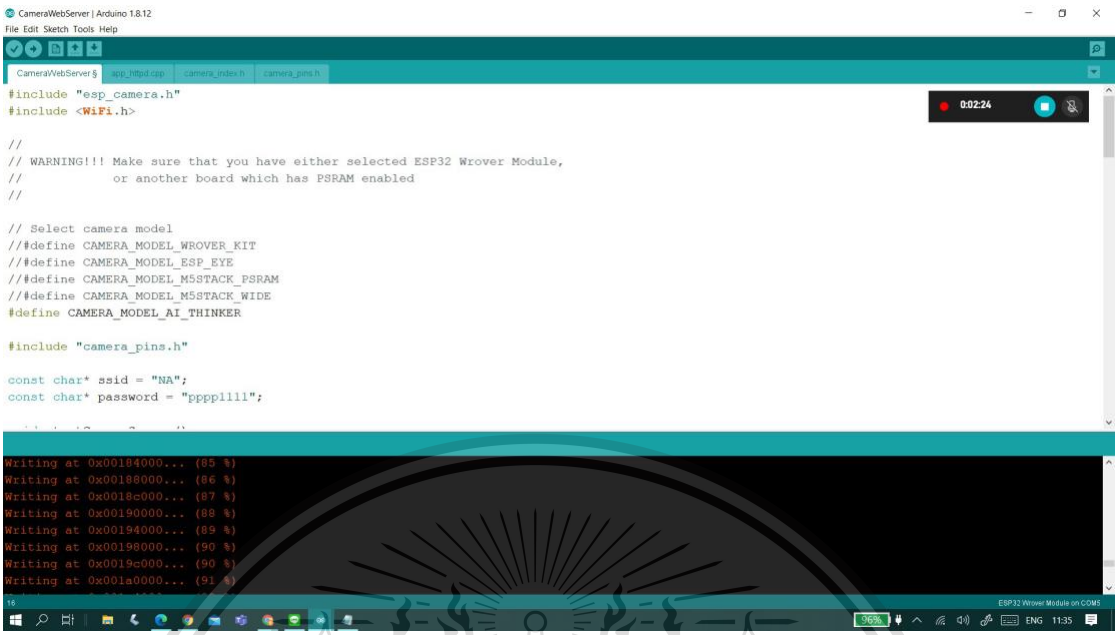
UoR -> Tx

Arduino ESP32-CAM -> Arduino ESP32-CAM (ต่อขาตัวมันเอง)

IO0 -> GND (ขานี้ต้องต่อ เพื่อกำหนดเป็นโหมด flash สำหรับอัพโหลดโปรแกรม)

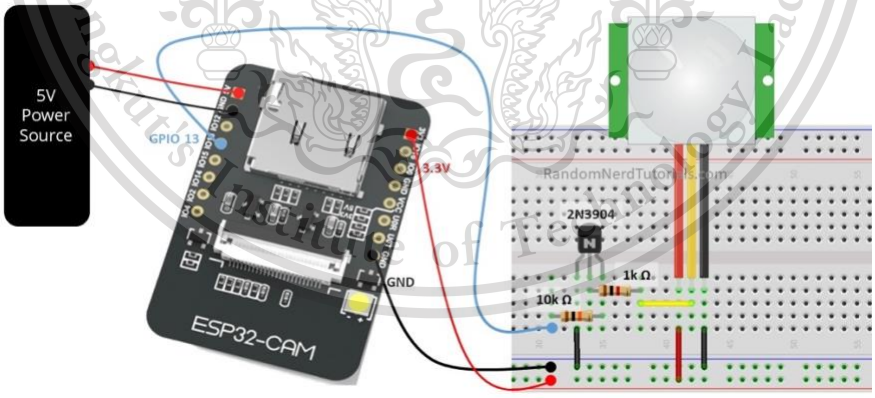
หลังจากต่อ ESP32-CAM เชื่อมต่อกับ FT232RL USB แล้วก็ทำการโปรแกรมผ่าน Arduino IDE

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 3.3 การโปรแกรม ESP32-CAM กับ FTDI ในการเปิดใช้งาน ESP32-CAM Video Streaming

3.2 การใช้งาน ESP32-Camera เป็นกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหว

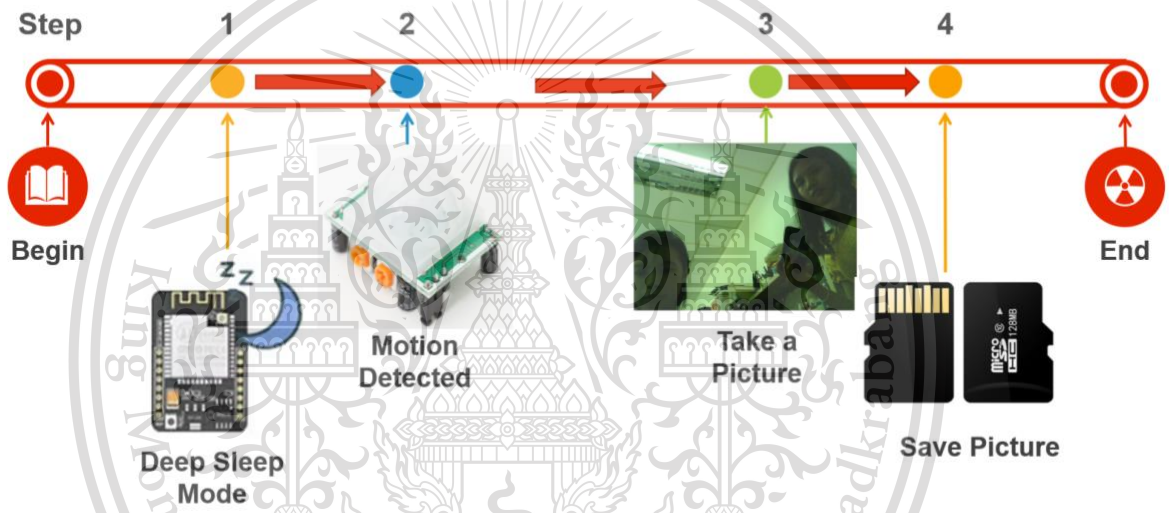


รูปที่ 3.4 การใช้งานกล้อง ESP32-CAM เป็นกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหว

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.

ในการใช้งาน ESP32-CAM เป็นกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติ ด้วย PIR Motion สามารถประยุกต์เป็นกล้องดักถ่ายภาพเมื่อมีผู้บุกรุก หรือเป็นกล้องดักถ่ายภาพสัตว์ มีชื่อเรียกหลายชื่อได้แก่ Trail Cam, Scout Cam, Camera Trap โดยผู้ใช้งานโดยซ่อนไว้ใกล้บริเวณทางที่สัตว์เดินผ่าน หรือแหล่งน้ำและดินโป่งที่สัตว์ใช้ประจำเมื่อมีสัตว์เดินผ่านมาบริเวณที่ตัวเซ็นเซอร์จับการเคลื่อนไหวได้กล้องจะถ่ายภาพเองโดยอัตโนมัติ โดยจะเก็บไฟล์รูปภาพไว้ที่ SD Card

3.2.1 ขั้นตอนการทำ Esp32-cam เป็นกล้องวงจรปิดตรวจจับรังสีอินฟราเรด



รูปที่ 3.5 แสดงลำดับการทำงานของ ESP32-CAM กล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติ

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 อุปกรณ์ที่ใช้

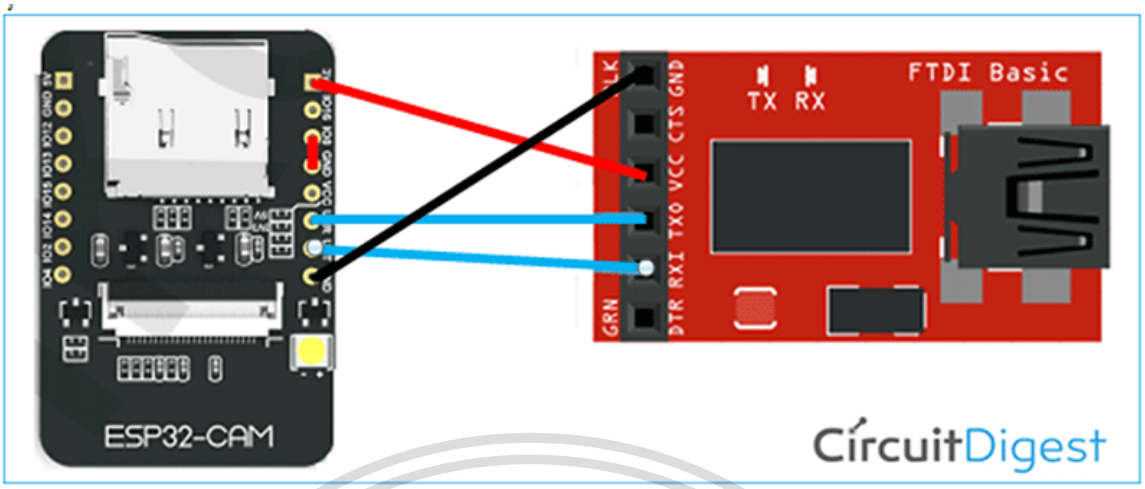
1. ESP32-CAM ESP32 Development Board with Camera Module
2. CP2102 USB 2.0 to UART TTL 5PIN Connector Module
3. Jumper (M2M) 10cm Male to Male
4. Micro SD Card Class 10 16GB + Card Adapter
5. HCR501 PIR Motion Sensor Module
6. 2N3904 NPN General Purpose Transistor
7. รีซิสเตอร์ 10K Ohm
8. รีซิสเตอร์ 1K Ohm
9. Jumper (F2M) 20cm Female to Male

3.2.3 ขั้นตอนการโปรแกรม ESP32-Cam เป็นกล้องวงจรปิดตรวจจับการเคลื่อนไหว

รูปที่ 3.6 การ Format SD Card ที่ใช้เป็นแหล่งเก็บข้อมูลไฟล์ภาพที่ได้จาก ESP32-CAM

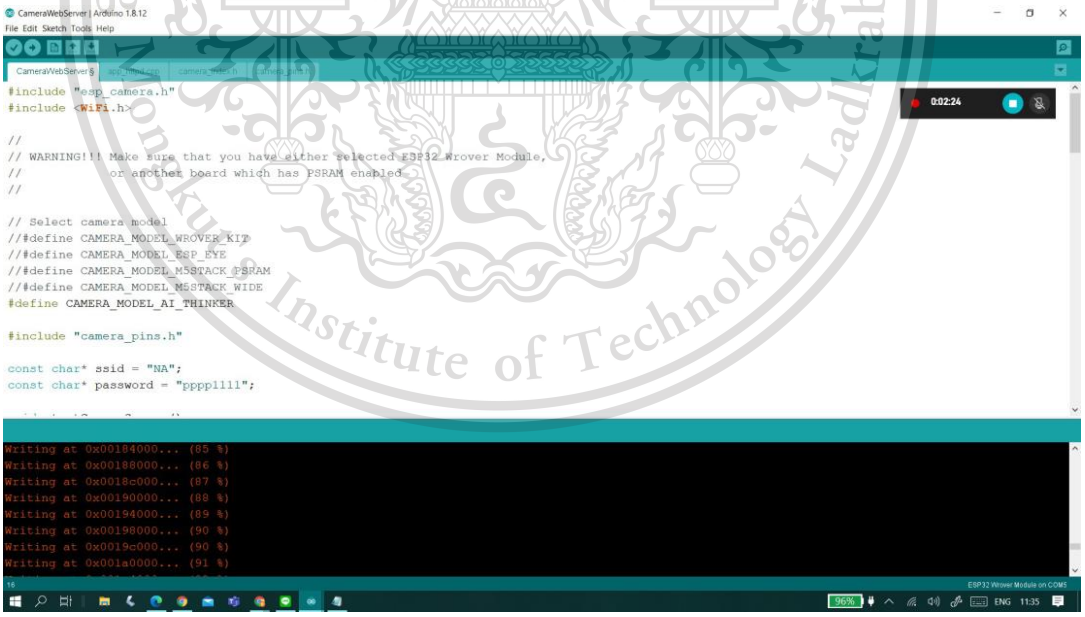
ขั้นตอนที่ 1 ภายหลังจากการทดลองทดสอบการใช้งาน ESP32-CAM เป็น Video Streaming จึงได้เริ่มฟอร์แมต SD Card เพื่อใช้เป็นแหล่งเก็บข้อมูลไฟล์ภาพที่ถ่ายได้จากการตรวจจับการทำงานร่วมกันระหว่าง ESP32-CAM กับ PIR Motion Sensor

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 3.7 การเชื่อมต่อ ESP32-CAM กับ FTDI เพื่ออัพโหลดโค้ดเพื่อให้การแสดงผล

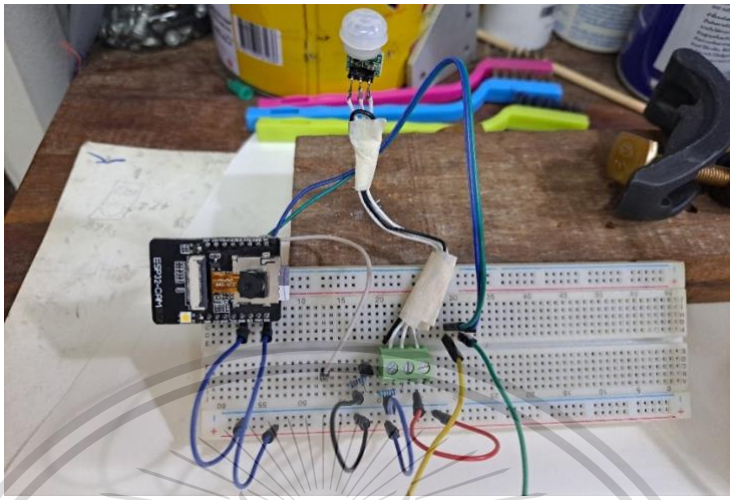
ขั้นตอนที่ 2 หลังจากฟอร์แมต SD Card นำ SD Card ที่ฟอร์แมตแล้วใส่ในตัว ESP32-Cam ที่เชื่อมต่อ FTDI เพื่อโปรแกรมให้ ESP32-Cam ทำงานร่วมกับ SD Card และทำงานเชื่อมต่อกับ PIR Motion Sensor



รูปที่ 3.8 การโปรแกรม ESP32-CAM กับ FTDI เพื่ออัพโหลดโค้ดให้ ESP32-CAM ทำงานร่วมกับ PIR Motion Sensor แล้วเก็บไฟล์ภาพไว้ที่ SD Card

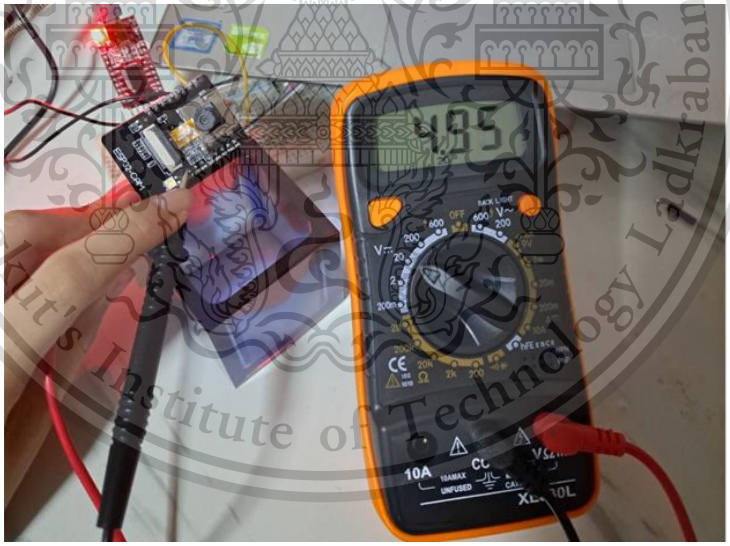
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

ขั้นตอนที่ 3 นำ ESP32-CAM ที่โปรแกรมแล้ว มาต่อวงจรเชื่อมต่อเพื่อการทำงานที่สมบูรณ์



รูปที่ 3.9 การต่อวงจรใช้สำหรับเป็นกล้องวงจรปิดตรวจจับการเคลื่อนไหวจากรังสีอินฟราเรด

ขั้นตอนที่ 4 ป้อนแรงดันอินพุตให้กับวงจรเพื่อทำงาน



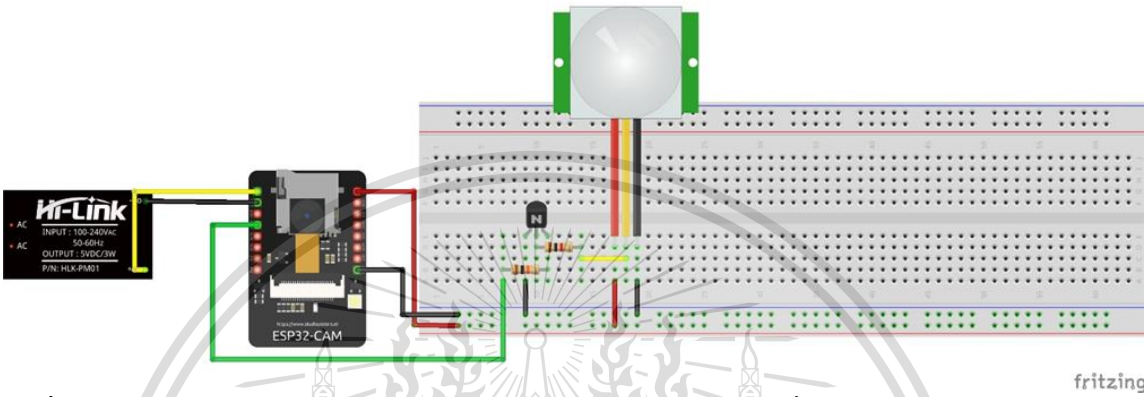
รูปที่ 3.10 แสดงค่าแรงดันที่จ่ายให้กับวงจร

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.

3.3 การออกแบบ

3.3.1 การออกแบบ Arduino ในโปรแกรม Fritzing

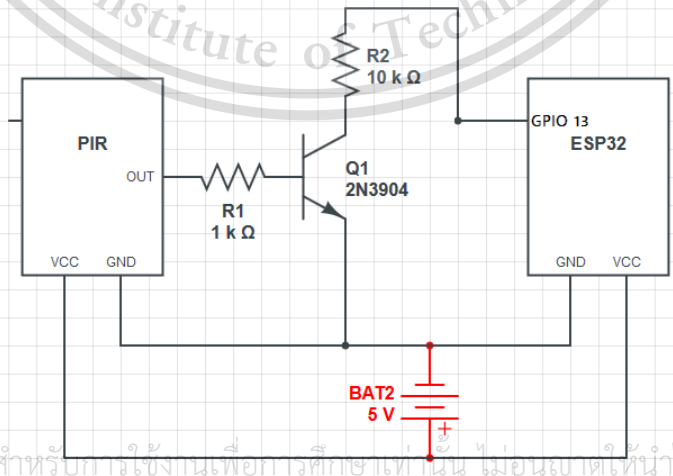
การออกแบบเชื่อมต่อ Arduino ESP32-CAM กับอุปกรณ์ในวงจรกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด



รูปที่ 3.11 ออกแบบวงจรกล้องวงจรปิดใช้ Arduino Esp32-Cam เชื่อมต่อกับ PIR MotionSensor ใช้โปรแกรม Fritzing

3.3.2 การออกแบบ Schematic ของวงจรกล้องวงจรปิด

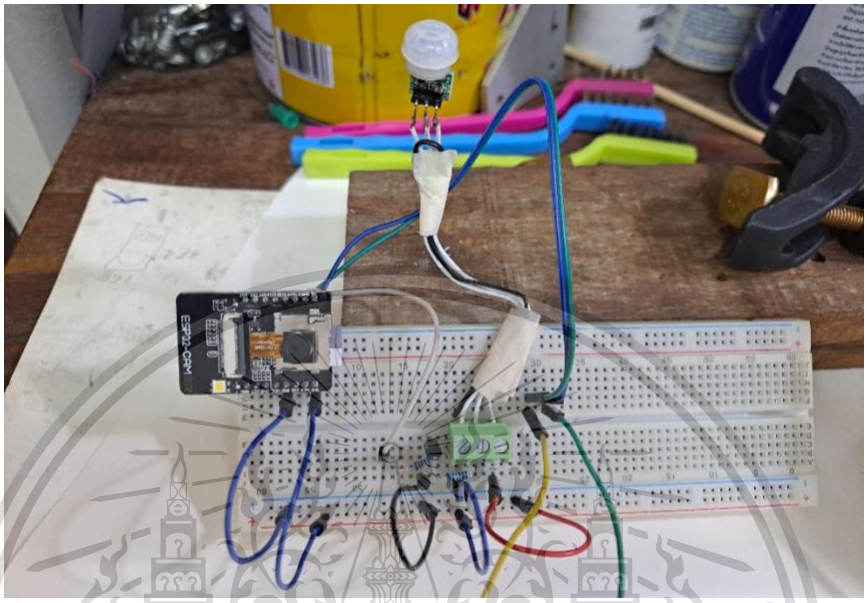
การออกแบบ Schematic ของวงจรกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรดที่ใช้ Arduino Esp32-Cam เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆเพื่อเป็นวงจรกล้องวงจรปิด



รูปที่ 3.12 แสดง Schematic ของวงจรกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด

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.

3.3.3 การต่อวงจรกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด



รูปที่ 3.13 การต่อวงจรใช้สำหรับเป็นกล้องวงจรปิดตรวจจับการเคลื่อนไหวจากรังสีอินฟราเรด

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ลงบนบอร์ดเพื่อทำการทดลองใช้งาน กล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด โดยการเชื่อมต่อการทำงานของวงจรเริ่มด้วยการต่อแหล่งจ่ายไฟขนาด 5V ไปที่ขา VCC 5V ของ Esp32-Cam และต่อตัว Esp32-Cam จากขาของ GPIO13 ซึ่งเป็นขา I/O มาที่ R 10kΩ เพื่อต้านทานกระแสให้ก่อนเข้าTransitor และต่อไปที่ค่า Collector ของ Transistor 2N3904 เป็นทรานซิสเตอร์แบบไบโพลาร์ลบ - ลบ – ลบโดยอาศัยกระแสไฟฟ้าจากภายนอก ที่ถูกจ่ายมาที่ ขา VCC ของ Esp32-Cam ไปควบคุมตัวกำเนิดกระแสไฟฟ้าภายในให้เปลี่ยนแปลง และรักษากระแสให้ไหลคงที่ไปที่ เซนเซอร์ PIR ผ่านขา Base เชื่อมโดยตัวต้านทานขนาด 1kΩเข้าขา out ของ PIR Sensor และขา VCC ของ PIR Sensor ต่อกับไฟเลี้ยง

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.

3.4 การโปรแกรมกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหว

3.4.1 การโปรแกรมกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวในโหมดออนไลน์

```
#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>
#include "esp_timer.h"
#include "img_converters.h"
#include "Arduino.h"
#include "fb_gfx.h"
#include "soc/soc.h" //disable brownout problems
#include "soc/rtc_cntl_reg.h"  //disable brownout problems
#include "esp_http_server.h"

//Replace with your network credentials
const char* ssid = "REPLACE_WITH_YOUR_SSID";
const char* password = "REPLACE_WITH_YOUR_PASSWORD";

#define PART_BOUNDARY "123456789000000000000987654321"

// This project was tested with the AI Thinker Model,
M5STACK PSRAM Model and M5STACK WITHOUT PSRAM
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER
//#define CAMERA_MODEL_M5STACK_PSRAM
//#define CAMERA_MODEL_M5STACK_WITHOUT_PSRAM

// Not tested with this model
//#define CAMERA_MODEL_WROVER_KIT

#if defined(CAMERA_MODEL_WROVER_KIT)
  #define PWDN_GPIO_NUM    -1
  #define RESET_GPIO_NUM   -1
  #define XCLK_GPIO_NUM    21
  #define SIOD_GPIO_NUM    26
  #define SIOC_GPIO_NUM    27

  #define Y9_GPIO_NUM      35
  #define Y8_GPIO_NUM      34
  #define Y7_GPIO_NUM      39
  #define Y6_GPIO_NUM      36
```

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.

```
  #define Y5_GPIO_NUM      19
  #define Y4_GPIO_NUM      18
  #define Y3_GPIO_NUM       5
  #define Y2_GPIO_NUM       4
  #define VSYNC_GPIO_NUM   25
  #define HREF_GPIO_NUM    23
  #define PCLK_GPIO_NUM    22

#elif defined(CAMERA_MODEL_M5STACK_PSRAM)
  #define PWDN_GPIO_NUM     -1
  #define RESET_GPIO_NUM    15
  #define XCLK_GPIO_NUM     27
  #define SIOD_GPIO_NUM     25
  #define SIOC_GPIO_NUM     23

  #define Y9_GPIO_NUM       19
  #define Y8_GPIO_NUM       36
  #define Y7_GPIO_NUM       18
  #define Y6_GPIO_NUM       39
  #define Y5_GPIO_NUM        5
  #define Y4_GPIO_NUM       34
  #define Y3_GPIO_NUM       35
  #define Y2_GPIO_NUM       32
  #define VSYNC_GPIO_NUM    22
  #define HREF_GPIO_NUM     26
  #define PCLK_GPIO_NUM     21

#elif defined(CAMERA_MODEL_M5STACK_WITHOUT_PSRAM)
  #define PWDN_GPIO_NUM     -1
  #define RESET_GPIO_NUM    15
  #define XCLK_GPIO_NUM     27
  #define SIOD_GPIO_NUM     25
  #define SIOC_GPIO_NUM     23

  #define Y9_GPIO_NUM       19
  #define Y8_GPIO_NUM       36
  #define Y7_GPIO_NUM       18
  #define Y6_GPIO_NUM       39
  #define Y5_GPIO_NUM        5
  #define Y4_GPIO_NUM       34
```

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.

```
  #define Y3_GPIO_NUM       35
  #define Y2_GPIO_NUM       17
  #define VSYNC_GPIO_NUM    22
  #define HREF_GPIO_NUM     26
  #define PCLK_GPIO_NUM     21

#elif defined(CAMERA_MODEL_AI_THINKER)
  #define PWDN_GPIO_NUM     32
  #define RESET_GPIO_NUM    -1
  #define XCLK_GPIO_NUM      0
  #define SIOD_GPIO_NUM     26
  #define SIOC_GPIO_NUM     27

  #define Y9_GPIO_NUM       35
  #define Y8_GPIO_NUM       34
  #define Y7_GPIO_NUM       39
  #define Y6_GPIO_NUM       36
  #define Y5_GPIO_NUM       21
  #define Y4_GPIO_NUM       19
  #define Y3_GPIO_NUM       18
  #define Y2_GPIO_NUM        5
  #define VSYNC_GPIO_NUM    25
  #define HREF_GPIO_NUM     23
  #define PCLK_GPIO_NUM     22
#else
  #error "Camera model not selected"
#endif

static const char* _STREAM_CONTENT_TYPE = "multipart/x-
mixed-replace;boundary=" PART_BOUNDARY;
static const char* _STREAM_BOUNDARY = "\r\n--"
PART_BOUNDARY "\r\n";
static const char* _STREAM_PART = "Content-Type:
image/jpeg\r\nContent-Length: %u\r\n\r\n";

httpd_handle_t stream_httpd = NULL;

static esp_err_t stream_handler(httpd_req_t *req){
  camera_fb_t * fb = NULL;
  esp_err_t res = ESP_OK;
```

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.

```
  size_t _jpg_buf_len = 0;
  uint8_t * _jpg_buf = NULL;
  char * part_buf[64];

  res = httpd_resp_set_type(req, _STREAM_CONTENT_TYPE);
  if(res != ESP_OK){
    return res;
  }

  while(true){
    fb = esp_camera_fb_get();
    if (!fb) {
      Serial.println("Camera capture failed");
      res = ESP_FAIL;
    } else {
      if(fb->width > 400){
        if(fb->format != PIXFORMAT_JPEG){
          bool jpeg_converted = frame2jpg(fb, 80,
&_jpg_buf, &_jpg_buf_len);
          esp_camera_fb_return(fb);
          fb = NULL;
          if(!jpeg_converted){
            Serial.println("JPEG compression failed");
            res = ESP_FAIL;
          }
        } else {
          _jpg_buf_len = fb->len;
          _jpg_buf = fb->buf;
        }
      }
    }
    if(res == ESP_OK){
      size_t hlen = snprintf((char *)part_buf, 64,
_STREAM_PART, _jpg_buf_len);
      res = httpd_resp_send_chunk(req, (const char
*)part_buf, hlen);
    }
    if(res == ESP_OK){
      res = httpd_resp_send_chunk(req, (const char
*)_jpg_buf, _jpg_buf_len);
```

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.

```
    }
    if(res == ESP_OK){
      res = httpd_resp_send_chunk(req, _STREAM_BOUNDARY,
strlen(_STREAM_BOUNDARY));
    }
    if(fb){
      esp_camera_fb_return(fb);
      fb = NULL;
      _jpg_buf = NULL;
    } else if(_jpg_buf){
      free(_jpg_buf);
      _jpg_buf = NULL;
    }
    if(res != ESP_OK){
      break;
    }
    //Serial.printf("MJPG:
%uB\n",(uint32_t)(_jpg_buf_len));
  }
  return res;
}

void startCameraServer(){
  httpd_config_t config = HTTPD_DEFAULT_CONFIG();
  config.server_port = 80;

  httpd_uri_t index_uri = {
    .uri       = "/",
    .method    = HTTP_GET,
    .handler   = stream_handler,
    .user_ctx  = NULL
  };

  //Serial.printf("Starting web server on port: '%d'\n",
config.server_port);
  if (httpd_start(&stream_httpd, &config) == ESP_OK) {
    httpd_register_uri_handler(stream_httpd, &index_uri);
  }
}
```

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.

```
void setup() {
  WRITE_PERI_REG(RTC_CNTL_BROWN_OUT_REG, 0); //disable
brownout detector

  Serial.begin(115200);
  Serial.setDebugOutput(false);

  camera_config_t config;
  config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
  config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
  config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
  config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
  config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
  config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
  config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
  config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
  config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
  config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
  config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
  config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
  config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
  config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
  config.pin_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
  config.pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
  config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
  config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
  config.xclk_freq_hz = 20000000;
  config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;

  if(psramFound()){
    config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
    config.jpeg_quality = 10;
    config.fb_count = 2;
  } else {
    config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA;
    config.jpeg_quality = 12;
    config.fb_count = 1;
  }

  // Camera init
```

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.

```
  esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
  if (err != ESP_OK) {
    Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x",
err);
    return;
  }
  // Wi-Fi connection
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");

  Serial.print("Camera Stream Ready! Go to: http://");
  Serial.print(WiFi.localIP());

  // Start streaming web server
  startCameraServer();
}

void loop() {
  delay(1);
}
```

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.

3.4.2 การโปรแกรมกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวในโหมดออฟไลน์

```
#include "esp_camera.h"
#include "Arduino.h"
#include "FS.h"                // SD Card ESP32
#include "SD_MMC.h"            // SD Card ESP32
#include "soc/soc.h"           // Disable brownour
problems
#include "soc/rtc_cntl_reg.h"  // Disable brownour
problems
#include "driver/rtc_io.h"
#include <EEPROM.h>            // read and write from
flash memory
// define the number of bytes you want to access
#define EEPROM_SIZE 1

RTC_DATA_ATTR int bootCount = 0;

// Pin definition for CAMERA_MODEL_AI_THINKER
#define PWDN_GPIO_NUM     32
#define RESET_GPIO_NUM    -1
#define XCLK_GPIO_NUM      0
#define SIOD_GPIO_NUM     26
#define SIOC_GPIO_NUM     27
#define Y9_GPIO_NUM       35
#define Y8_GPIO_NUM       34
#define Y7_GPIO_NUM       39
#define Y6_GPIO_NUM       36
#define Y5_GPIO_NUM       21
#define Y4_GPIO_NUM       19
#define Y3_GPIO_NUM       18
#define Y2_GPIO_NUM        5
#define VSYNC_GPIO_NUM    25
#define HREF_GPIO_NUM     23
#define PCLK_GPIO_NUM     22

int pictureNumber = 0;

void setup() {
```

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.

```
  WRITE_PERI_REG(RTC_CNTL_BROWN_OUT_REG, 0); //disable
brownout detector
  Serial.begin(115200);

  Serial.setDebugOutput(true);

  camera_config_t config;
  config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
  config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
  config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
  config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
  config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
  config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
  config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
  config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
  config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
  config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
  config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
  config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
  config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
  config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
  config.pin_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
  config.pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
  config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
  config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
  config.xclk_freq_hz = 20000000;
  config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;

  pinMode(4, INPUT);
  digitalWrite(4, LOW);
  rtc_gpio_hold_dis(GPIO_NUM_4);

  if(psramFound()){
    config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA; // FRAMESIZE_ +
QVGA|CIF|VGA|SVGA|XGA|SXGA|UXGA
    config.jpeg_quality = 10;
    config.fb_count = 2;
  } else {
    config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA;
    config.jpeg_quality = 12;
```

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.

```
    config.fb_count = 1;
  }

  // Init Camera
  esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
  if (err != ESP_OK) {
    Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x",
err);
    return;
  }

  Serial.println("Starting SD Card");

  delay(500);
  if(!SD_MMC.begin()){
    Serial.println("SD Card Mount Failed");
    //return;
  }

  uint8_t cardType = SD_MMC.cardType();
  if(cardType == CARD_NONE){
    Serial.println("No SD Card attached");
    return;
  }

  camera_fb_t * fb = NULL;

  // Take Picture with Camera
  fb = esp_camera_fb_get();
  if(!fb) {
    Serial.println("Camera capture failed");
    return;
  }
  // initialize EEPROM with predefined size
  EEPROM.begin(EEPROM_SIZE);
  pictureNumber = EEPROM.read(0) + 1;

  // Path where new picture will be saved in SD Card
  String path = "/picture" + String(pictureNumber)
+".jpg";
```

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.

```
  fs::FS &fs = SD_MMC;
  Serial.printf("Picture file name: %s\n", path.c_str());

  File file = fs.open(path.c_str(), FILE_WRITE);
  if(!file){
    Serial.println("Failed to open file in writing mode");
  }
  else {
    file.write(fb->buf, fb->len); // payload (image),
payload length
    Serial.printf("Saved file to path: %s\n",
path.c_str());
    EEPROM.write(0, pictureNumber);
    EEPROM.commit();
  }
  file.close();
  esp_camera_fb_return(fb);

  delay(1000);

  // Turns off the ESP32-CAM white on-board LED (flash)
connected to GPIO 4
  pinMode(4, OUTPUT);
  digitalWrite(4, LOW);
  rtc_gpio_hold_en(GPIO_NUM_4);

  esp_sleep_enable_ext0_wakeup(GPIO_NUM_13, 0);

  Serial.println("Going to sleep now");
  delay(1000);
  esp_deep_sleep_start();
  Serial.println("This will never be printed");
}

void loop() {

}
```

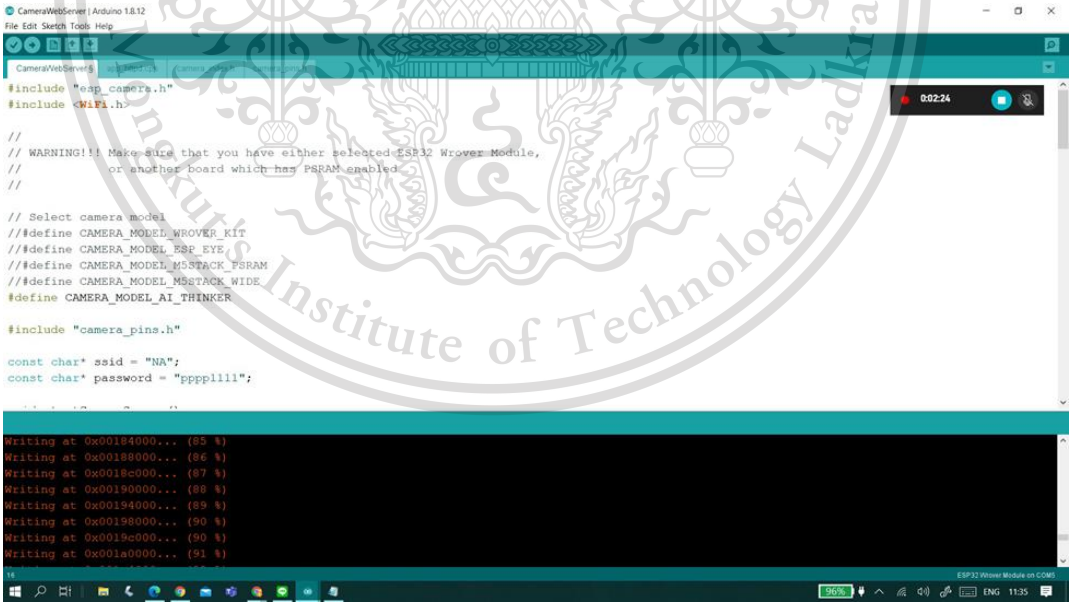
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาค้นคว้าและวิเคราะห์ออกแบบวงจรกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวจากรังสีอินฟราเรด มีลักษณะการใช้งานดังนี้

4.1 ลักษณะการใช้งานกล้อง Esp32-Cam เป็น Video Streaming Online

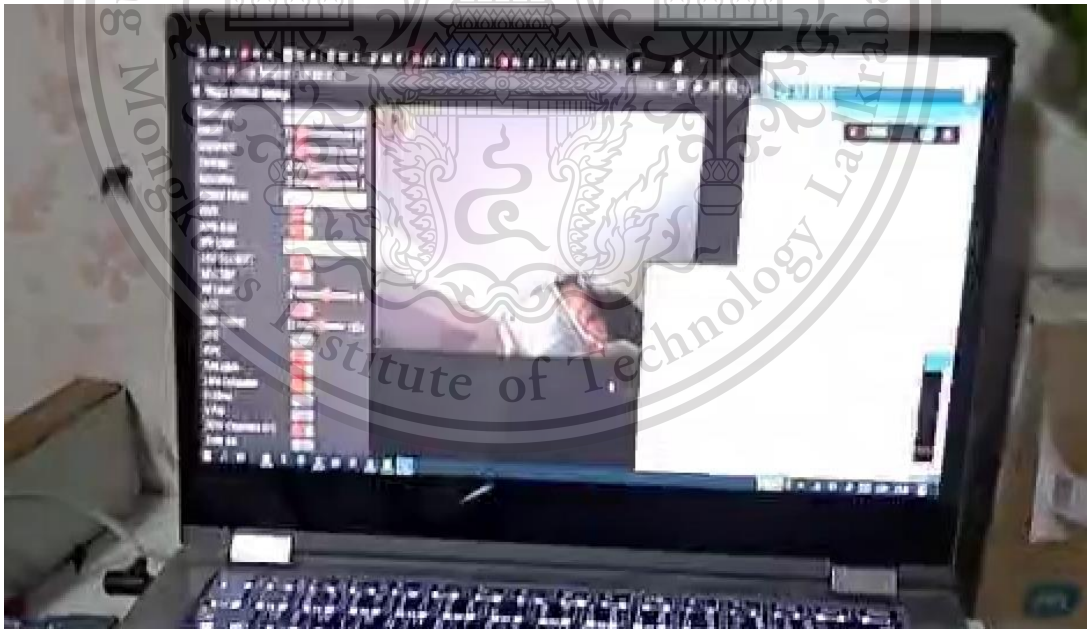
ESP32-CAM เป็นโมดูลกล้องขนาดเล็กมาก ที่มาพร้อมกับชิฟ ESP32-S ในโปรเจก Arduino ESP32 นี้ เราจะได้ใช้งาน ESP32-CAM นำมาทำเป็นกล้องวงจรปิด ที่สามารถดูภาพแบบ real-time ผ่านโทรศัพท์มือถือหรือทางหน้าเว็บบราวเซอร์ได้แบบง่าย ๆ การใช้งาน ESP32-CAM กล้อง OV2640 เป็น Video Stream ภาพเคลื่อนไหว แสดงผลขึ้นหน้าเว็บผ่าน WiFi เป็นการทำงานแบบ Station (STA) Mode เป็นโหมดที่กำหนดให้ ESP32 ไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น เร้าเตอร์ แล้วรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องในวงแลนได้ โดยที่ใช้ ESP32 เป็น Server Controller



รูปที่ 4.1 ผลการโปรแกรม ESP32-CAM กับ FTDI ในการเปิดใช้งาน ESP32-CAM Video Streaming

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 4.2 แสดงผลภาพกล้อง ESP32-CAM Video Streaming Online1



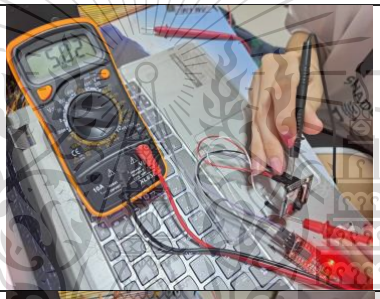
รูปที่ 4.3 แสดงผลกล้อง ESP32-CAM Video Streaming Online2

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 ลักษณะการใช้งาน ESP32-Camera เป็นกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหว

การใช้ Esp32-Cam ทำงานร่วมกับ PIR Sensor HCR501 เพื่อการทำงานตรวจจับรังสีอินฟราเรด มีลักษณะดังนี้

4.2.1 ผลการทดลองการวัดค่าแรงดันของวงจรแต่ละขาของ Esp32-Cam

ขา	รูป	แรงดัน
5v-Gnd		5.02 V
Gnd-IO0		0 V
UOR-Gnd		5.01 V
UOT-Gnd		5.01 V

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.

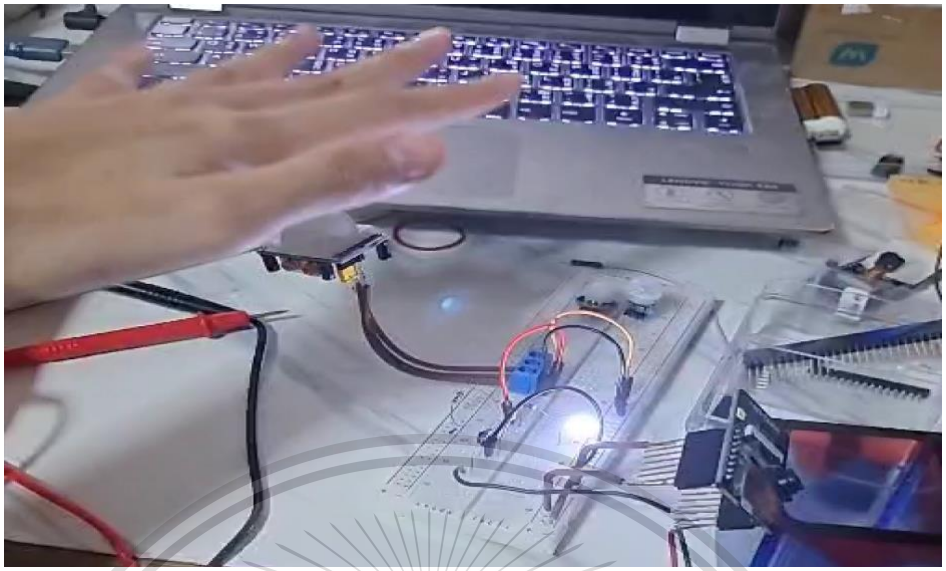
4.2.2 ผลการทดลองการวัดค่าแรงดัน PIR Sensor HCR501

รูป	แรงดัน	คำอธิบาย
	มิเตอร์แดงไฟจากแหล่งจ่าย 5.05V มิเตอร์เหลือง 4.99V	แหล่งจ่ายไฟเข้า จ่ายไฟ (มิเตอร์สีแดง) 5.05V ไฟจากแหล่งจ่ายเข้าบอร์ด (มิเตอร์เหลือง) 4.99 ซึ่งแปลว่าบอร์ดปกติไม่มีปัญหา
	มิเตอร์แดงไฟจากแหล่งจ่าย 5.04V มิเตอร์เหลือง 3.27V	วงจรPIR Sensor HCR501 จ่ายไฟขนาด 5V เข้าและวงจรมีค่าแรงดัน 3.2V

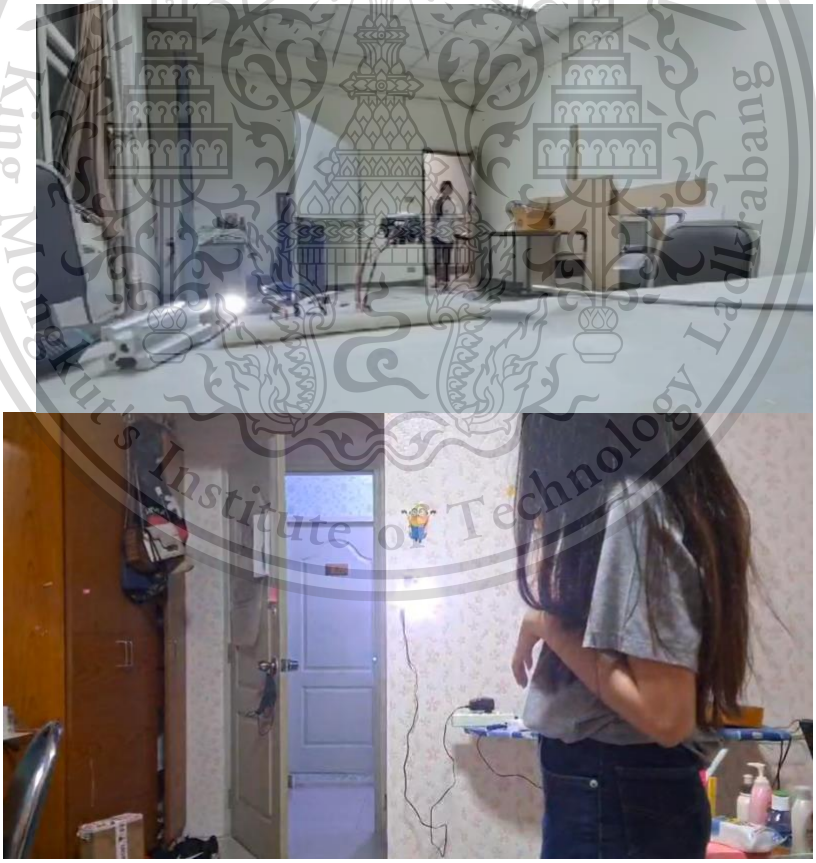
4.3 หลักการทำงานของกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด

โดยเมื่อเริ่มทำงานเราจะให้ ESP32 อยู่โหมดการใช้งานแบบ Deep Sleep เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน แล้ว ปลุกให้ตื่นด้วยเซ็นเซอร์ PIR Motion เมื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวได้ แล้วจึงสั่งให้กล้องจะถ่ายภาพ โดยเก็บไฟล์รูปภาพไว้ที่ SD Card จากนั้น ESP32 จะกลับเข้าสู่โหมดการใช้งานแบบ Deep Sleep เพื่อรอ การปลุกให้ตื่น ในครั้งต่อๆไป

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 4.4 แสดงการทำงานของเลเซอร์เมื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวในระยะใกล้สุด



รูปที่ 4.5 แสดงการทำงานของเลเซอร์เมื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวในระยะ 2-5 เมตร

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 4.6 แสดงรูปภาพที่ได้จาก 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.

บทที่5
การสรุปผลการพัฒนาโครงงาน ปัญหา และข้อเสนอแนะ

จากการคิดค้นออกแบบพัฒนาระบบตรวจจับระบบกล้องตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยอินฟราเรด โดยการประยุกต์ใช้ Arduino สามารถสรุปผลดำเนินงาน และปัญหาที่พบ พร้อมข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบ เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นและยังสะดวกรวดเร็วต่อการใช้งานอีกด้วย โดยแสดงข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

1) ระบบระบบกล้องวงจรปิดในโหมดออนไลน์ สามารถแสดงภาพวงจรปิดเป็นลักษณะ Video Streaming ได้ โดยมีเลย IP Address ในการดูภาพวิดีโอออนไลน์
2) ระบบกล้องตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยอินฟราเรดสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์จากความร้อนที่ออกจากร่างกายได้ภายในระยะ 3-7 เมตร
3) ระบบกล้องตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยอินฟราเรดสามารถจับภาพเมื่อมีการตรวจจับรังสีอินฟราเรดภายในเวลา 2 วินาที

5.2 ปัญหาที่พบ

5.2.1 ปัญหาทางด้านโปรแกรม

ในการโปรแกรมการใช้งาน Esp32-Cam ในหลายครั้งไม่สามารถรันโค้ดผ่านได้ เนื่องจากตัวโมดูลมีความละเอียดอ่อน โดยเฉพาะกล้อง OVA2604 ซึ่งในตอนแรกที่ได้ทดสอบการใช้งาน ได้ใส่กล้องไม่แน่นกับโมดูล Esp32-Cam ทำให้ โค้ดที่รันออกมามีความ Error

5.2.2 ปัญหาด้านแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง

การต่อวงจรเพื่อการทำงานของกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด ในตอนแรกที่ได้ทำการทดสอบวงจร พบปัญหาคือวงจรไม่ทำงานเนื่องจากการจ่ายไฟไม่เพียงพอ

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.

5.2.3 ปัญหาด้านการใช้เซนเซอร์

การใช้งานเซนเซอร์ที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในวงจรกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด ตอนแรกได้ทดลองเซนเซอร์ จำนวนสามชนิด พบปัญหาคือเซนเซอร์ที่ใช้แรกๆ มีความไม่เสถียรภาพ ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว

5.3 วิธีแก้ปัญหา

5.3.1 ปัญหาทางด้านโปรแกรม

ในการแก้ปัญหาด้านโปรแกรม ได้มีการปรับเปลี่ยนเวอร์ชั่นของโปรแกรม Arduino IDE ที่เหมาะสมกับโค้ด และได้ทำการตรวจเช็คอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อในการรันโปรแกรมคือ FTDI USB ซึ่งในภายหลังสามารถแก้ปัญหาได้รันโปรแกรมผ่าน

5.3.2 ปัญหาด้านแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง

ในการแก้ไขปัญหาด้านแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงในตอนแรกได้มีการจ่ายไปโดยตรงจากคอมพิวเตอร์เชื่อมกับ Esp32-Cam ซึ่งไม่เพียงพอเนื่องจากกระแสไฟต้องผ่านตัว FTDI USB ด้วยทำให้กระแสไฟที่เข้าไปที่ Esp32-Cam ไม่เพียงพอ จึงได้แก้ปัญหาโดยเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟเป็นพาว์เวอร์ซัพพลาย และ พาว์เวอร์แบงค์ซึ่งในภายหลังสามารถจ่ายไฟและให้วงจรทำงานได้

5.2.3 ปัญหาด้านการใช้เซนเซอร์

การใช้งานเซนเซอร์ที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในวงจรกล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด ตอนแรกได้ทดลองเซนเซอร์ จำนวนสามชนิด พบปัญหาคือเซนเซอร์ที่ใช้แรกๆ มีความไม่เสถียรภาพ ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว

5.4 ข้อเสนอแนะ

กล้องวงจรปิดตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรดในโหมด Online Video Streaming สามารถพัฒนาได้อีกในการใช้ร่วมกับ Home Assistant ที่ใช้ Arduino ในการโปรแกรมและใช้ IP Address เพื่อเข้าถึงกล้องวงจรปิดออนไลน์บนมือถือได้ และสามารถพัฒนาในการส่งภาพที่ได้จากการจับภาพเมื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวจากสิ่งแปลกปลอมแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชั่นอื่นๆ ได้ อาทิเช่น Line, Gmail และ Telegram เป็นต้น

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.

เอกสารอ้างอิง

[1] Arduino

https://www.arduino.cc/education

[2] https://randomnerdtutorials.com

[3] เดชฤทธิ์ มณีธรรม,คัมภีร์การใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino. —กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2560.

[4] https://learn.adafruit.com

[5] ประจิน พลังสันติกุล,หนังสือพื้นฐานภาษา C สำหรับ Arduino

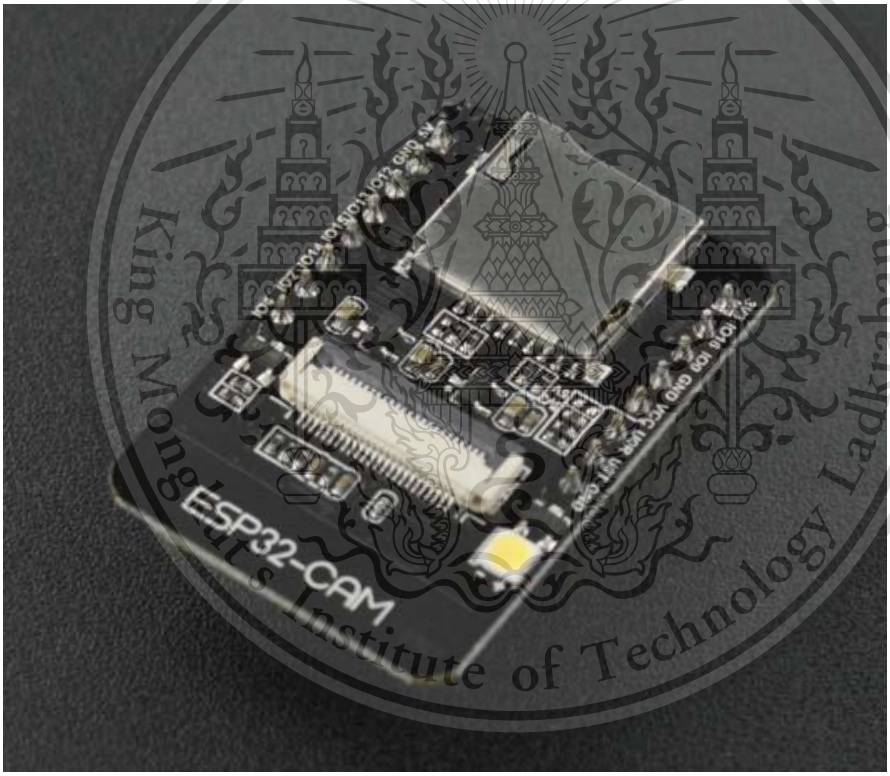
[6] https://www.myarduino.net

[7] https://www.allnewstep.com

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.



ESP32-CAM Development Board

SKU:DFR0602

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Copyright © Future Technology Devices International Limited
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

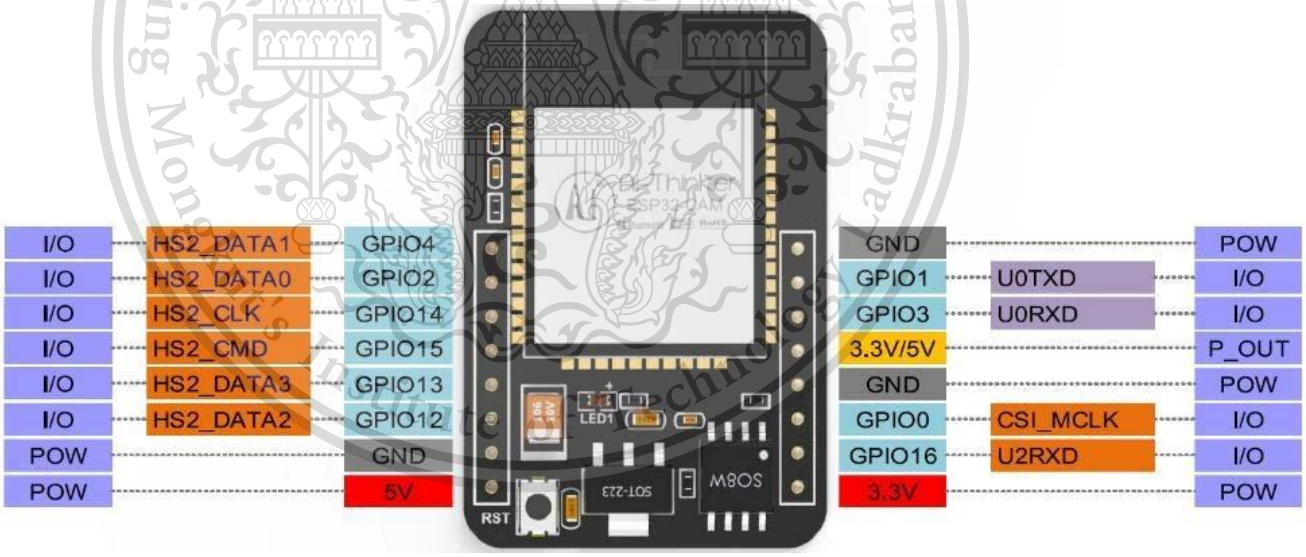
INTRODUCTION

ESP32-CAM is a low-cost ESP32-based development board with onboard camera, small in size. It is an ideal solution for IoT application, prototypes constructions and DIY projects.

The board integrates WiFi, traditional Bluetooth and low power BLE , with 2 highperformance 32-bit LX6 CPUs. It adopts 7-stage pipeline architecture, on-chip sensor, Hall sensor, temperature sensor and so on, and its main frequency adjustment ranges from 80MHz to 240MHz.

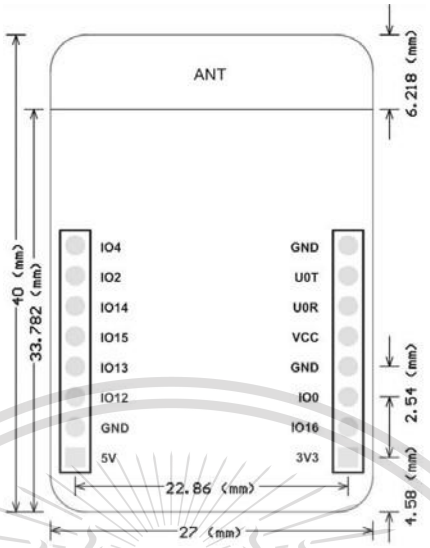
Fully compliant with WiFi 802.11b/g/n/e/i and Bluetooth 4.2 standards, it can be used as a master mode to build an independent network controller, or as a slave to other host
MCUs to add networking capabilities to existing devices

ESP32-CAM can be widely used in various IoT applications. It is suitable for home smart devices, industrial wireless control, wireless monitoring, QR wireless identification, wireless positioning system signals and other IoT applications. It is an ideal solution for IoT applications.



Schematic Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Copyright © Future Technology Devices International Limited
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



Dimension Diagram

Notes:

1.Please be sure that the power supply for the module should be at least 5V 2A, otherwise maybe there would be water ripple appearing on the image.

2.ESP32 GPIO32 pin is used to control the power of the camera, so when the camera is in working, pull GPIO32 pin low.

3.Since IO pin is connected to camera XCLK, it should be left floating in using, and do not connect it to high/low level.

4.The product has been equipped with default firmware before leaving the factory, and we do not provide additional ones for you to download. So, please be cautious when you choose to burn other firmwares.

FEATURES

- Up to 160MHz clock speed，Summary computing power up to 600 DMIPS
- Built-in 520 KB SRAM, external 4MPSRAM
- Supports UART/SPI/I2C/PWM/ADC/DAC
- Support OV2640 and OV7670 cameras, Built-in Flash lamp.
- Support image WiFI upload
- Support TF card
- Supports multiple sleep modes.
- Embedded Lwip and FreeRTOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Copyright © Future Technology Devices International Limited
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- Supports STA/AP/STA+AP operation mode
- Support Smart Config/AirKiss technology
- Support for serial port local and remote firmware upgrades (FOTA)

SPECIFICATION

- SPI Flash: default 32Mbit
- RAM: built-in 520 KB+external 4MPSRAM
- Dimension: 27*40.5*4.5（±0.2）mm/1.06*1.59*0.18”
- Bluetooth: Bluetooth 4.2 BR/EDR and BLE standards
- Wi-Fi: 802.11b/g/n/e/i
- Support Interface: UART, SPI, I2C, PWM
- Support TF card: maximum support 4G
- IO port: 9
- Serial Port Baud-rate: Default 115200 bps
- Image Output Format: JPEG(OV2640 support only), BMP, GRAYSCALE
- Spectrum Range: 2412 ~2484MHz
- Antenna: onboard PCB antenna, gain 2dBi
- Transmit Power: 802.11b: 17±2 dBm (@11Mbps);
  802.11g: 14±2 dBm (@54Mbps);
  802.11n: 13±2 dBm (@MCS7)
- Receiving Sensitivity: CCK, 1 Mbps : -90dBm;
  CCK, 11 Mbps: -85dBm;
  6 Mbps (1/2 BPSK): -88dBm;
  54 Mbps (3/4 64-QAM): -70dBm;
  MCS7 (65 Mbps, 72.2 Mbps): -67dBm
- Power consumption: Turn off the flash: 180mA@5V
  Turn on the flash and adjust the brightness to the maximum:
  310mA@5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Copyright © Future Technology Devices International Limited
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

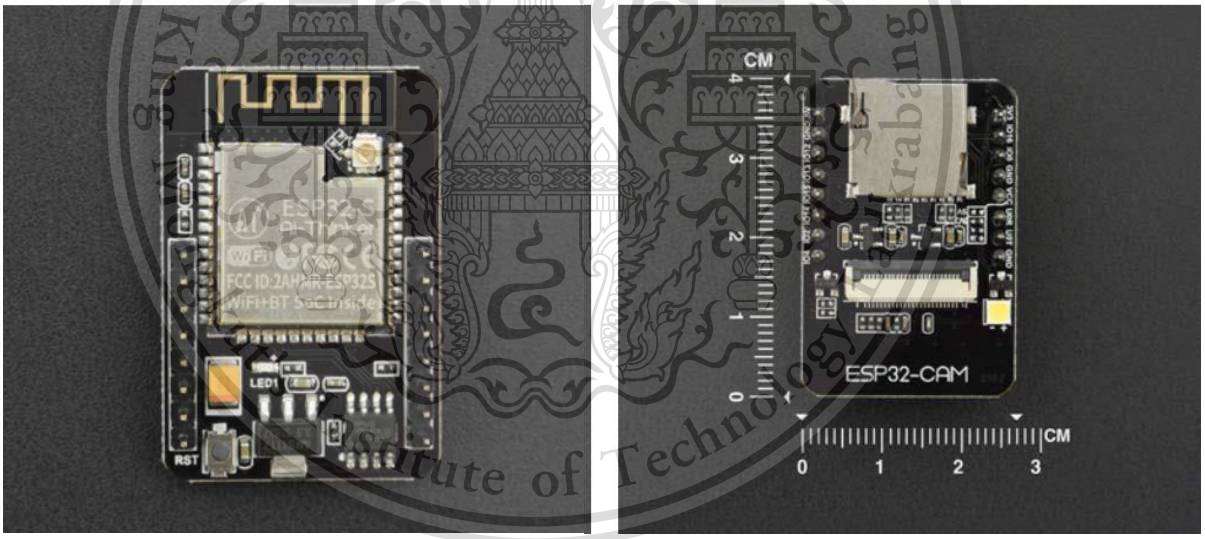
Deep-sleep: the lowest power consumption can reach 6mA@5V

Moderm-sleep: up to 20mA@5V
Light-sleep: up to 6.7mA@5V

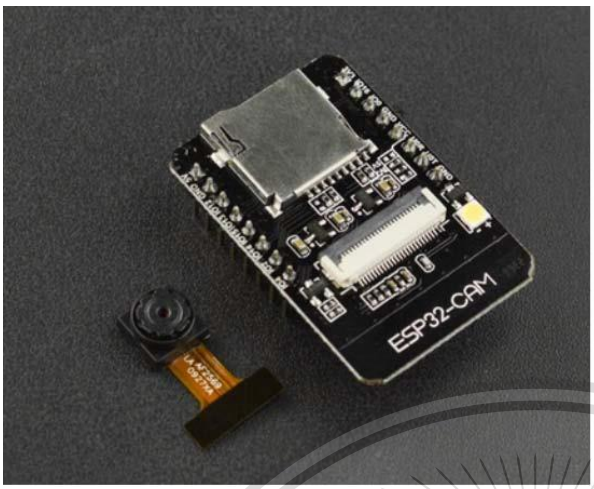
- Security: WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS
- Power supply range: 5V
- Operating temperature: -20 °C ~ 85 °C
- Sorage environment: -40 °C ~ 90 °C, < 90%RH
- Weight: 10g

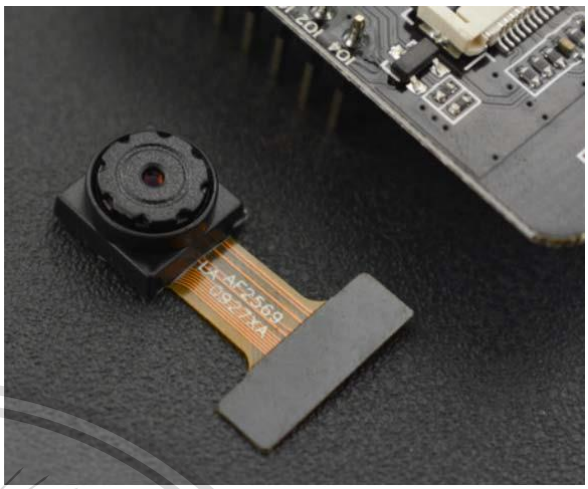
SHIPPING LIST

- ESP32-CAM Development Board x1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Copyright © Future Technology Devices International Limited
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.





SENSOR MANUAL

Pyroelectric Infrared Radial Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Copyright © Future Technology Devices International Limited

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

TYPE: AM312

NANYANG SENBA OPTICAL AND ELECTRONIC CO.，LTD.

Digital Intelligent Passive Infrared Sensor AM312

AM312 is a new digital intelligent PIR sensor. This Smart digital detector offers a complete motion detector solution,with all electronic circuitry built into the detector housing. Only a power supply and power-switching components need to be added to make the entire motion switch.

■ Features and Benefits

■ Digital signal processing（DSP）

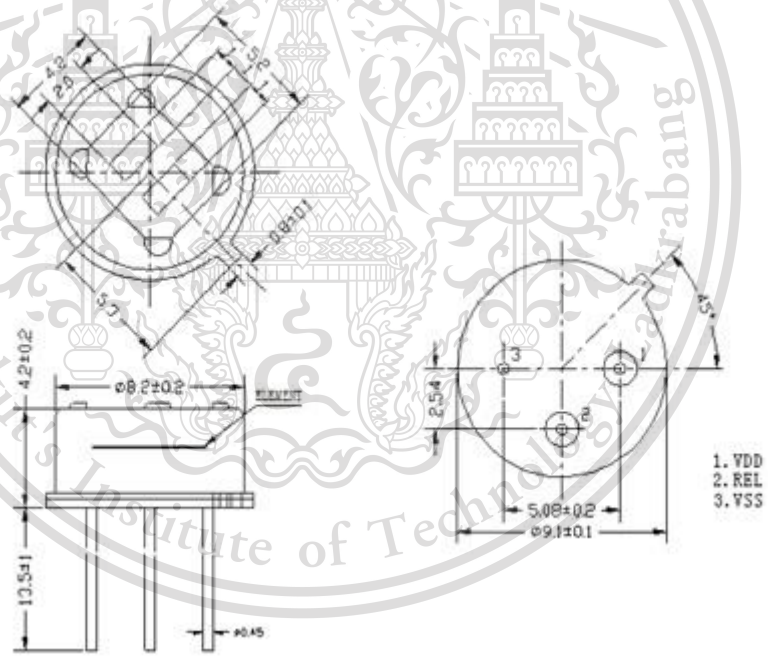
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Copyright © Future Technology Devices International Limited
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- Two-way differential high impedance sensor input and temperature compensation
- Built-in filter, screen the interference by other frequency
- Schmidt REL output

Applications

USB Alarms, PIR motion detection, Intruder detection, Occupancy detection,
Motion sensor lights, Network camera, Car-security system etc.

Dimension



Technical Data

1. Maximum Ratings

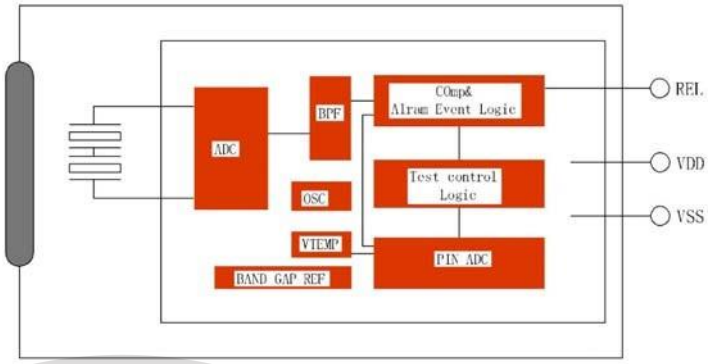
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Copyright © Future Technology Devices International Limited
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Characteristics	Symbol	Min. Value	Max. Value	Unit	Remarks
Supply Voltage	VDD	-0.3	3.6	V	
Working Temperature	TST	-20	85	℃	
Current into any pin	Into	-100	100	mA	
Storage Temperature	TST	-40	125	℃	

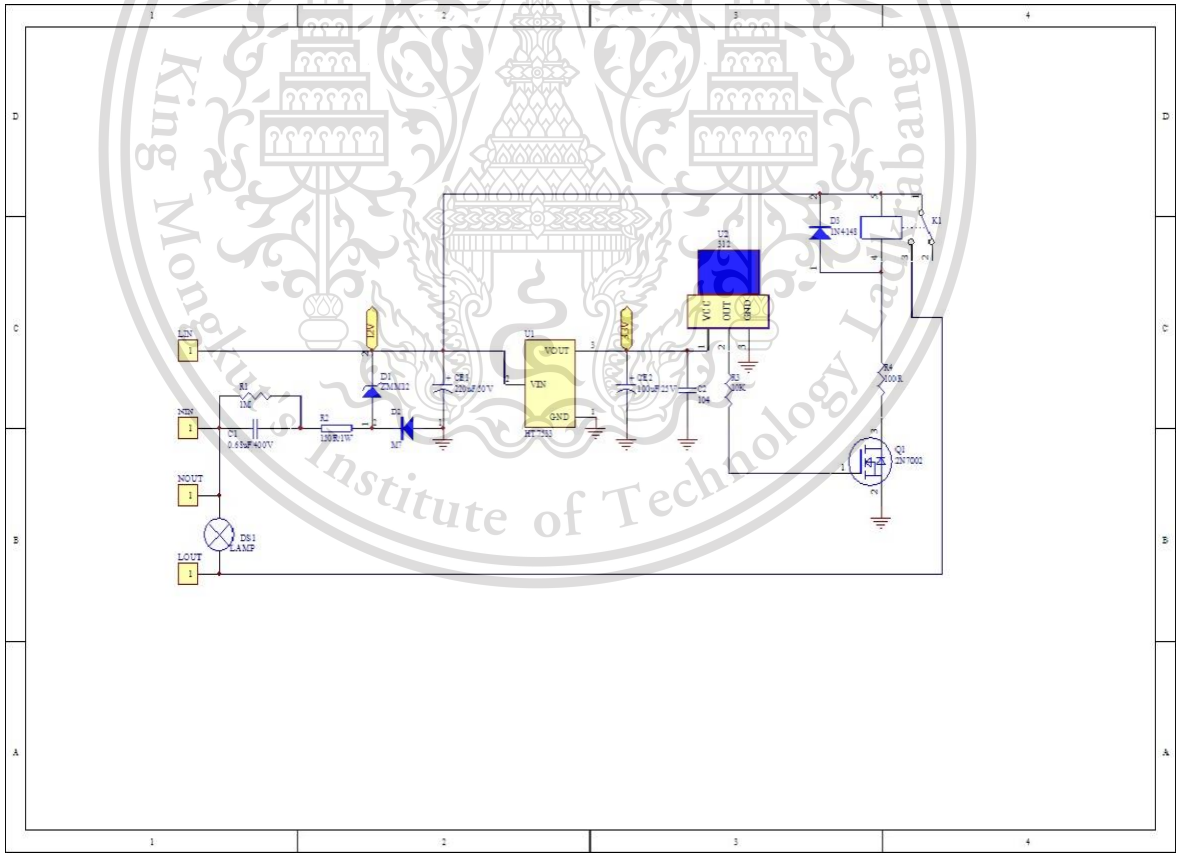
2.Working Conditions (T=25°C, Vdd=3V，Except other requirements)

Characteristics	Symbol	Min.	Type	Max.	Unit	Remarks
Supply Voltage	VDD	2.7	3	3.3	V	
Working Current	IDD	12	15	20	μA	
Sensitivity Threshold Value	Vsens		120		μV	Non-adjustable
Output REL						
Output Low Current	IOL	10			mA	VOL<1V
Output High Current	IOH			-10	mA	VOH>(VDD-1V)
REL Low Level Output Blockade Time	TOL		2.3		s	Non-adjustable
REL High Level Output Delay Time	TOH		2.3		s	
Oscillator & Filter						
Low pass filter cut-off frequency				7	Hz	
High pass filter cut-off frequency				0.44	Hz	
Oscillator frequency on Chip	FCLK			64	kHz	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Copyright © Future Technology Devices International Limited
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Interior Block Diagram	

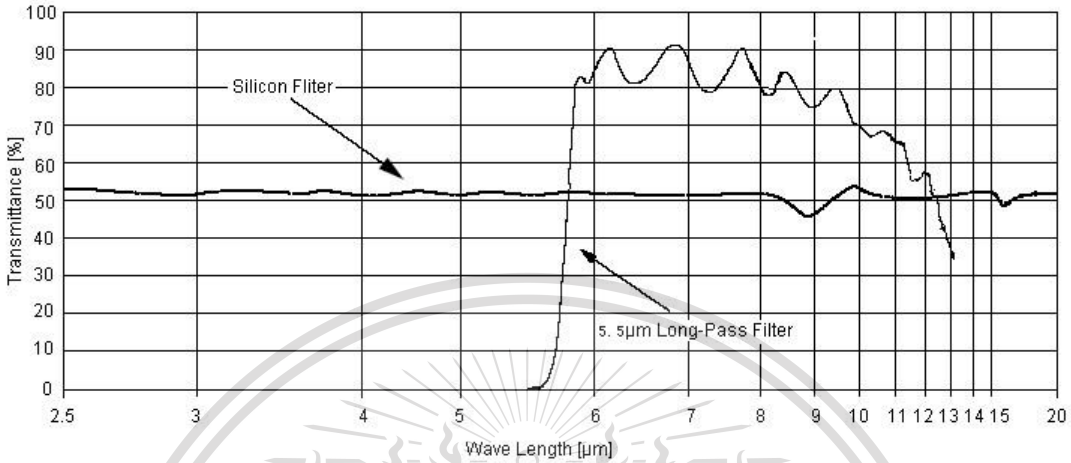
Typical Application



Notes：This is only reference circuit for PIR Sensor AM312.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Copyright © Future Technology Devices International Limited
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Spectral Response of Window Materials

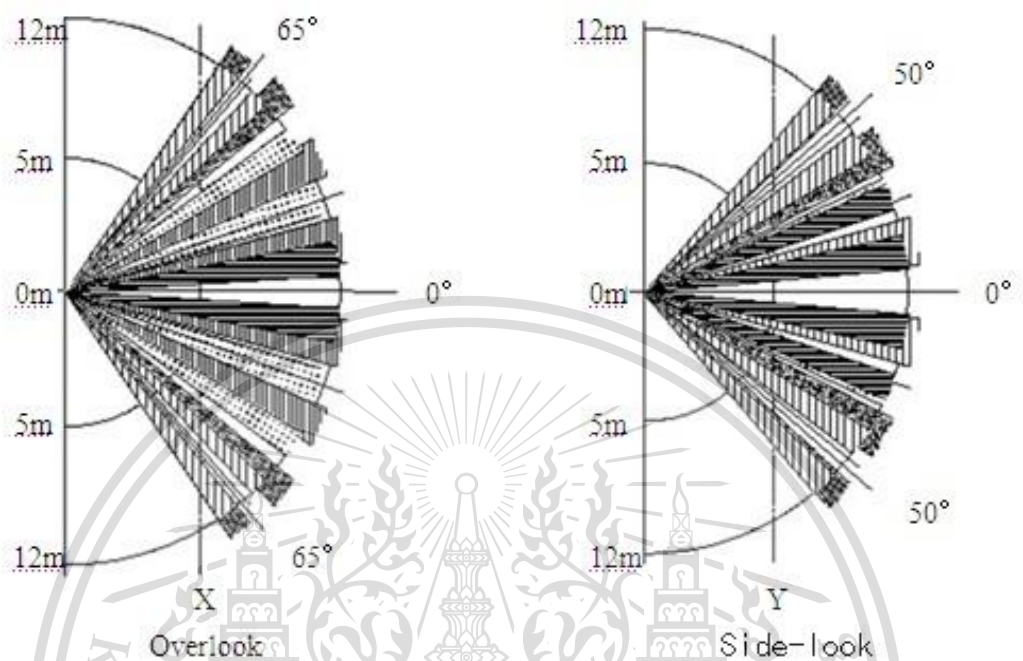


Notice:

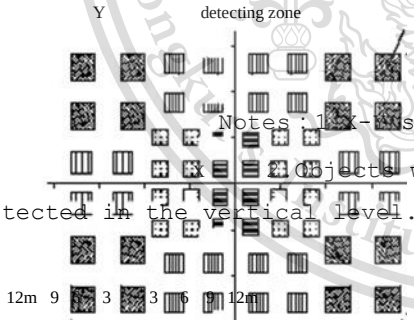
The typical average transmissivity curve of 5.5μm pass IR filter is figured, which is vacuumed on silicon filter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Copyright © Future Technology Devices International Limited
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

View of Field



X-Y sectional view



Notes: 1. X-Y sectional view represent the detecting area。
2. Objects with temperature difference can be
Detected in the vertical level.

Directions for Use

•Pay attention to the mounting direction of the sensor's element and the size of element ichnography. Combining with focus of Fresnel lens can achieve a optimal optics design.

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Copyright © Future Technology Devices International Limited
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

●The ex-factory parameter of sensor is gained by testing in the condition of standard Black Body and the relevant circuit after one minute steadying-time.

●The detecting distance of sensor is a multidimensional function, consisting of ambient temperature, temperature of moving target , target distance of Fresnel Lens', ambient humidity , amplifier gain and comparison voltage.

●The welding shall be made at 4mm above as per the recommendation for lead wire of sensor seat, and the welding should be completed in the shortest possible time.

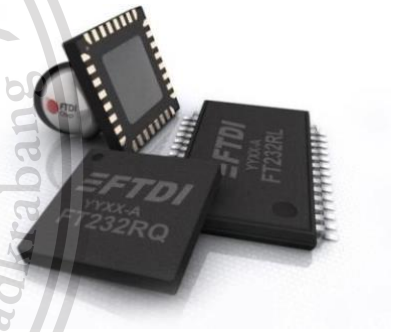
●Do not touch the window by hand and the hard things directly.

●Strong shake and static should be avoided.

●100pcs per small package ,3000pcs per large package.

Future Technology Devices International Ltd.

FT232R USB UART IC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Copyright © Future Technology Devices International Limited
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Datasheet

The FT232R is a USB to serial UART interface with the following advanced features:

- Single chip USB to asynchronous serial data transfer interface.
- Entire USB protocol handled on the chip. No USB specific firmware programming required.
- Fully integrated 1024 bit EEPROM storing device descriptors and CBUS I/O configuration. Fully integrated USB termination resistors.
- Fully integrated clock generation with no external crystal required plus optional clock output selection enabling a glue-less interface to external MCU or FPGA.
- Data transfer rates from 300 baud to 3 Mbaud (RS422, RS485, RS232) at TTL levels.
- 128 byte receive buffer and 256 byte transmit buffer utilising buffer smoothing technology to allow for high data throughput.
- FTDI's royalty-free Virtual Com Port (VCP) and Direct (D2XX) drivers eliminate the requirement for USB driver development in most cases.
- Synchronous and asynchronous bit bang interface options with RD# and WR# strobes.
- Device supplied pre-programmed with unique USB serial number.
- Supports bus powered, self-powered and highpower bus powered USB configurations.
- Integrated +3.3V level converter for USB I/O.
- Integrated level converter on UART and CBUS for interfacing to between +1.8V and +5V logic.
- True 5V/3.3V/2.8V/1.8V CMOS drive output and TTL input.
- Configurable I/O pin output drive strength.
- Integrated power-on-reset circuit.
- Fully integrated AVCC supply filtering - no external filtering required.
- UART signal inversion option.
- +3.3V (using external oscillator) to +5.25V (internal oscillator) Single Supply Operation.
- Low operating and USB suspend current.
- Low USB bandwidth consumption.
- UHCI/OHCI/EHCI host controller compatible.
- USB 2.0 Full Speed compatible.
- -40°C to 85°C extended operating temperature range.
- Available in compact Pb-free 28 Pin SSOP and QFN-32 packages (both RoHS compliant).

Neither the whole nor any part of the information contained in, or the product described in this manual, may be adapted or reproduced in any material or electro without the prior written consent of the copyright holder. This product and its documentation are supplied on an as-is basis and no warranty as to their suitabilit particular purpose is either made or implied. Future Technology Devices International Ltd will not accept any claim for damages howsoever arising as a result c failure of this product. Your statutory rights are not affected. This product or any variant of it is not intended for use in any medical appliance, device or system the failure of the product might reasonably be expected to result in personal injury. This document provides preliminary information that may be subject to chan notice. No freedom to use patents or other intellectual property rights is implied by the publication of this document. Future Technology Devices International L
2 Seaward Place, Centurion Business Park, Glasgow
G41 1HH United Kingdom. Scotland Registered Company Number: SC136640

- Unique USB FTDIChip-ID™ feature.
- Configurable CBUS I/O pins.
- Transmit and receive LED drive signals.
- UART interface support for 7 or 8 data bits, 1 or 2 stop bits and odd / even / mark / space / no parity
- FIFO receives and transmits buffers for high data throughput.

1 Typical Applications

- USB to RS232/RS422/RS485 Converters
- Upgrading Legacy Peripherals to USB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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.

- Cellular and Cordless Phone USB data transfer cables and interfaces
- Interfacing MCU/PLD/FPGA based designs to USB
- USB Audio and Low Bandwidth Video data transfer
- PDA to USB data transfer
- USB Smart Card Readers
- USB Instrumentation
- USB Industrial Control
- USB MP3 Player Interface
- USB FLASH Card Reader and Writers
- Set Top Box PC - USB interface
- USB Digital Camera Interface
- USB Hardware Modems
- USB Wireless Modems
- USB Bar Code Readers
- USB Software and Hardware Encryption Dongles
- Linux 2.4 and greater

1.1 Driver Support

Royalty free VIRTUAL COM PORT (VCP) DRIVERS for...

- Windows 10 32,64-bit
- Windows 8/8.1 32,64-bit
- Windows 7 32,64-bit
- Windows Vista and Vista 64-bit
- Windows XP and XP 64-bit
- Windows 98, 98SE, ME, 2000, Server 2003, XP, Server 2008 and server 2012 R2
- Windows XP Embedded
- Windows CE 4.2, 5.0 and 6.0
- Mac OS 8/9, OS-X

Royalty free D2XX *Direct* Drivers (USB Drivers + DLL S/W Interface)

- Windows 10 32,64-bit
- Windows 8/8.1 32,64-bit
- Windows 7 32,64-bit
- Windows Vista and Vista 64-bit
- Windows XP and XP 64-bit
- Windows 98, 98SE, ME, 2000, Server 2003, XP, Server 2008 and server 2012 R2
- Windows XP Embedded
- Windows CE 4.2, 5.0 and 6.0
- Linux 2.4 and greater
- Android(J2xx)

The drivers listed above are all available to download for free from FTDI website (www.ftdichip.com). Various 3rd party drivers are also available for other operating systems - see FTDI website (www.ftdichip.com) for details.

For driver installation, please refer to http://www.ftdichip.com/Documents/InstallGuides.htm

1.2 Part Numbers

Part Number	Package
FT232RQ-xxxx	32 Pin QFN
FT232RL-xxxx	28 Pin SSOP

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.

Note: Packing codes for xxxx is:

- Reel: Taped and Reel, (SSOP is 2,000pcs per reel, QFN is 6,000pcs per reel).
- Tube: Tube packing, 47pcs per tube (SSOP only)
- Tray: Tray packing, 490pcs per tray (QFN only)

For example: FT232RQ-Reel is 6,000pcs taped and reel packing

1.3 USB Compliant

The FT232R is fully compliant with the USB 2.0 specification and has been given the USB-IF Test-ID (TID) 40680004 (Rev B) and 40770018 (Rev C).

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 FT232R Block Diagram

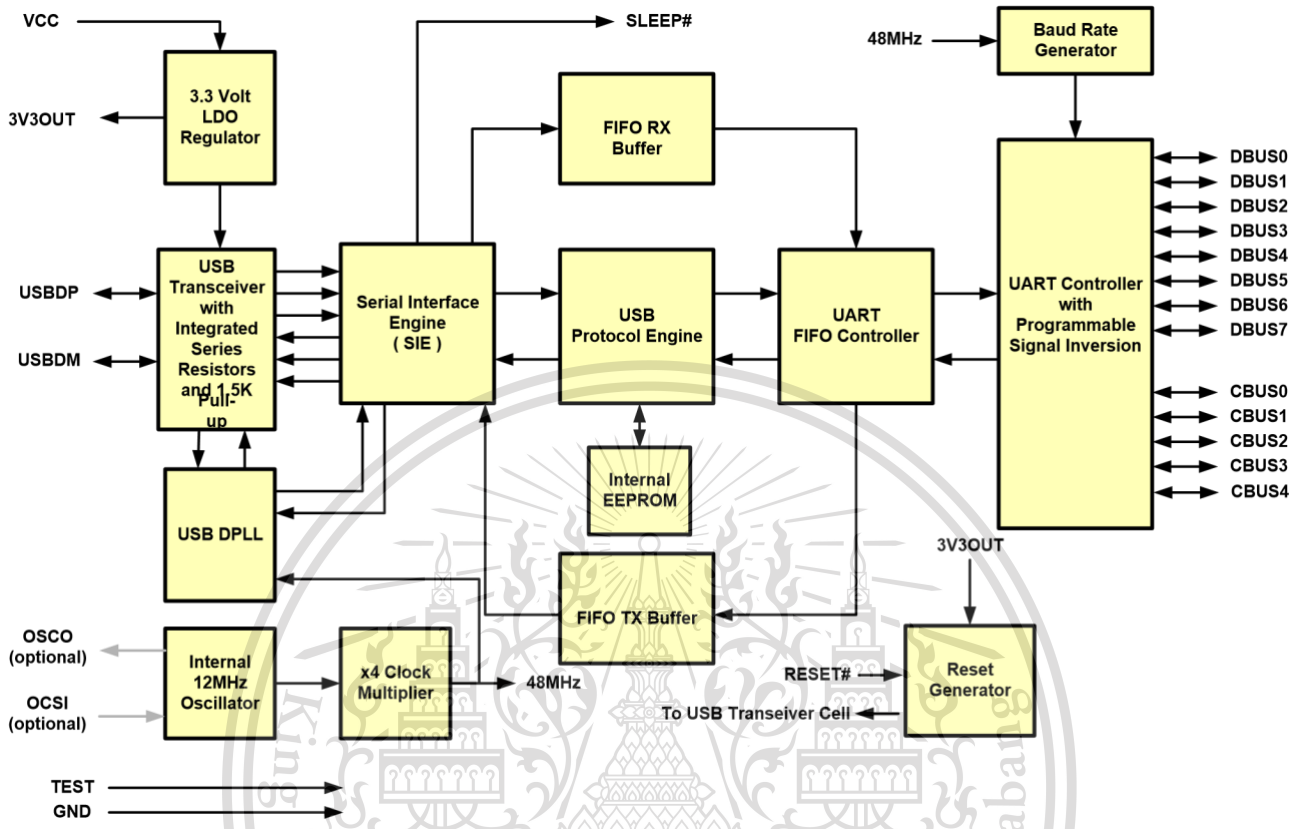


Figure 2.1 FT232R Block Diagram

For a description of each function please refer to Section **4**.

Table of Contents

1 Typical Applications 15
1.1 Driver Support 16
1.2 Part Numbers 16
1.3 USB Compliant 17
2 FT232R Block Diagram 18
3 Device Pin Out and Signal Description 20
3.1 28-LD SSOP Package 20
3.2 SSOP Package Pin Out Description 21
3.3 QFN-32 Package 23

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.

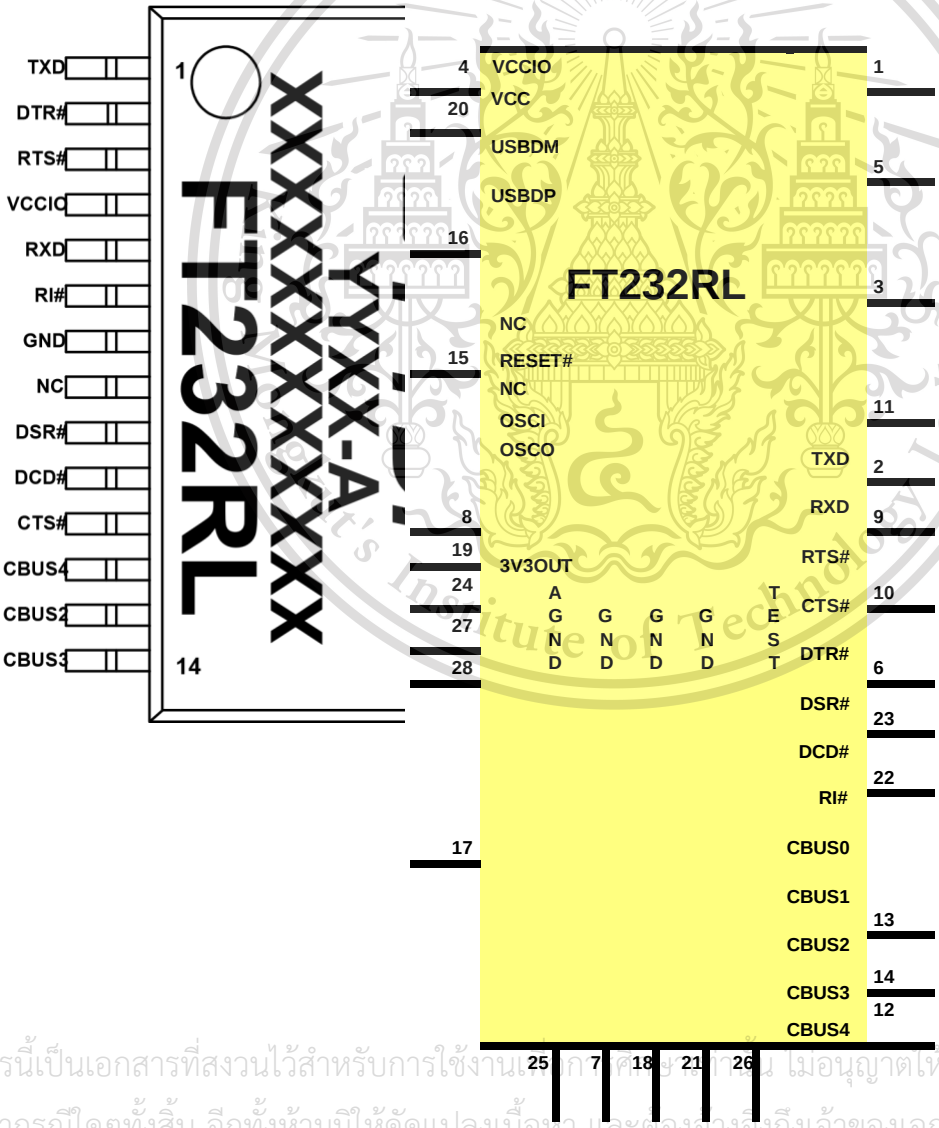
3.4 QFN-32 Package Signal Description 24
3.5 CBUS Signal Options 26
4 Function Description 27
4.1 Key Features 28
4.2 Functional Block Descriptions 29
5 Devices Characteristics and Ratings 31
5.1 Absolute Maximum Ratings 31
5.2 DC Characteristics 32
5.3 EEPROM Reliability Characteristics 36
5.4 Internal Clock Characteristics 36
5.5 Thermal Characteristics 37
6 USB Power Configurations 37
6.1 USB Bus Powered Configuration 38
6.2 Self Powered Configuration 39
6.3 USB Bus Powered with Power Switching Configuration 40
6.4 USB Bus Powered with Selectable External Logic Supply 41
7 Application Examples 44
7.1 USB to RS232 Converter 44
7.2 USB to RS485 Converter 45
7.3 USB to RS422 Converter 46
7.4 USB to MCU UART Interface 47
7.5 LED Interface 47
7.6 Using the External Oscillator 48
8 Internal EEPROM Configuration 50
9 Package Parameters 51
9.1 SSOP-28 Package Dimensions 52
9.2 QFN-32 Package Dimensions 53
9.3 Solder Reflow Profile 54
10 Alternative Parts 55
11 Contact Information 57

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.

Appendix A – References 1
Document References 1
Acronyms and Abbreviations 1
Appendix B – List of Figures and Tables 2
List of Figures 2
List of Tables 3
Appendix C – Revision History 6

3 Device Pin Out and Signal Description

3.1 28-LD SSOP Package



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 3.1 SSOP Package Pin Out and Schematic Symbol

3.2 SSOP Package Pin Out Description

Note: The convention used throughout this document for active low signals is the signal name followed by#

Pin No.	Name	Type	Description
15	USBDP	I/O	USB Data Signal Plus, incorporating internal series resistor and 1.5kΩ pull up resistor to 3.3V.
16	USBDM	I/O	USB Data Signal Minus, incorporating internal series resistor.

Table 3.1 USB Interface Group

Pin No.	Name	Type	Description
4	VCCIO	PWR	+1.8V to +5.25V supply to the UART Interface and CBUS group pins (1...3, 5, 6, 9...14, 22, 23). In USB bus powered designs connect this pin to 3V3OUT pin to drive out at +3.3V levels, or connect to VCC to drive out at 5V CMOS level. This pin can also be supplied with an external +1.8V to +2.8V supply in order to drive outputs at lower levels. It should be noted that in this case this supply should originate from the same source as the supply to VCC. This means that in bus powered designs a regulator which is supplied by the +5V on the USB bus should be used.
7, 18, 21	GND	PWR	Device ground supply pins
17	3V3OUT	Output	+3.3V output from integrated LDO regulator. This pin should be decoupled to ground using a 100nF capacitor. The main use of this pin is to provide the internal +3.3V supply to the USB transceiver cell and the internal 1.5kΩ pull up resistor on USBDP. Up to 50mA can be drawn from
Pin No.	**Name**	**Type**	**Description**
			this pin to power external logic if required. This pin can also be used to supply the VCCIO pin.
20	VCC	PWR	+3.3V to +5.25V supply to the device core. (see Note 1)
25	AGND	PWR	Device analogue ground supply for internal clock multiplier

Table 3.2 Power and Ground Group

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 No.	Name	Type	Description
8, 24	NC	NC	No internal connection
19	RESET#	Input	Active low reset pin. This can be used by an external device to reset the FT232R. If not required can be left unconnected, or pulled up to VCC.
26	TEST	Input	Puts the device into IC test mode. Must be tied to GND for normal operation, otherwise the device will appear to fail.
27	OSCI	Input	Input 12MHz Oscillator Cell. Optional – Can be left unconnected for normal operation. (see Note 2)
28	OSCO	Output	Output from 12MHZ Oscillator Cell. Optional – Can be left unconnected for normal operation if internal Oscillator is used. (see Note 2)

Table 3.3 Miscellaneous Signal Group

Pin No.	Name	Type	Description
1	TXD	Output	Transmit Asynchronous Data Output.
2	DTR#	Output	Data Terminal Ready Control Output / Handshake Signal.
3	RTS#	Output	Request to Send Control Output / Handshake Signal.
5	RXD	Input	Receiving Asynchronous Data Input.
6	RI#	Input	Ring Indicator Control Input. When remote wake up is enabled in the internal EEPROM taking RI# low (20ms active low pulse) can be used to resume the PC USB host controller from suspend.
9	DSR#	Input	Data Set Ready Control Input / Handshake Signal.
10	DCD#	Input	Data Carrier Detect Control Input.
11	CTS#	Input	Clear To Send Control Input / Handshake Signal.
12	CBUS4	I/O	Configurable CBUS output only Pin. Function of this pin is configured in the device internal EEPROM. Factory default configuration is SLEEP#. See CBUS Signal Options, Table 3.9.
13	CBUS2	I/O	Configurable CBUS I/O Pin. Function of this pin is configured in the device internal EEPROM. Factory default configuration is TXDEN. See CBUS Signal Options, Table 3.9.
14	CBUS3	I/O	Configurable CBUS I/O Pin. Function of this pin is configured in the device internal EEPROM. Factory default configuration is PWREN#. See CBUS Signal Options, Table 3.9. PWREN# should be used with a 10kΩ resistor pull up.

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.

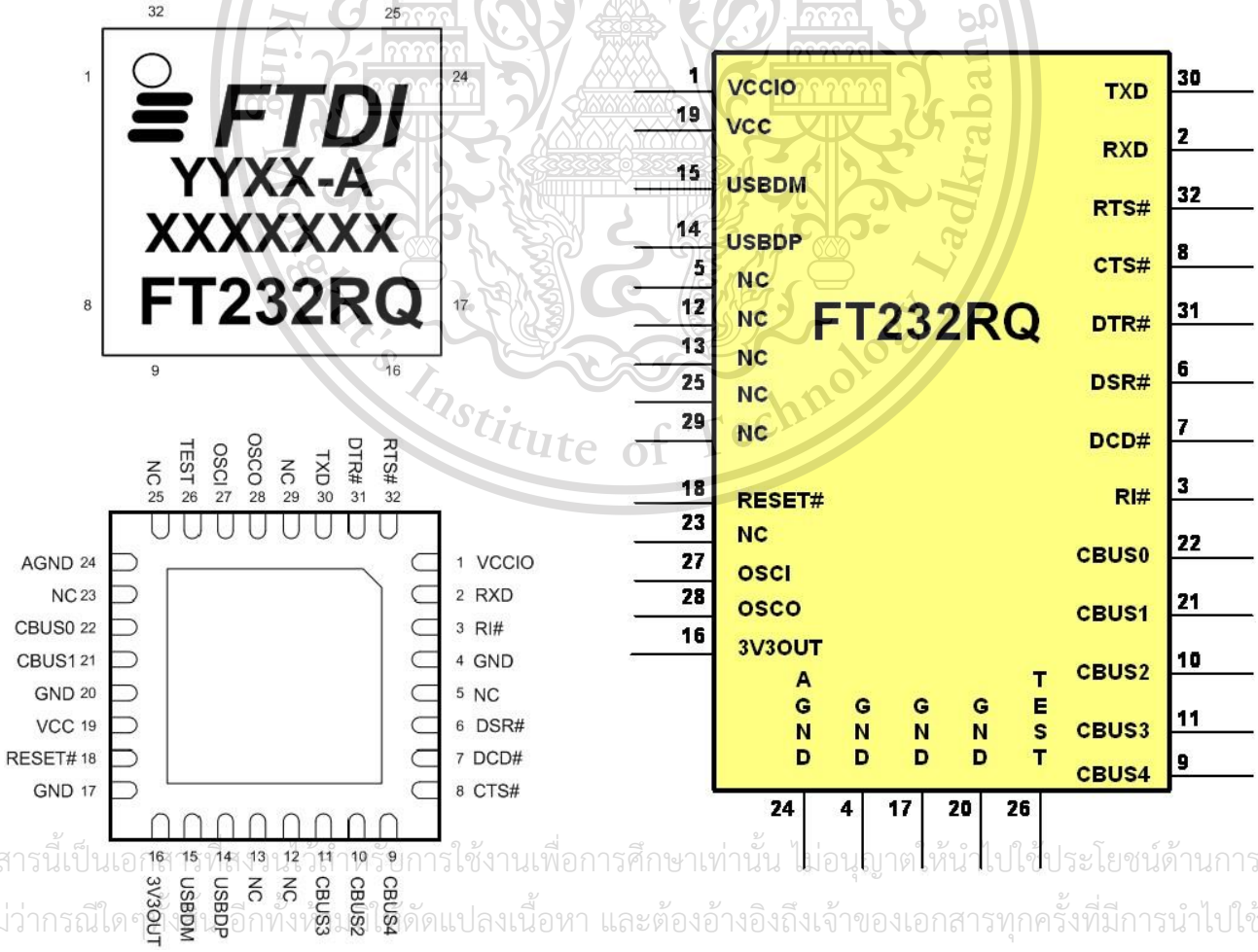
22	CBUS1	I/O	Configurable CBUS I/O Pin. Function of this pin is configured in the device internal EEPROM. Factory default configuration is RXLED#. See CBUS Signal Options, Table 3.9.
23	CBUS0	I/O	Configurable CBUS I/O Pin. Function of this pin is configured in the device internal EEPROM. Factory default configuration is TXLED#. See CBUS Signal Options, Table 3.9.

Table 3.4 UART Interface and CUSB Group

(see note 3) Notes:

1. The minimum operating voltage VCC must be +4.0V (could use VBUS=+5V) when using the internal clock generator. Operation at +3.3V is possible using an external crystal oscillator.
2. For details on how to use an external crystal, ceramic resonator, or oscillator with the FT232R, please refer Section 7.6
3. When used in Input Mode, the input pins are pulled to VCCIO via internal 200kΩ resistors. These pins can be programmed to gently pull low during USB suspend (PWREN# = "1") by setting an option in the internal EEPROM.

3.3 QFN-32 Package



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 3.2 QFN-32 Package Pin Out and schematic symbol

3.4 QFN-32 Package Signal Description

Pin No.	Name	Type	Description
14	USBDP	I/O	USB Data Signal Plus, incorporating internal series resistor and 1.5kΩ pull up resistor to +3.3V.
15	USBDM	I/O	USB Data Signal Minus, incorporating internal series resistor.

Table 3.5 USB Interface Group

Pin No.	Name	Type	Description
1	VCCIO	PWR	+1.8V to +5.25V supply for the UART Interface and CBUS group pins (2,3, 6,7,8,9,10,11,21,22,30,31,32). In USB bus powered designs connect this pin to 3V3OUT to drive out at +3.3V levels, or connect to VCC to drive out at +5V CMOS level. This pin can also be supplied with an external +1.8V to +2.8V supply in order to drive out at lower levels. It should be noted that in this case this supply should originate from the same source as the supply to VCC. This means that in bus powered designs a regulator which is supplied by the +5V on the USB bus should be used.
4, 17, 20	GND	PWR	Device ground supply pins.
16	3V3OUT	Output	+3.3V output from integrated LDO regulator. This pin should be decoupled
Pin No.	**Name**	**Type**	**Description**
			to ground using a 100nF capacitor. The purpose of this output is to provide the internal +3.3V supply to the USB transceiver cell and the internal 1.5kΩ pull up resistor on USBDP. Up to 50mA can be drawn from this pin to power external logic if required. This pin can also be used to supply the VCCIO pin.
19	VCC	PWR	+3.3V to +5.25V supply to the device core. (See Note 1).
24	AGND	PWR	Device analogue ground supply for internal clock multiplier.

Table 3.6 Power and Ground Group

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 No.	Name	Type	Description
5, 12, 13, 23, 25, 29	NC	NC	No internal connection. Do not connect.
18	RESET#	Input	Active low reset. Can be used by an external device to reset the FT232R. If not required can be left unconnected, or pulled up to VCC.
26	TEST	Input	Puts the device into IC test mode. Must be tied to GND for normal operation, otherwise the device will appear to fail.
27	OSCI	Input	Input 12MHz Oscillator Cell. Optional – Can be left unconnected for normal operation. (See Note 2).
28	OSCO	Output	Output from 12MHZ Oscillator Cell. Optional – Can be left unconnected for normal operation if internal Oscillator is used. (See Note 2).

Table 3.7 Miscellaneous Signal Group

Pin No.	Name	Type	Description
30	TXD	Output	Transmit Asynchronous Data Output.
31	DTR#	Output	Data Terminal Ready Control Output / Handshake Signal.
32	RTS#	Output	Request to Send Control Output / Handshake Signal.
2	RXD	Input	Receiving Asynchronous Data Input.
3	RI#	Input	Ring Indicator Control Input. When remote wake up is enabled in the internal EEPROM taking RI# low (20ms active low pulse) can be used to resume the PC USB host controller from suspend.
6	DSR#	Input	Data Set Ready Control Input / Handshake Signal.
7	DCD#	Input	Data Carrier Detect Control Input.
8	CTS#	Input	Clear To Send Control Input / Handshake Signal.
9	CBUS4	I/O	Configurable CBUS output only Pin. Function of this pin is configured in the device internal EEPROM. Factory default configuration is SLEEP#. See CBUS Signal Options, Table 3.9.
10	CBUS2	I/O	Configurable CBUS I/O Pin. Function of this pin is configured in the device internal EEPROM. Factory default configuration is TXDEN. See CBUS Signal Options, Table 3.9.
11	CBUS3	I/O	Configurable CBUS I/O Pin. Function of this pin is configured in the device internal EEPROM. Factory default configuration is PWREN#. See CBUS Signal Options, Table 3.9. PWREN# should be used with a 10kΩ resistor pull up.

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.

21	CBUS1	I/O	Configurable CBUS I/O Pin. Function of this pin is configured in the device internal EEPROM. Factory default configuration is RXLED#. See CBUS Signal Options, Table 3.9.
22	CBUS0	I/O	Configurable CBUS I/O Pin. Function of this pin is configured in the device internal EEPROM. Factory default configuration is TXLED#. See CBUS Signal Options, Table 3.9.

Table 3.8 UART Interface and CBUS Group

(see note 3) Notes:

1. The minimum operating voltage VCC must be +4.0V (could use VBUS=+5V) when using the internal clock generator. Operation at +3.3V is possible using an external crystal oscillator.
2. For details on how to use an external crystal, ceramic resonator, or oscillator with the FT232R, please refer to Section 7.6.
3. When used in Input Mode, the input pins are pulled to VCCIO via internal 200kΩ resistors. These pins can be programmed to gently pull low during USB suspend (PWREN# = "1") by setting an option in the internal EEPROM.

3.5 CBUS Signal Options

The following options can be configured on the CBUS I/O pins. CBUS signal options are common to both package versions of the FT232R. These options can be configured in the internal EEPROM using the software utility FT_PROG, which can be downloaded from the FTDI Utilities (www.ftdichip.com). The default configuration is described in Section 8.

CBUS Signal Option	Available On CBUS Pin	Description
TXDEN	CBUS0, CBUS1, CBUS2, CBUS3, CBUS4	Enable transmit data for RS485
PWREN#	CBUS0, CBUS1, CBUS2, CBUS3, CBUS4	Output is low after the device has been configured by USB, then high during USB suspending mode. This output can be used to control power to external logic P-Channel logic level MOSFET switch. Enable the interface pull-down option when using the PWREN# in this way.*
TXLED#	CBUS0, CBUS1, CBUS2, CBUS3, CBUS4	Transmit data LED drive: Data from USB Host to FT232R. Pulses low when transmitting data via USB. See Section 7.5 for more details.

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.

RXLED#	CBUS0, CBUS1, CBUS2, CBUS3, CBUS4	Receive data LED drive: Data from FT232R to USB Host. Pulses low when receiving data via USB. See Section 7.5 for more details.
TX&RXLED#	CBUS0, CBUS1, CBUS2, CBUS3, CBUS4	LED drive – pulses low when transmitting or receiving data via USB. See Section 7.5 for more details.
SLEEP#	CBUS0, CBUS1, CBUS2, CBUS3, CBUS4	Goes low during USB suspend mode. Typically used to power down an external TTL to RS232 level converter IC in USB to RS232 converter designs.
CLK48	CBUS0, CBUS1, CBUS2, CBUS3, CBUS4	48MHz ±0.7% Clock output. **
CLK24	CBUS0, CBUS1, CBUS2, CBUS3, CBUS4	24 MHz Clock output. **
CLK12	CBUS0, CBUS1, CBUS2, CBUS3, CBUS4	12 MHz Clock output. **
CLK6	CBUS0, CBUS1, CBUS2, CBUS3, CBUS4	6 MHz ±0.7% Clock output. **
CBitBangI/O	CBUS0, CBUS1, CBUS2, CBUS3	CBUS bit bang mode option. Allows up to 4 of the CBUS pins to be used as general purpose I/O. Configured individually for CBUS0, CBUS1, CBUS2 and CBUS3 in the internal EEPROM. A separate application note, AN232R-01, available from FTDI website (www.ftdichip.com) describes in more detail how to use CBUS bit bang mode.
BitBangWRn	CBUS0, CBUS1	Synchronous and asynchronous bit bang mode WR# strobe output.
BitBangRDn	CBUS0, CBUS1, CBUS2, CBUS3	Synchronous and asynchronous bit bang mode RD# strobe output.

Table 3.9 CBUS Configuration Control

* PWREN# must be used with a 10kΩ resistor pull up.

**When in USB suspend mode the outputs clocks are also suspended.

4 Function Description

The FT232R is a USB to serial UART interface device which simplifies USB to serial designs and reduces external component count by fully integrating an external EEPROM, USB termination resistors and an integrated clock circuit which requires no external crystal, into the device. It has

เอกสารนี้นักศึกษาใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 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.

been designed to operate efficiently with a USB host controller by using as little as possible of the total USB bandwidth available.

4.1 Key Features

Functional Integration. Fully integrated EEPROM, USB termination resistors, clock generation, AVCC filtering, POR and LDO regulator.

Configurable CBUS I/O Pin Options. The fully integrated EEPROM allows configuration of the Control
Bus (CBUS) functionality, signal inversion and drive strength selection. There are 5 configurable CBUS I/O pins. These configurable options are -

1. **TXDEN** - transmit enable for RS485 designs.
2. **PWREN#** - Power control for high power, bus powered designs.
3. **TXLED#** - for pulsing an LED upon transmission of data.
4. **RXLED#** - for pulsing an LED upon receiving data.
5. **TX&RXLED#** - which will pulse an LED upon transmission OR reception of data**.**
6. **SLEEP#** - indicates that the device going into USB suspend mode.
7. **CLK48 / CLK24 / CLK12 / CLK6** - 48MHz, 24MHz, 12MHz, and 6MHz clock output signal options.
8. **BitBangWRn / BitBangRDn** - Synchronous and asynchronous bit bang mode WR# / RD# strobe outputs

The CBUS pins can also be individually configured as GPIO pins, similar to asynchronous bit bang mode. It is possible to use this mode while the UART interface is being used, thus providing up to 4 general purpose I/O pins which are available during normal operation. An application note, AN232R-01, available from FTDI website (www.ftdichip.com) describes this feature.

The CBUS lines can be configured with any one of these output options by setting bits in the internal EEPROM. The device is supplied with the most commonly used pin definitions pre-programmed - see Section 8 for details.

Asynchronous Bit Bang Mode with RD# and WR# Strobes. The FT232R supports FTDI's previous chip generation bit-bang mode. In bit-bang mode, the eight UART lines can be switched from the regular interface mode to an 8-bit general purpose I/O port. Data packets can be sent to the device and they will be sequentially sent to the interface at a rate controlled by an internal timer (equivalent to the baud rate pre-scaler). With the FT232R device this mode has been enhanced by outputting the internal RD# and WR# strobes signals which can be used to allow external logic to be clocked by accesses to the bit-bang I/O bus. This option will be described more fully in a separate application note available from FTDI website (www.ftdichip.com).

Synchronous Bit Bang Mode. The FT232R supports synchronous bit bang mode. This mode differs from asynchronous bit bang mode in that the interface pins are only read when the device is written to. This makes it easier for the controlling program to measure the response to an

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

output stimulus as the data returned is synchronous to the output data. An application note, AN232R-01, available from FTDI website (www.ftdichip.com) describes this feature.

FTDIChip-ID™. The FT232R also includes the new FTDIChip-ID™ security dongle feature. This FTDIChip-ID™ feature allows a unique number to be burnt into each device during manufacture. This number cannot be reprogrammed. This number is only readable over USB and forms a basis of a security dongle which can be used to protect any customer application software being copied. This allows the possibility of using the FT232R in a dongle for software licensing. Further to this, a renewable license scheme can be implemented based on the FTDIChip-ID™ number when encrypted with other information. This encrypted number can be stored in the user area of the FT232R internal EEPROM, and can be decrypted, then compared with the protected FTDIChip-ID™ to verify that a license is valid. Web based applications can be used to maintain product licensing this way. An application note, AN232R-02, available from FTDI website (www.ftdichip.com) describes this feature.

The FT232R is capable of operating at a voltage supply between +3.3V and +5V with a nominal operational mode current of 15mA and a nominal USB suspend mode current of 70µA. This allows greater margin for peripheral designs to meet the USB suspend mode current limit of 2.5mA. An integrated level converter within the UART interface allows the FT232R to interface to UART logic running at +1.8V, 2.5V, +3.3V or +5V.

4.2 Functional Block Descriptions

The following paragraphs detail each function within the FT232R. Please refer to the block diagram shown in **Figure 2.1**.

Internal EEPROM. The internal EEPROM in the FT232R is used to store USB Vendor ID (VID), Product ID (PID), device serial number, product description string and various other USB configuration descriptors. The internal EEPROM is also used to configure the CBUS pin functions. The FT232R is supplied with the internal EEPROM pre-programmed as described in Section 8. A user area of the internal EEPROM is available to system designers to allow storing additional data. The internal EEPROM descriptors can be programmed in circuit, over USB without any additional voltage requirement. It can be programmed using the FTDI utility software called FT_PROG, which can be downloaded from FTDI Utilities on the FTDI website (www.ftdichip.com).

+3.3V LDO Regulator. The +3.3V LDO regulator generates the +3.3V reference voltage for driving the
USB transceiver cell output buffers. It requires an external decoupling capacitor to be attached to the
3V3OUT regulator output pin. It also provides +3.3V power to the 1.5kΩ internal pull up resistor on USBDP. The main function of the LDO is to power the USB Transceiver and the Reset Generator Cells rather than to power external logic. However, it can be used to supply external circuitry requiring a +3.3V nominal supply with a maximum current of 50mA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USB Transceiver. The USB Transceiver Cell provides the USB 1.1 / USB 2.0 full-speed physical interface to the USB cable. The output drivers provide +3.3V level slew rate control

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

signalling, whilst a differential input receiver and two single ended input receivers provide USB data in, Single-Ended-0 (SE0) and USB reset detection conditions respectfully. This function also incorporates the internal USB series termination resistors on the USB data lines and a 1.5kΩ pull up resistor on USBDP.

USB DPLL. The USB DPLL cell locks on to the incoming NRZI USB data and generates recovered clock and data signals for the Serial Interface Engine (SIE) block.

Internal 12MHz Oscillator - The Internal 12MHz Oscillator cell generates a 12MHz reference clock. This provides an input to the x4 Clock Multiplier function. The 12MHz Oscillator is also used as the reference clock for the SIE, USB Protocol Engine and UART FIFO controller blocks.

Clock Multiplier / Divider. The Clock Multiplier / Divider takes the 12MHz input from the Internal Oscillator function and generates the 48MHz, 24MHz, 12MHz and 6MHz reference clock signals. The 48Mz clock reference is used by the USB DPLL and the Baud Rate Generator blocks.

Serial Interface Engine (SIE). The Serial Interface Engine (SIE) block performs the parallel to serial and serial to parallel conversion of the USB data. In accordance with the USB 2.0 specification, it performs bit stuffing/un-stuffing and CRC5/CRC16 generation. It also checks the CRC on the USB data stream.

USB Protocol Engine. The USB Protocol Engine manages the data stream from the device USB control endpoint. It handles the low level USB protocol requests generated by the USB host controller and the commands for controlling the functional parameters of the UART in accordance with the USB 2.0 specification chapter 9.

FIFO RX Buffer (128 bytes). Data sent from the USB host controller to the UART via the USB data OUT endpoint is stored in the FIFO RX (receive) buffer. Data is removed from the buffer to the UART transmit register under control of the UART FIFO controller. (Rx relative to the USB interface).

FIFO TX Buffer (256 bytes). Data from the UART receive register is stored in the TX buffer. The USB host controller removes data from the FIFO TX Buffer by sending a USB request for data from the device data IN endpoint. (Tx relative to the USB interface).

UART FIFO Controller. The UART FIFO controller handles the transfer of data between the FIFO RX and TX buffers and the UART transmit and receive registers.

UART Controller with Programmable Signal Inversion and High Drive. Together with the UART FIFO Controller the UART Controller handles the transfer of data between the FIFO RX and FIFO TX buffers and the UART transmit and receive registers. It performs asynchronous 7 or 8 bit parallel to serial and serial to parallel conversion of the data on the RS232 (or RS422 or RS485) interface.

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.

Control signals supported by UART mode include RTS, CTS, DSR, DTR, DCD and RI. The UART Controller also provides a transmitter enable control signal pin option (TXDEN) to assist with interfacing to RS485 transceivers. RTS/CTS, DSR/DTR and XON / XOFF handshaking options are also supported. Handshaking is handled in hardware to ensure fast response times. The UART interface also supports the RS232 BREAK setting and detection conditions.

Additionally, the UART signals can each be individually inverted and have a configurable high drive strength capability. Both these features are configurable in the EEPROM.

Baud Rate Generator - The Baud Rate Generator provides a 16x clock input to the UART Controller from the 48MHz reference clock. It consists of a 14 bit pre-scaler and 3 register bits which provide fine tuning of the baud rate (used to divide by a number plus a fraction or "sub-integer"). This determines the baud rate of the UART, which is programmable from 183 baud to 3 Mbaud.

The FT232R supports all standard baud rates and non-standard baud rates from 183 Baud up to 3 Mbaud. Achievable non-standard baud rates are calculated as follows -

Baud Rate = 3000000 / (n + x)

Where 'n' can be any integer between 2 and 16,384 (= 2^{14}) and 'x' can be a sub-integer of the value 0, 0.125, 0.25, 0.375, 0.5, 0.625, 0.75, or 0.875. When n = 1, x = 0, i.e. baud rate divisors with values between 1 and 2 are not possible.

This gives achievable baud rates in the range 183.1 baud to 3,000,000 baud. When a non-standard baud rate is required simply pass the required baud rate value to the driver as normal, and the FTDI driver will calculate the required divisor, and set the baud rate. See FTDI application note AN232B-05 on the FTDI website (www.ftdichip.com) for more details.

RESET Generator - The integrated Reset Generator Cell provides a reliable power-on reset to the device internal circuitry at power up. The RESET# input pin allows an external device to reset the FT232R. RESET# can be tied to VCC or left unconnected if not being used.

5 Devices Characteristics and Ratings

5.1 Absolute Maximum Ratings

The absolute maximum ratings for the FT232R devices are as follows. These are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134). Exceeding these may cause permanent damage to the device.

Parameter	Value	Units
Storage Temperature	-65 to 150	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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.

Floor Life (Out of Bag) At Factory Ambient (30°C / 60% Relative Humidity)	168 (IPC/JEDEC J-STD-033A MSL Level 3 Compliant)*	Hours
Ambient Temperature (Power Applied)	-40 to 85	°C
MTTF FT232RL	11162037	hours
MTTF FT232RQ	4464815	hours
VCC Supply Voltage	-0.5 to +6.00	V
DC Input Voltage – USBDP and USBDM	-0.5 to +3.8	V
DC Input Voltage – High Impedance Bidirectional	-0.5 to + (VCC +0.5)	V
DC Input Voltage – All Other Inputs	-0.5 to + (VCC +0.5)	V
DC Output Current – Outputs	24	mA
DC Output Current – Low Impedance Bidirectional	24	mA
Power Dissipation (VCC = 5.25V)	500	mW

Table 5.1 Absolute Maximum Ratings

* If devices are stored out of the packaging beyond this time limit the devices should be baked before use. The devices should be ramped up to a temperature of +125°C and baked for up to 17 hours.

5.2 DC Characteristics

DC Characteristics (Ambient Temperature = -40°C to +85°C)

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions
VCC1	VCC Operating Supply Voltage	4.0	---	5.25	V	Using Internal Oscillator
VCC1	VCC Operating Supply Voltage	3.3	---	5.25	V	Using External Crystal
VCC2	VCCIO Operating Supply Voltage	1.8	---	5.25	V	
Icc1	Operating Supply Current	---	15	---	mA	Normal Operation
Icc2	Operating Supply Current	50	70	100	µA	USB Suspend
3V3	3.3v regulator output	3.0	3.3	3.6	V	

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.

Table 5.2 Operating Voltage and Current

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions
Voh	Output Voltage High	3.2	4.1	4.9	V	I source = 2mA
Vol	Output Voltage Low	0.3	0.4	0.6	V	I sink = 2mA
Vin	Input Switching Threshold	1.0	1.2	1.5	V	**
VHys	Input Switching Hysteresis	20	25	30	mV	**

Table 5.3 UART and CBUS I/O Pin Characteristics (VCCIO = +5.0V, Standard Drive Level)

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions
Voh	Output Voltage High	2.2	2.7	3.2	V	I source = 1mA
Vol	Output Voltage Low	0.3	0.4	0.5	V	I sink = 2mA
Vin	Input Switching Threshold	1.0	1.2	1.5	V	**
VHys	Input Switching Hysteresis	20	25	30	mV	**

Table 5.4 UART and CBUS I/O Pin Characteristics (VCCIO = +3.3V, Standard Drive Level)

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions
Voh	Output Voltage High	2.1	2.6	2.8	V	I source = 1mA
Vol	Output Voltage Low	0.3	0.4	0.5	V	I sink = 2mA
Vin	Input Switching Threshold	1.0	1.2	1.5	V	**
VHys	Input Switching Hysteresis	20	25	30	mV	**

Table 5.5 UART and CBUS I/O Pin Characteristics (VCCIO = +2.8V, Standard Drive Level)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions

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

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

Voh	Output Voltage High	1.32	1.62	1.8	V	I source = 0.2mA
Vol	Output Voltage Low	0.06	0.1	0.18	V	I sink = 0.5mA
Vin	Input Switching Threshold	1.0	1.2	1.5	V	**
VHys	Input Switching Hysteresis	20	25	30	mV	**

Table 5.6 UART and CBUS I/O Pin Characteristics (VCCIO = +1.8V, Standard Drive Level)

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions
Voh	Output Voltage High	3.2	4.1	4.9	V	I source = 6mA
Vol	Output Voltage Low	0.3	0.4	0.6	V	I sink = 6mA
Vin	Input Switching Threshold	1.0	1.2	1.5	V	**
VHys	Input Switching Hysteresis	20	25	30	mV	**

Table 5.7 UART and CBUS I/O Pin Characteristics (VCCIO = +5.0V, High Drive Level)

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions
Voh	Output Voltage High	2.2	2.8	3.2	V	I source = 3mA
Vol	Output Voltage Low	0.3	0.4	0.6	V	I sink = 8mA
Vin	Input Switching Threshold	1.0	1.2	1.5	V	**
VHys	Input Switching Hysteresis	20	25	30	mV	**

Table 5.8 UART and CBUS I/O Pin Characteristics (VCCIO = +3.3V, High Drive Level)

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions
Voh	Output Voltage High	2.1	2.6	2.8	V	I source = 3mA

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.

Vol	Output Voltage Low	0.3	0.4	0.6	V	I sink = 8mA
Vin	Input Switching Threshold	1.0	1.2	1.5	V	**
VHys	Input Switching Hysteresis	20	25	30	mV	**

Table 5.9 UART and CBUS I/O Pin Characteristics (VCCIO = +2.8V, High Drive Level)

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions
Voh	Output Voltage High	1.35	1.67	1.8	V	I source = 0.4mA
Vol	Output Voltage Low	0.12	0.18	0.35	V	I sink = 3mA
Vin	Input Switching Threshold	1.0	1.2	1.5	V	**
VHys	Input Switching Hysteresis	20	25	30	mV	**

Table 5.10 UART and CBUS I/O Pin Characteristics (VCCIO = +1.8V, High Drive Level)

** Only input pins have an internal 200KΩ pull-up resistor to VCCIO

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions
Vin	Input Switching Threshold	1.3	1.6	1.9	V	
VHys	Input Switching Hysteresis	50	55	60	mV	

Table 5.11 RESET# and TEST Pin Characteristics

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions
UVoh	I/O Pins Static Output (High)	2.8		3.6	V	RI = 1.5kΩ to 3V3OUT (D+) RI = 15KΩ to GND (D-)
UVol	I/O Pins Static Output (Low)	0		0.3	V	RI = 1.5kΩ to 3V3OUT (D+) RI =

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 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.

						15kΩ to GND (D-)
UVse	Single Ended Rx Threshold	0.8		2.0	V	
UCom	Differential Common Mode	0.8		2.5	V	
UVDif	Differential Input Sensitivity	0.2			V	
UDrvZ	Driver Output Impedance	26	29	44	Ohms	See Note 1

Table 5.12 USB I/O Pin (USBDP, USBDM) Characteristics

5.3 EEPROM Reliability Characteristics

The internal 1024 Bit EEPROM has the following reliability characteristics:

Parameter	Value	Units
Data Retention	10	Years
Write	10,000	Cycles
Read	Unlimited	Cycles

Table 5.13 EEPROM Characteristics

5.4 Internal Clock Characteristics

The internal Clock Oscillator has the following characteristics:

Parameter	Value			Unit
	Minimum	Typical	Maximum	
Frequency of Operation (see Note 1)	11.98	12.00	12.02	MHz
Clock Period	83.19	83.33	83.47	ns
Duty Cycle	45	50	55	%

Table 5.14 Internal Clock Characteristics

Note: Equivalent to +/-1667ppm

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions

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

Voh	Output Voltage High	2.1	2.8	3.2	V	I source = 3mA
Vol	Output Voltage Low	0.3	0.4	0.6	V	I sink = 8mA
Vin	Input Switching Threshold	1.0	1.2	1.5	V	

Table 5.15 OSCI, OSCO Pin Characteristics – see Note 1

Note: When supplied, the FT232R is configured to use its internal clock oscillator. These characteristics only apply when an external oscillator or crystal is used.

5.5 Thermal Characteristics

The FT232RL package has the following thermal characteristics:

Parameter	Value	Units	Conditions
Theta JA (Θ_{JA})	55.82	°C/W	Still air
Theta JC (Θ_{JC})	24.04	°C/W	

Table 5.16 FT232RL Thermal Characteristics

The FT232RQ package has the following thermal characteristics:

Parameter	Value	Units	Conditions
Theta JA (Θ_{JA})	31.49	°C/W	Still air, center pad soldered to PCB, 9 vias to another plane
Theta JA (Θ_{JA})	62.31	°C/W	Still air, center pad unsoldered
Theta JC (Θ_{JC})		°C/W	

Table 5.17 FT232RQ Thermal Characteristics

6 USB Power Configurations

The following sections illustrate possible USB power configurations for the FT232R. The illustrations have omitted pin numbers for ease of understanding since the pins differ between the FT232RL and FT232RQ package options.

All USB power configurations illustrated apply to both package options for the FT232R device. Please refer to Section 3 for the package option pin-out and signal descriptions.

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.

6.1 USB Bus Powered Configuration

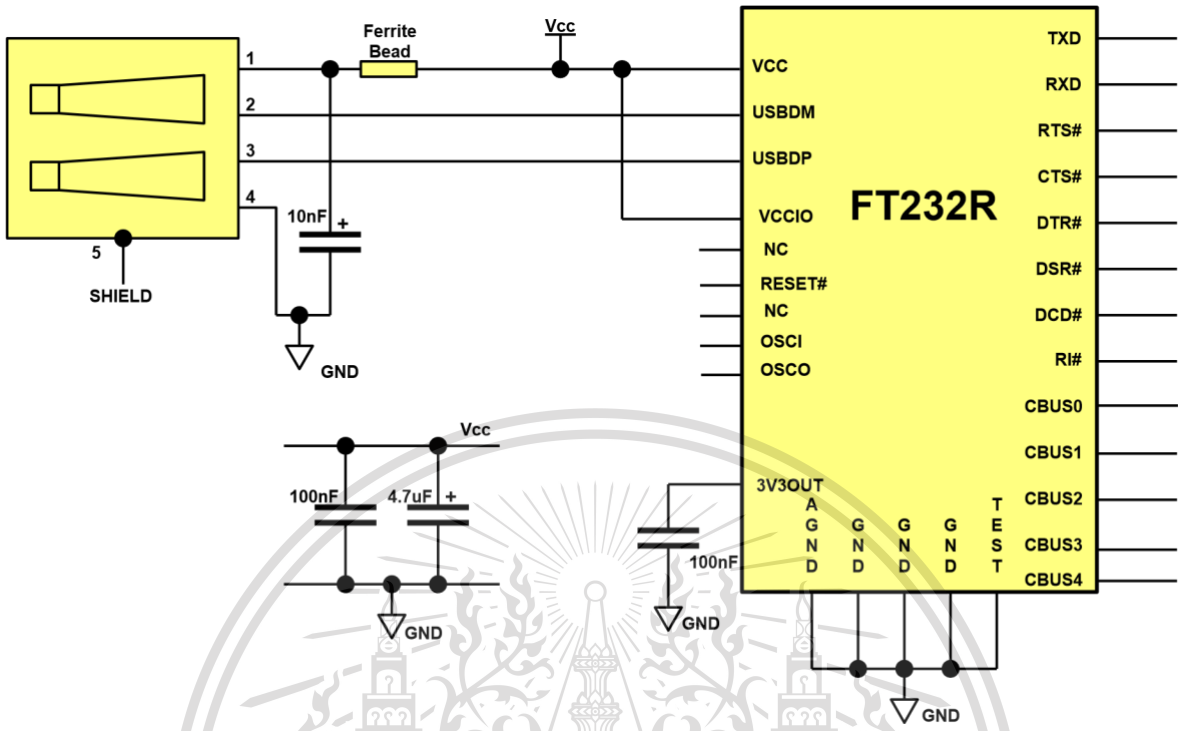


Figure 6.1 Bus Powered Configuration

Figure 6.1 Illustrates the FT232R in a typical USB bus powered design configuration. A USB bus powered device gets its power from the USB bus. Basic rules for USB bus power devices are as follows –

i) On plug-in to USB, the device should draw no more current than 100mA.
ii) In USB Suspend mode the device should draw no more than 2.5mA.
iii) A bus powered high power USB device (one that draws more than 100mA) should use one of the CBUS pins configured as PWREN# and use it to keep the current below 100mA on plug-in and 2.5mA on USB suspend.
iv) A device that consumes more than 100mA cannot be plugged into a USB bus powered hub. v) No device can draw more than 500mA from the USB bus.

The power descriptors in the internal EEPROM of the FT232R should be programmed to match the current drawn by the device.

A ferrite bead is connected in series with the USB power supply to reduce EMI noise from the FT232R and associated circuitry being radiated down the USB cable to the USB host. The value of the Ferrite Bead depends on the total current drawn by the application. A suitable range of Ferrite Beads is available from Steward (www.steward.com), for example Steward Part # MI0805K400R-10.

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.

Note: If using PWREN# (available using the CBUS) the pin should be pulled to VCCIO using a 10kΩ resistor.

6.2 Self Powered Configuration

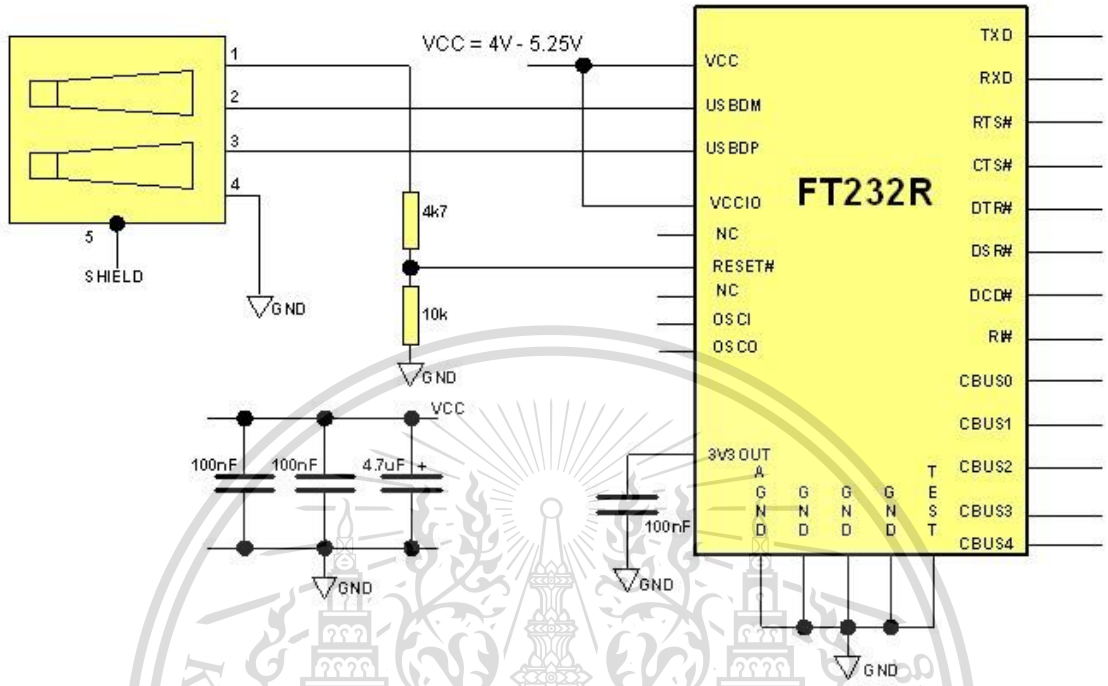


Figure 6.2 Self-Powered Configuration

Figure 6.2 illustrates the FT232R in a typical USB self-powered configuration. A USB self-powered device gets its power from its own power supply, VCC, and does not draw current from the USB bus. The basic rules for USB self-powered devices are as follows –

i) A self-powered device should not force current down the USB bus when the USB host or hub controller is powered down.
ii) A self-powered device can use as much current as it needs during normal operation and USB suspend as it has its own power supply.
iii) A self-powered device can be used with any USB host, a bus powered USB hub or a selfpowered USB hub.

The power descriptor in the internal EEPROM of the FT232R should be programmed to a value of zero (self-powered).

n order to comply with the first requirement above, the USB bus power (pin 1) is used to control the RESET# pin of the FT232R device. When the USB host or hub is powered up an internal 1.5kΩ resistor on USBDP is pulled up to +3.3V (generated using the 4K7 and 10k resistor network), thus identifying the device as a full speed device to the USB host or hub. When the USB host or hub is powered off, RESET# will be low and the FT232R is held in reset. Since RESET# is low, the internal 1.5kΩ resistor is not pulled up to any power supply (hub or host is powered down), so no current flows down USBDP via the 1.5kΩ pull-up resistor. Failure to do this may cause some USB host or hub controllers to power up erratically.

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือจำหน่าย เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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 6.2 illustrates a self-powered design which has a +4V to +5.25V supply.

Note:

1. When the FT232R is in reset, the UART interface I/O pins are tri-stated. Input pins have internal 200kΩ pull-up resistors to VCCIO, so they will gently pull high unless driven by some external logic.
2. When using internal FT232R oscillator the VCC supply voltage range must be +4.0V to 5.25V.
3. When using external oscillator the VCC supply voltage range must be +3.3V to 5.25V
   Any design which interfaces to +3.3 V or +1.8V would be having a +3.3V or +1.8V supply to VCCIO.

6.3 USB Bus Powered with Power Switching Configuration

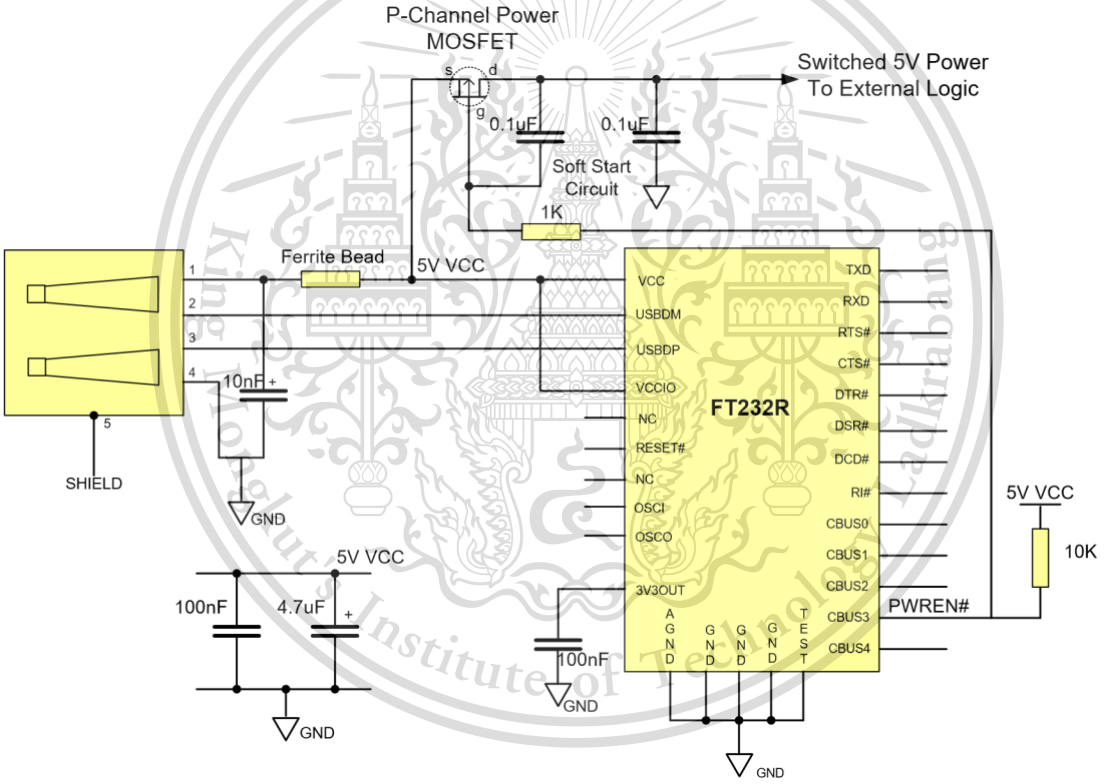


Figure 6.3 Bus Powered with Power Switching Configuration

A requirement of USB bus powered applications, is when in USB suspend mode, the application draws a total current of less than 2.5mA. This requirement includes external logic. Some external logic has the ability to power itself down into a low current state by monitoring the PWREN# signal. For external logic that cannot power itself down in this way, the FT232R provides a simple but effective method of turning off power during the USB suspend mode.

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 6.3 shows an example of using a discrete P-Channel MOSFET to control the power to external logic. A suitable device to do this is an International Rectifier (www.irf.com) IRLML6402, or equivalent. It is recommended that a "soft start" circuit consisting of a 1kΩ series resistor and a 0.1µF capacitor is used to limit the current surge when the MOSFET turns on. Without the soft start circuit it is possible that the transient power surge, caused when the MOSFET switches on, will reset the FT232R or the USB host/hub controller. The soft start circuit example shown in Figure 6.3 powers up with a slew rate of approximaely12.5V/ms. Thus supply voltage to external logic transitions from GND to +5V in approximately 400 microseconds.

As an alternative to the MOSFET, a dedicated power switch IC with inbuilt "soft-start" can be used. A suitable power switch IC for such an application is the Micrel (www.micrel.com) MIC2025-2BM or equivalent.

With power switching controlled designs the following should be noted:

i) The external logic to which the power is being switched should have its own reset circuitry to automatically reset the logic when power is re-applied when moving out of suspend mode.
ii) Set the Pull-down on Suspend option in the internal FT232R EEPROM.
iii) One of the CBUS Pins should be configured as PWREN# in the internal FT232R EEPROM, and used to switch the power supply to the external circuitry. This should be pulled high through a 10 kΩ resistor.
iv) For USB high-power bus powered applications (one that consumes greater than 100mA, and up to 500mA of current from the USB bus), the power consumption of the application must be set in the Max Power field in the internal FT232R EEPROM. A high-power bus powered application uses the descriptor in the internal FT232R EEPROM to inform the system of its power requirements.
v) PWREN# gets its VCC from VCCIO. For designs using 3V3 logic, ensure VCCIO is not powered down using the external logic. In this case use the +3V3OUT.

6.4 USB Bus Powered with Selectable External Logic Supply

3.3V or 5V

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.

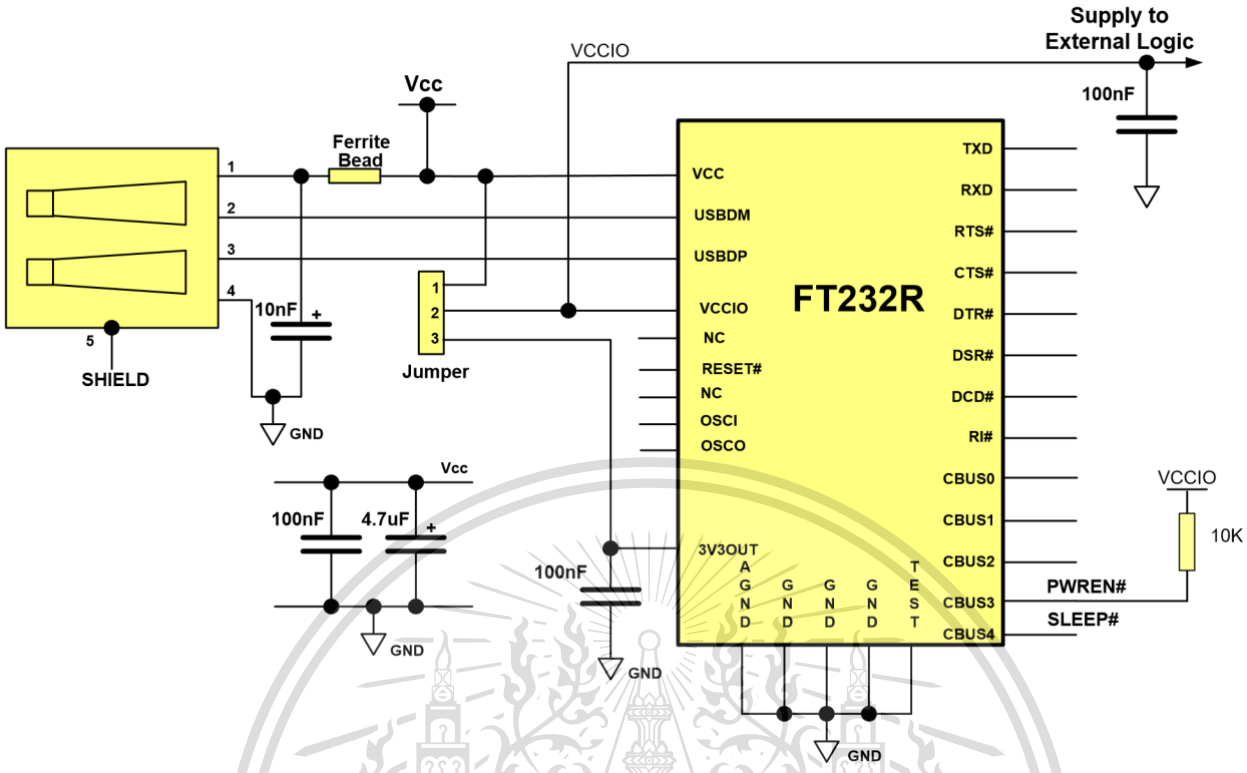


Figure 6.4 USB Bus Powered with +3.3V or +5V External Logic Power Supply

Figure 6.4 illustrates a USB bus power application with selectable external logic supply. The external logic can be selected between +3.3V and +5V using the jumper switch. This jumper is used to allow the FT232R to be interfaced with a +3.3V or +5V logic devices. The VCCIO pin is either supplied with +5V from the USB bus (jumper pins1 and 2 connected), or from the +3.3V output from the FT232R 3V3OUT pin (jumper pins 2 and 3 connected). The supply to VCCIO is also used to supply external logic.

With bus powered applications, the following should be noted:

i) To comply with the 2.5mA current supply limit during USB suspend mode, PWREN# or SLEEP# signals should be used to power down external logic in this mode. If this is not possible, use the configuration shown in Section 6.3.

ii) The maximum current sourced from the USB bus during normal operation should not exceed 100mA, otherwise a bus powered design with power switching (Section 6.3) should be used.

Another possible configuration could use a discrete low dropout (LDO) regulator which is supplied by the 5V on the USB bus to supply between +1.8V and +2.8V to the VCCIO pin and to the external logic. In this case VCC would be supplied with the +5V from the USB bus and the VCCIO would be supplied from the output of the LDO regulator. This results in the FT232R I/O pins driving out at between +1.8V and +2.8V logic levels.

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 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 a USB bus powered application, it is important to consider the following when selecting the regulator:

i) The regulator must be capable of sustaining its output voltage with an input voltage of +4.35V. A Low Drop Out (LDO) regulator should be selected. ii) The quiescent current of the regulator must be low enough to meet the total current requirement of <= 2.5mA during USB suspend mode.

A suitable series of LDO regulators that meets these requirements is the MicroChip/Telecom (www.microchip.com) TC55 series of devices. These devices can supply up to 250mA current and have a quiescent current of under 1µA.

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.

7 Application Examples

The following sections illustrate possible applications of the FT232R. The illustrations have omitted pin numbers for ease of understanding since the pins differ between the FT232RL and FT232RQ package options.

7.1 USB to RS232 Converter

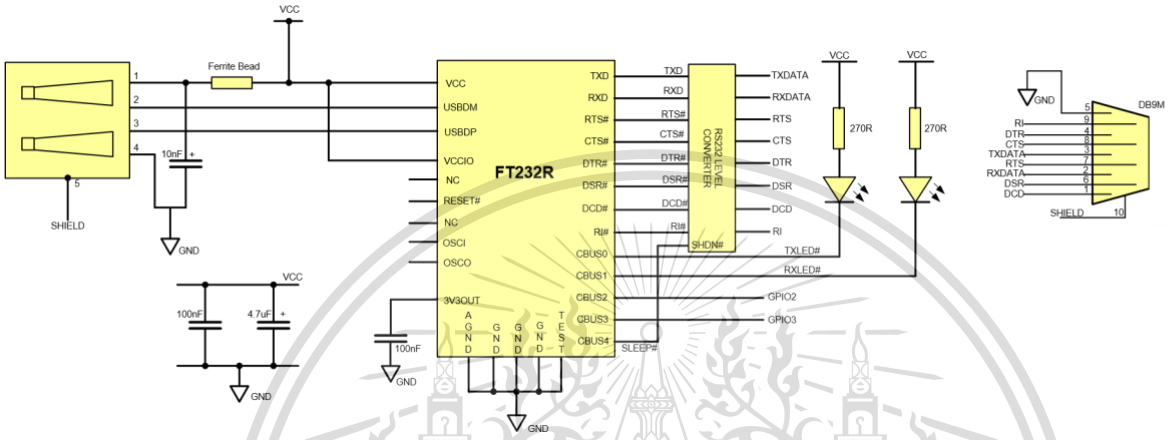


Figure 7.1 Application Example showing USB to RS232 Converter

An example of using the FT232R as a USB to RS232 converter is illustrated in Figure 7.1. In this application, a TTL to RS232 Level Converter IC is used on the serial UART interface of the FT232R to convert the TTL levels of the FT232R to RS232 levels. This level shift can be done using the popular “213” series of TTL to RS232 level converters. These “213” devices typically have 4 transmitters and 5 receivers in a 28-LD SSOP package and feature an in-built voltage converter to convert the +5V (nominal) VCC to the +/- 9 volts required by RS232. A useful feature of these devices is the SHDN# pin which can be used to power down the device to a low quiescent current during USB suspend mode.

A suitable level shifting device is the Sipex SP213EHCA which is capable of RS232 communication at up to 500k baud. If a lower baud rate is acceptable, then several pin compatible alternatives are available such as the Sipex SP213ECA, the Maxim MAX213CAI and the Analogue Devices ADM213E, which are all suitable for communication at up to 115.2k baud. If a higher baud rate is required, the Maxim MAX3245CAI device is capable of RS232 communication rates up to 1Mbaud. Note that the MAX3245 is not pin compatible with the 213 series devices and that the SHDN pin on the MAX device is active high and should be connect to PWREN# pin instead of SLEEP# pin.

In example shown, the CBUS0 and CBUS1 have been configured as TXLED# and RXLED# and are being used to drive two LEDs.

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.

7.2 USB to RS485 Converter

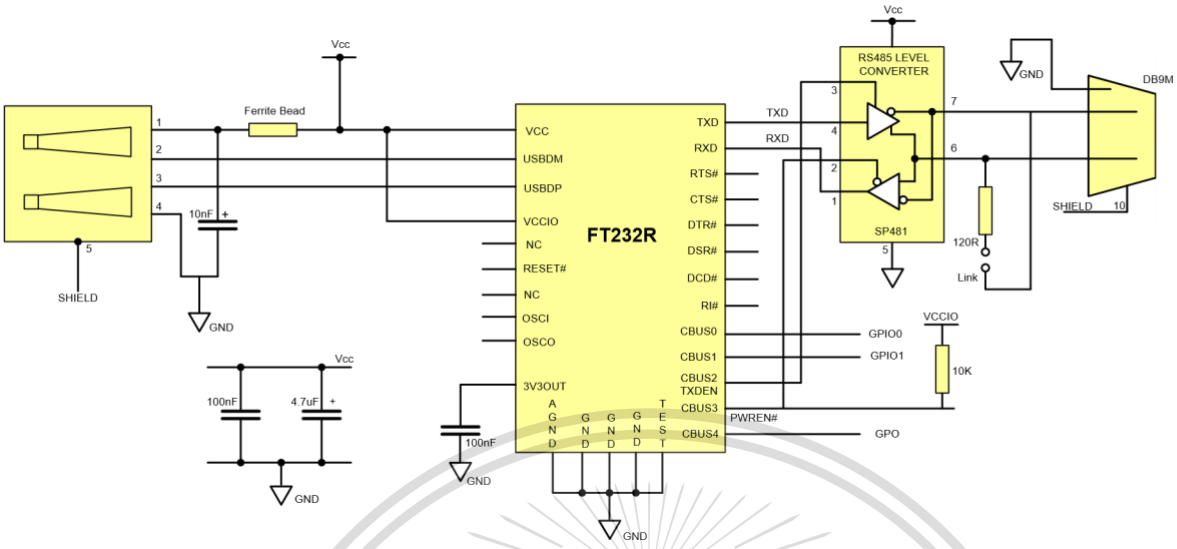


Figure 7.2 Application Example Showing USB to RS485 Converter

An example of using the FT232R as a USB to RS485 converter is shown in Figure 7.2. In this application, a TTL to RS485 level converter IC is used on the serial UART interface of the FT232R to convert the TTL levels of the FT232R to RS485 levels.

This example uses the Sipex SP481 device. Equivalent devices are available from Maxim and Analogue Devices. The SP481 is a RS485 device in a compact 8 pin SOP package. It has separate enables on both the transmitter and receiver. With RS485, the transmitter is only enabled when a character is being transmitted from the UART. The TXDEN signal CBUS pin option on the FT232R is provided for exactly this purpose and so the transmitter enable is wired to CBUS2 which has been configured as TXDEN. Similarly, CBUS3 has been configured as PWREN#. This signal is used to control the SP481's receiver enable. The receiver enable is active low, so it is wired to the PWREN# pin to disable the receiver when in USB suspend mode. CBUS2 = TXDEN and CBUS3 = PWREN# are the default device configurations of the FT232R pins.

RS485 is a multi-drop network; so many devices can communicate with each other over a two wire cable interface. The RS485 cable requires to be terminated at each end of the cable. A link (which provides the 120Ω termination) allows the cable to be terminated if the SP481 is physically positioned at either end of the cable.

In this example the data transmitted by the FT232R is also present on the receive path of the SP481.This is a common feature of RS485 and requires the application software to remove the transmitted data from the received data stream. With the FT232R it is possible to do this entirely in hardware by modifying the example shown in Figure 7.2 by logically OR'ing the FT232R TXDEN and the SP481 receiver output and connecting the output of the OR gate to the RXD of the FT232R. Note that the TXDEN is activated 1 bit period before the start bit. TXDEN is deactivated at the same time as the stop bit. This is not configurable.

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.

7.3 USB to RS422 Converter

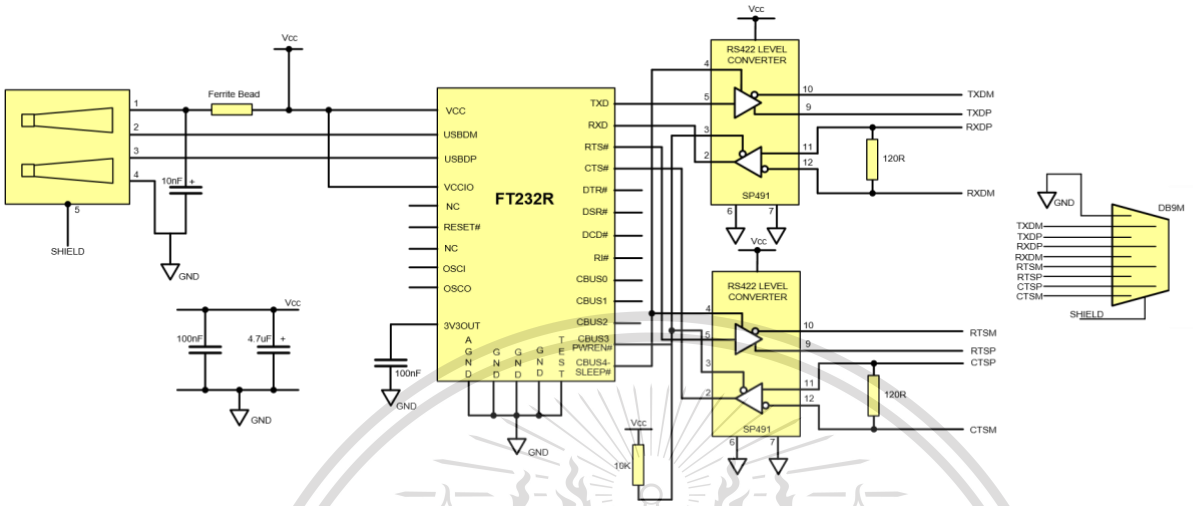


Figure 7.3 USB to RS422 Converter Configuration

An example of using the FT232R as a USB to RS422 converter is shown in Figure 7.3. In this application, two TTL to RS422 Level Converter ICs are used on the serial UART interface of the FT232R to convert the TTL levels of the FT232R to RS422 levels. There are many suitable level converter devices available. This example uses Sipex SP491 devices which have enables on both the transmitter and receiver. Since the SP491 transmitter enable is active high, it is connected to a CBUS pin in SLEEP# configuration. The SP491 receiver enable is active low and is therefore connected to a CBUS pin PWREN# configuration. This ensures that when both the SP491 transmitters and receivers are enabled then the device is active, and when the device is in USB suspend mode, the SP491 transmitters and receivers are disabled. If a similar application is used, but the design is USB BUS powered, it may be necessary to use a P-Channel logic level MOSFET (controlled by PWREN#) in the VCC line of the SP491 devices to ensure that the USB standby current of 2.5mA is met.

The SP491 is specified to transmit and receive data at a rate of up to 5 Mbaud. In this example the maximum data rate is limited to 3 Mbaud by the FT232R.

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.

7.4 USB to MCU UART Interface

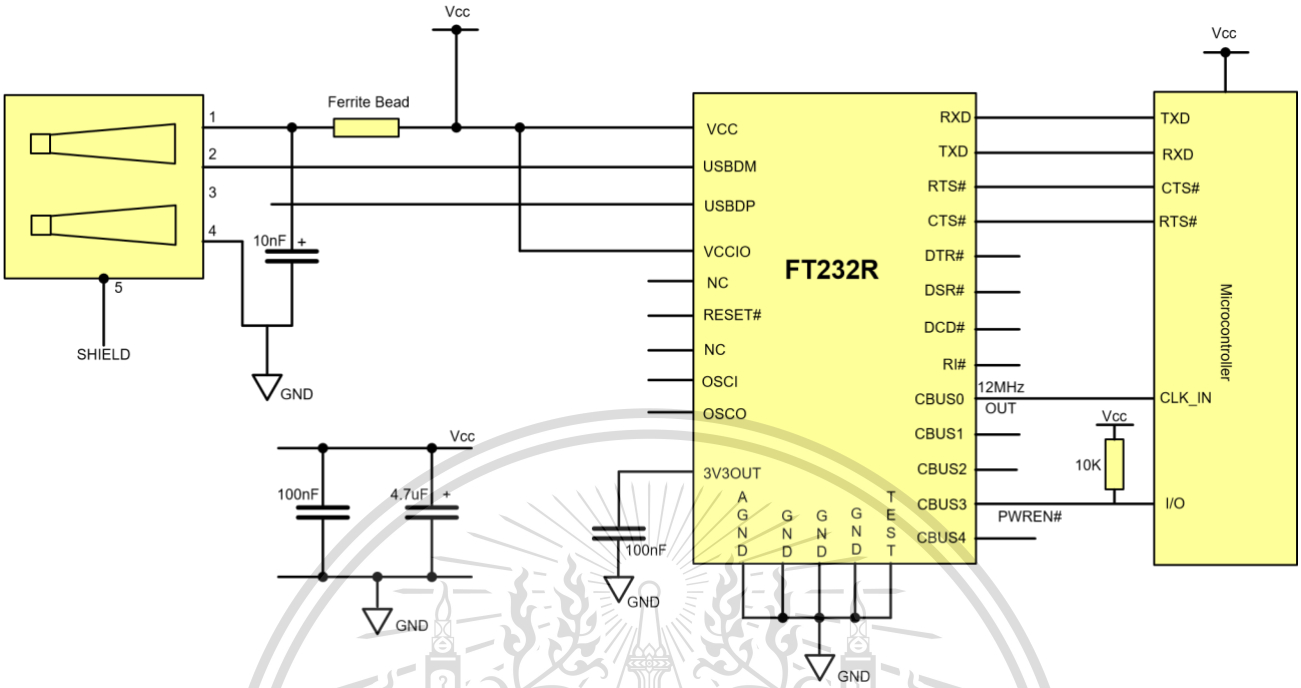


Figure 7.4 USB to MCU UART Interface

An example of using the FT232R as a USB to Microcontroller (MCU) UART interface is shown in Figure 7.4. In this application the FT232R uses TXD and RXD for transmission and reception of data, and RTS# / CTS# signals for hardware handshaking. Also in this example CBUS0 has been configured as a 12MHz output to clock the MCU.

Optionally, RI# could be connected to another I/O pin on the MCU and used to wake up the USB host controller from suspend mode. If the MCU is handling power management functions, then a CBUS pin can be configured as PWREN# and would also be connected to an I/O pin of the MCU.

7.5 LED Interface

Any of the CBUS I/O pins can be configured to drive an LED. The FT232R has 3 configuration options for driving LEDs from the CBUS. These are TXLED#, RXLED#, and TX&RXLED#. Refer to Section 3.5 for configuration options.

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.

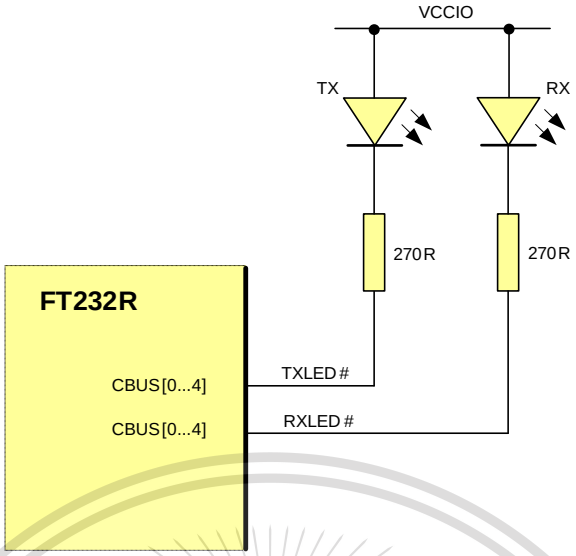


Figure 7.5 Dual LED Configuration

An example of using the FT232R to drive LEDs is shown in Figure 7.5. In this application one of the CBUS pins is used to indicate transmission of data (TXLED#) and another is used to indicate receiving data (RXLED#). When data is being transmitted or received the respective pins will drive from tristate to low in order to provide indication on the LEDs of data transfer. A digital one-shot is used so that even a small percentage of data transfer is visible to the end user.

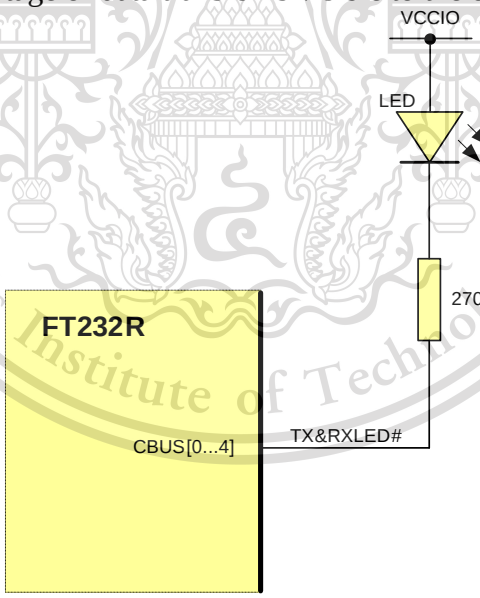


Figure 7.6 Single LED Configuration

Another example of using the FT232R to drive LEDs is shown in Figure 7.6. In this example one of the CBUS pins is used to indicate when data is being transmitted or received by the device (TX&RXLED). In this configuration the FT232R will drive only a single LED.

7.6 Using the External Oscillator

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.

The FT232R defaults to operating using its own internal oscillator. This requires that the device is powered with VCC(min)=+4.0V. This supply voltage can be taken from the USB VBUS. Applications which require using an external oscillator, VCC= +3.3V, must do so in the following order:

1. When device powered for the very first time, it must have VCC > +4.0V. This supply is available from the USB VBUS supply = +5.0V.
2. The EEPROM must then be programmed to enable external oscillator. This EEPROM modification cannot be done using the FTDI programming utility, FT_PROG. The EEPROM can only be reconfigured from a custom application. Please refer to the following applications note on how to do this:
   AN_100_Using_The_FT232_245R_With_External_Osc
3. The FT232R can then be powered from VCC=+3.3V and an external oscillator. This can be done using a link to switch the VCC supply.

The FT232R will fail to operate when the internal oscillator has been disabled, but no external oscillator has been connected.

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.

8 Internal EEPROM Configuration

Following a power-on reset or a USB reset the FT232R will scan its internal EEPROM and read the USB configuration descriptors stored there. The default factory programmed values of the internal EEPROM are shown in Table 8.1.

Parameter	Value	Notes
USB Vendor ID (VID)	0403h	FTDI default VID (hex)
USB Product UD (PID)	6001h	FTDI default PID (hex)
Serial Number Enabled?	Yes	
Serial Number	See Note	A unique serial number is generated and programmed into the EEPROM during device final test.
Pull down I/O Pins in USB Suspend	Disabled	Enabling this option will make the device pull down on the UART interface lines when in USB suspend mode (PWREN# is high).
Manufacturer Name	FTDI	
Product Description	FT232R USB UART	
Max Bus Power Current	90mA	
Power Source	Bus Powered	
Device Type	FT232R	
USB Version	0200	Returns USB 2.0 device description to the host. Note: The device is a USB 2.0 Full Speed device (12Mb/s) as opposed to a USB 2.0 High Speed device (480Mb/s).
Remote Wake Up	Enabled	Taking RI# low will wake up the USB host controller from suspend in approximately 20 ms.
High Current I/Os	Disabled	Enables the high drive level on the UART and CBUS I/O pins.
Load VCP Driver	Enabled	Makes the device load the VCP driver interface for the device.
CBUS0	TXLED#	Default configuration of CBUS0 – Transmit LED drive.
CBUS1	RXLED#	Default configuration of CBUS1 – Receive LED drive.
CBUS2	TXDEN	Default configuration of CBUS2 – Transmit data enable for RS485

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.

CBUS3	PWREN#	Default configuration of CBUS3 – Power enable. Low after USB enumeration, high during USB suspend mode.
CBUS4	SLEEP#	Default configuration of CBUS4 – Low during USB suspend mode.
Invert TXD	Disabled	Signal on this pin becomes TXD# if enable.
Invert RXD	Disabled	Signal on this pin becomes RXD# if enable.
Invert RTS#	Disabled	Signal on this pin becomes RTS if enable.
Invert CTS#	Disabled	Signal on this pin becomes CTS if enable.
Invert DTR#	Disabled	Signal on this pin becomes DTR if enable.
Invert DSR#	Disabled	Signal on this pin becomes DSR if enable.
Invert DCD#	Disabled	Signal on this pin becomes DCD if enable.
Invert RI#	Disabled	Signal on this pin becomes RI if enable.

Table 8.1 Default Internal EEPROM Configuration

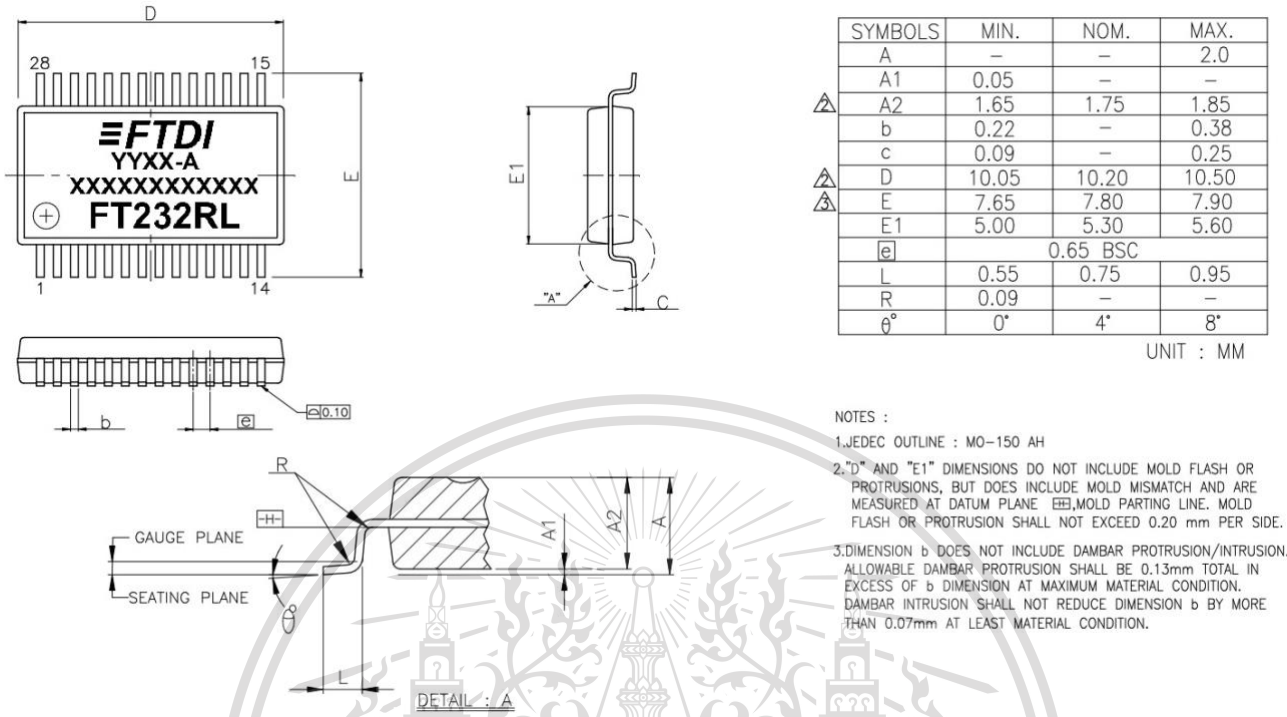
The internal EEPROM in the FT232R can be programmed over USB using the FTDI utility program FT_PROG. FT_PROG can be downloaded from FTDI Utilities on the FTDI website (www.ftdichip.com). Version 2.8a or later is required for the FT232R chip. Users who do not have their own USB Vendor ID but who would like to use a unique Product ID in their design can apply to FTDI for a free block of unique PIDs. Contact FTDI support for this service.

9 Package Parameters

The FT232R is available in two different packages. The FT232RL is the SSOP-28 option and the FT232RQ is the QFN-32 package option. The solder reflow profile for both packages is described in Section **9.3**.

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.

9.1 SSOP-28 Package Dimensions



SYMBOLS	MIN.	NOM.	MAX.
A	–	–	2.0
A1	0.05	–	–
2 A2	1.65	1.75	1.85
b	0.22	–	0.38
c	0.09	–	0.25
2 D	10.05	10.20	10.50
3 E	7.65	7.80	7.90
E1	5.00	5.30	5.60
e	0.65 BSC		
L	0.55	0.75	0.95
R	0.09	–	–
θ°	0°	4°	8°

UNIT : MM

NOTES :

1.JEDEC OUTLINE : MO-150 AH

2."D" AND "E1" DIMENSIONS DO NOT INCLUDE MOLD FLASH OR PROTRUSIONS, BUT DOES INCLUDE MOLD MISMATCH AND ARE MEASURED AT DATUM PLANE ⊞,MOLD PARTING LINE. MOLD FLASH OR PROTRUSION SHALL NOT EXCEED 0.20 mm PER SIDE.

3.DIMENSION b DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION/INTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.13mm TOTAL IN EXCESS OF b DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION. DAMBAR INTRUSION SHALL NOT REDUCE DIMENSION b BY MORE THAN 0.07mm AT LEAST MATERIAL CONDITION.

Figure 9.1 SSOP-28 Package Dimensions

The FT232RL is supplied in a RoHS compliant 28 pin SSOP package. The package is lead (Pb) free and uses a 'green' compound. The package is fully compliant with European Union directive 2002/95/EC.

This package is nominally 5.30mm x 10.20mm body (7.80mm x 10.20mm including pins). The pins are on a 0.65 mm pitch. The above mechanical drawing shows the SSOP-28 package.

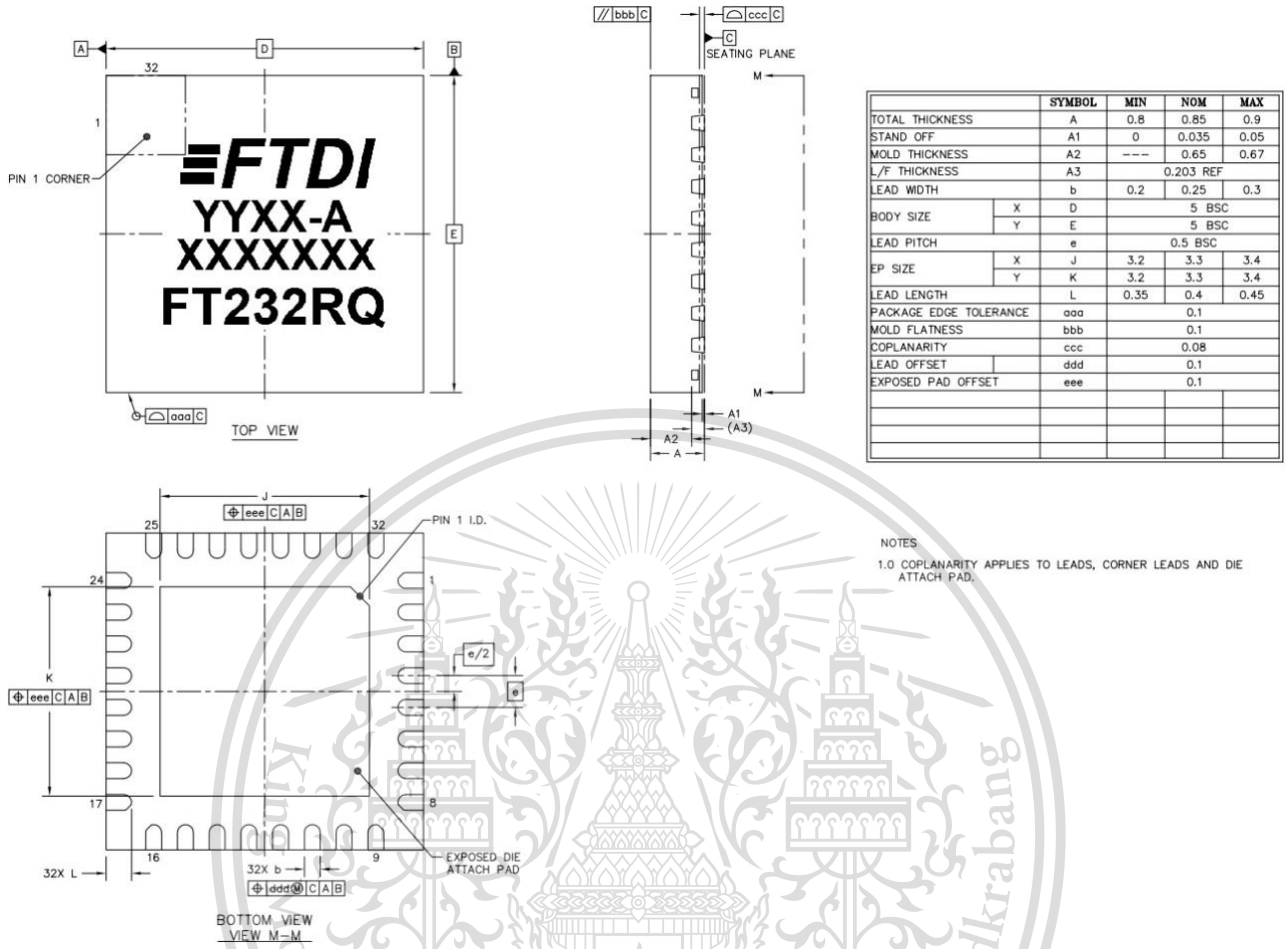
All dimensions are in millimetres.

The date code format is **YYXX-A** where XX = 2 digit week number, YY = 2 digit year number, A = single letter corresponding to the revision of the device (e.g. A or B or C).

The code **XXXXXXXXXXXX** is the manufacturing LOT code. This only applies to devices manufactured after April 2009.

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.

9.2 QFN-32 Package Dimensions



		SYMBOL	MIN	NOM	MAX
TOTAL THICKNESS		A	0.8	0.85	0.9
STAND OFF		A1	0	0.035	0.05
MOLD THICKNESS		A2	---	0.65	0.67
L/F THICKNESS		A3		0.203 REF	
LEAD WIDTH		b	0.2	0.25	0.3
BODY SIZE	X	D		5 BSC	
	Y	E		5 BSC	
LEAD PITCH		e		0.5 BSC	
EP SIZE	X	J	3.2	3.3	3.4
	Y	K	3.2	3.3	3.4
LEAD LENGTH		L	0.35	0.4	0.45
PACKAGE EDGE TOLERANCE		aaa		0.1	
MOLD FLATNESS		bbb		0.1	
COPLANARITY		ccc		0.08	
LEAD OFFSET		ddd		0.1	
EXPOSED PAD OFFSET		eee		0.1	

NOTES
1.0 COPLANARITY APPLIES TO LEADS, CORNER LEADS AND DIE ATTACH PAD.

Figure 9.2 QFN-32 Package Dimensions

The FT232RQ is supplied in a RoHS compliant leadless QFN-32 package. The package is lead (Pb) free, and uses a 'green' compound. The package is fully compliant with European Union directive 2002/95/EC.

This package is nominally 5.00mm x 5.00mm. The solder pads are on a 0.50mm pitch. The above mechanical drawing shows the QFN-32 package. All dimensions are in millimetres.

The centre pad on the base of the FT232RQ is not internally connected, and can be left unconnected, or connected to ground (recommended).

The date code format is **YYXX-A** where XX = 2 digit week number, YY = 2 digit year number, A = single letter corresponding to the revision of the device (e.g. A or B or C).

The code **XXXXXXX** is the manufacturing LOT code. This only applies to devices manufactured after April 2009.

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.

9.3 Solder Reflow Profile

The FT232R is supplied in Pb free 28 LD SSOP and QFN-32 packages. The recommended solder reflow profile for both package options is shown in Figure 9.3.

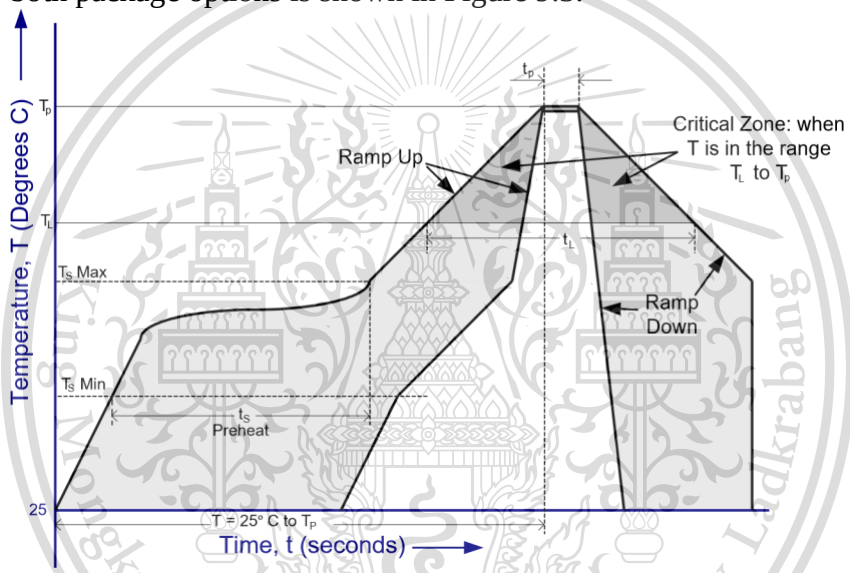


Figure 9.3 FT232R Solder Reflow Profile

The recommended values for the solder reflow profile are detailed in Table 9.1. Values are shown for both a completely Pb free solder process (i.e. the FT232R is used with Pb free solder), and for a non-Pb free solder process (i.e. the FT232R is used with non-Pb free solder).

Profile Feature	Pb Free Solder Process	Non-Pb Free Solder Process
Average Ramp Up Rate (T_s to T_p)	3°C / second Max.	3°C / Second Max.

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.

Preheat - Temperature Min (T_s Min.) - Temperature Max (T_s Max.) - Time (t_s Min to t_s Max)	150°C 200°C 60 to 120 seconds	100°C 150°C 60 to 120 seconds
Time Maintained Above Critical Temperature T_L: - Temperature (T_L) - Time (t_L)	217°C 60 to 150 seconds	183°C 60 to 150 seconds
Peak Temperature (T_p)	260°C	240°C
Time within 5°C of actual Peak Temperature (t_p)	20 to 40 seconds	20 to 40 seconds
Ramp Down Rate	6°C / second Max.	6°C / second Max.
Time for T= 25°C to Peak Temperature, T_p	8 minutes Max.	6 minutes Max.

Table 9.1 Reflow Profile Parameter Values

10 Alternative Parts

The following lists of parts are not all direct drop in replacements but offer similar features as an alternative to the FT232R. The FT-X series is the latest device family offering reduced power and pin count with additional features such as battery charge detection, while the Hi-Speed solution offers faster interfacing.

	FT232R	FT234XD	FT230X	FT231X	FT232H
Description	Single channel USB to UART with full modem control lines	Single channel USB to Basic UART	Single channel USB to Basic UART	Single channel USB to UART with full modem control lines	Single channel USB to UART with full modem control lines
USB Speed	USB 2.0 full speed	USB 2.0 full speed	USB 2.0 full speed	USB 2.0 full speed	USB 2.0 hispeed
UART Data Rates	3 MBaud	3 MBaud	3 MBaud	3 MBaud	12 MBaud
CBUS	5	1	4	4	10
MTP for storing descriptors	Internal	Internal	Internal	Internal	External

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.

Package options	32 pin QFN 28 pin SSOP	12 pin DFN (3mm x 3mm)	16 pin QFN 16 pin SSOP	20 pin QFN 20 pin SSOP	48 pin QFN 48 pin LQFP
Datasheet	FT232R	FT234XD	FT230X	FT231X	FT232H

Table 10.1 FT232R alternative solutions

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.

11 Contact Information

Head Office – Glasgow, UK

Future Technology Devices International Limited
Unit 1, 2 Seaward Place
Centurion Business Park
Glasgow, G41 1HH
United Kingdom
Tel: +44 (0) 141 429 2777
Fax: +44 (0) 141 429 2758

E-mail (Sales) sales1@ftdichip.com
E-mail (Support) support1@ftdichip.com
E-mail (General Enquiries) admin1@ftdichip.com
Web Shop URL http://www.ftdichip.com

Branch Office – Taipei, Taiwan

Future Technology Devices International Limited
(Taiwan)
2F, No 516, Sec. 1 NeiHu Road Taipei
114 Taiwan, R.O.C.
Tel: +886 (0) 2 8797 1330
Fax: +886 (0) 2 8751 9737

E-mail (Sales) tw.sales1@ftdichip.com
E-mail (Support) tw.support1@ftdichip.com
E-mail (General Enquiries) tw.admin1@ftdichip.com

Branch Office – Tigard, Oregon, USA

Future Technology Devices International Limited (USA)
7130 SW Fir Loop
Tigard, OR 97223-8160
USA
Tel: +1 (503) 547 0988
Fax: +1 (503) 547 0987

E-Mail (Sales) us.sales@ftdichip.com
E-Mail (Support) us.support@ftdichip.com
E-Mail (General Enquiries) us.admin@ftdichip.com

Branch Office – Shanghai, China

Future Technology Devices International Limited
(China)
Room 1103, No. 666 West Huaihai Road,
Shanghai, 200052
China
Tel: +86 21 62351596 Fax: +86
21 62351595

E-Mail (Sales) cn.sales@ftdichip.com
E-Mail (Support) cn.support@ftdichip.com E-Mail (General Enquiries)
cn.admin1@ftdichip.com

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.

Web Site

http://www.ftdichip.com

Distributor and Sales Representatives

Please visit the Sales Network page of the FTDI Web site for the contact details of our distributor(s) and sales representative(s) in your country.

System and equipment manufacturers and designers are responsible to ensure that their systems, and any Future Technology Devices International Ltd (FTDI) devices incorporated in their systems, meet all applicable safety, regulatory and system-level performance requirements. All application-related information in this document (including application descriptions, suggested FTDI devices and other materials) is provided for reference only. While FTDI has taken care to assure it is accurate, this information is subject to customer confirmation, and FTDI disclaims all liability for system designs and for any applications assistance provided by FTDI. Use of FTDI devices in life support and/or safety applications is entirely at the user's risk, and the user agrees to defend, indemnify and hold harmless FTDI from any and all damages, claims, suits or expense resulting from such use. This document is subject to change without notice. No freedom to use patents or other intellectual property rights is implied by the publication of this document. Neither the whole nor any part of the information contained in, or the product described in this document, may be adapted or reproduced in any material or electronic form without the prior written consent of the copyright holder. Future Technology Devices International Ltd, Unit 1, 2

Seaward Place, Centurion Business Park, Glasgow G41 1HH, United Kingdom. Scotland Registered Company Number: SC136640

Appendix A – References

Document References

AN_232R-01 Bit Bang Mode Available for FT232R and FT245R

AN_107-Advanced Driver Options

AN232R-02 FTDIChip-ID for the FT232R and FT245R

AN_121- Accessing the EEPROM User Area of FTDI Devices

AN_120 Aliasing VCP Baud Rates

AN_100 – Using the FT232R/FT245R with an External Crystal or Oscillator

AN_126 – User Guide for FT232B/R Factory Test

Utility AN232B-05 Configuring FT232R, FT2232

and FT232B Baud Rates

http://www.ftdichip.com/Documents/InstallGuides.h

tm

FT_PROG

Acronyms and Abbreviations

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.

Terms	Description
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
FPGA	Field Programmable Gate Array
LED	Light Emitting Diode
MCU	Micro Controller Unit
PLD	Programmable Logic Device
QFN	Quad Flat No-leads
RoHS	Restriction of Hazardous Substances Directive
SIE	Serial Interface Engine
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
USB	Universal Serial Bus
VCP	Virtual Communication Port

Appendix B – List of Figures and Tables

List of Figures

Figure 2.1 FT232R Block Diagram
..... 4
Figure 3.1 SSOP Package Pin Out and Schematic Symbol
..... 7
Figure 3.2 QFN-32 Package Pin Out and schematic symbol
..... 9
Figure 6.1 Bus Powered Configuration
..... 19
Figure 6.2 Self-Powered Configuration
..... 20

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 6.3 Bus Powered with Power Switching Configuration 21
Figure 6.4 USB Bus Powered with +3.3V or +5V External Logic Power Supply 22
Figure 7.1 Application Example showing USB to RS232 Converter 24
Figure 7.2 Application Example Showing USB to RS485 Converter 25
Figure 7.3 USB to RS422 Converter Configuration 26
Figure 7.4 USB to MCU UART Interface 27
Figure 7.5 Dual LED Configuration ..... 28 Figure 7.6 Single LED Configuration 28
Figure 9.1 SSOP-28 Package Dimensions 31
Figure 9.2 QFN-32 Package Dimensions 32
Figure 9.3 FT232R Solder Reflow Profile 33

List of Tables

Table 3.1 USB Interface Group 7
Table 3.2 Power and Ground Group 8
Table 3.3 Miscellaneous Signal Group 8
Table 3.4 UART Interface and CUSB Group (see note 3) 8
Table 3.5 USB Interface Group 9
Table 3.6 Power and Ground Group 10
Table 3.7 Miscellaneous Signal Group 10
Table 3.8 UART Interface and CBUS Group (see note 3) 10

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.

Table 3.9 CBUS Configuration Control
..... 11
Table 5.1 Absolute Maximum Ratings
..... 15 Table 5.2 Operating
Voltage and Current 15
Table 5.3 UART and CBUS I/O Pin Characteristics (VCCIO = +5.0V, Standard Drive
Level) ..... 15 Table 5.4 UART and CBUS I/O Pin Characteristics (VCCIO =
+3.3V, Standard Drive Level) ..... 16 Table 5.5 UART and CBUS I/O Pin
Characteristics (VCCIO = +2.8V, Standard Drive Level) 16
Table 5.6 UART and CBUS I/O Pin Characteristics (VCCIO = +1.8V, Standard Drive
Level) 16
Table 5.7 UART and CBUS I/O Pin Characteristics (VCCIO = +5.0V, High Drive
Level) ..... 16 Table 5.8 UART and CBUS I/O Pin Characteristics (VCCIO =
+3.3V, High Drive Level) ..... 16 Table 5.9 UART and CBUS I/O Pin
Characteristics (VCCIO = +2.8V, High Drive Level) 16
Table 5.10 UART and CBUS I/O Pin Characteristics (VCCIO = +1.8V, High Drive
Level) ..... 17 Table 5.11 RESET# and TEST Pin Characteristics
..... 17
Table 5.12 USB I/O Pin (USBDP, USBDM) Characteristics
..... 17
Table 5.13 EEPROM Characteristics
..... 17 Table 5.14 Internal Clock
Characteristics 17
Table 5.15 OSCI, OSCO Pin Characteristics – see Note 1
..... 18
Table 5.16 FT232RL Thermal Characteristics
..... 18
Table 5.17 FT232RQ Thermal Characteristics
..... 18
Table 8.1 Default Internal EEPROM Configuration
..... 30
Table 9.1 Reflow Profile Parameter Values
..... 33
Table 10.1 FT232R alternative solutions
..... 34

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.

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.

Appendix C – Revision History

Document Title: FT232R USB UART IC Datasheet
Document Reference No.: FT_000053
Clearance No.: FTDI# 38
Product Page: http://www.ftdichip.com/FTProducts.htm

Document Feedback: Send Feedback

Revision	Changes	Date
Version 0.90	Initial Release	August 2005
Version 0.96	Revised Pre-release datasheet	October 2005
Version 1.00	Full Datasheet Release	December 2005
Version 1.02	Minor revisions to datasheet	December 2005
Version 1.03	Manufacturer ID added to default EEPROM configuration; Buffer sizes added	January 2006
Version 1.04	QFN-32 Pad layout and solder paste diagrams added	January 2006
Version 2.00	Reformatted, updated package info, added notes for 3.3V operation; Part numbers, TID; added UART and CBUS characteristics for +1.8V; Corrected RESET#; Added MTTF data; Corrected the input switching threshold and input hysteresis values for VCCIO=5V	June 2008
Version 2.01	Corrected pin-out number in table3.2 for GND pin18. Improved graphics on some Figures. Add packing details. Changed USB suspend current spec from 500uA to 2.5mA Corrected Figure 9.2 QFN dimensions.	August 2008

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.

Version 2.02	Corrected Tape and Reel quantities. Added comment “PWREN# should be used with a 10kΩ resistor pull up”. Replaced TXDEN# with TXDEN since it is active high in various places. Added lot number to the device markings. Added 3V3 regulator output tolerance. Clarified VCC operation and added section headed “Using an external Oscillator” Updated company contact information.	April 2009
Version 2.03	Corrected the RX/TX buffer definitions to be relative to the USB interface	June 2009
Version 2.04	Additional dimensions added to QFN solder profile	June 2009
Revision	**Changes**	**Date**
Version 2.05	Modified package dimensions to 5.0 x 5.0 +/-0.075mm and Solder paste diagram to 2.50 x 2.50 +/-0.0375mm Added Windows 7 32, 64 bit driver support Added FT_PROG utility references Added Appendix A-references. Figure 2.1 updated. Updated USB-IF TID for Rev B	December 2009
Version 2.06	Updated section 6.2, Figure 6.2 and the note, Updated section 5.3, Table 5.13, EEPROM data retention time	May 2010
Version 2.07	Added USB Certification Logos	July 2010
Version 2.08	Updated USB-IF TID for Rev C	April 2011
Version 2.09	Corrected Rev C TID number	April 2011
Version 2.10	Table 3.9, added clock output frequency within ±0.7%	March 2012

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.

	Edited Table 3.9, TXLED# and TXLED# Description Added feedback links	
Version 2.11	Added thermal characteristics (Section 5.5) Added section 10 highlighting alternative solutions from FTDI	April 2015
Version 2.12	Updated the links under section A – References – Useful Application Notes Updated list of OS with supported drivers	August 2015
Version 2.13	Update Typo error in section heading 7.2 USB to RS485 Converter	2015-11-18
Version 2.14	Changes made to Bit bang WRn CBUS signal availability in Table 3.9.	2018-06-27
Version 2.15	Updated Fig.3.2 QFN-32 Package Pin Out and schematic symbol Updated Fig.9.1 SSOP-28 Package Dimensions Updated Fig.9.2 QFN-32 Package Dimensions Deleted QFN-32 Package Typical Pad Layout and QFN-32 Package Typical Solder Paste Diagram sections	2019-04-04
Version 2.16	Added note about revision letter in the package marking pages (Package Parameters section 9)	2020-05-21

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.

General Purpose Transistors

NPN Silicon

Features

- Pb−Free Packages are Available*

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector−Emitter Voltage	V_{CEO}	40	Vdc
Collector−Base Voltage	V_{CBO}	60	Vdc
Emitter−Base Voltage	V_{EBO}	6.0	Vdc
Collector Current − Continuous	I_C	200	mAdc
Total Device Dissipation @ T_A = 25°C Derate above 25°C	P_D	 625 5.0	 mW mW/°C
Total Device Dissipation @ T_C = 25°C Derate above 25°C	P_D	 1.5 12	 W mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	−55 to +150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS (Note 1)

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction−to−Ambient	R_{JA}	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction−to−Case	R_{JC}	83.3	°C/W

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

1. Indicates Data in addition to JEDEC Requirements.

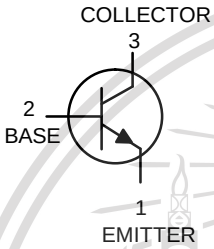
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

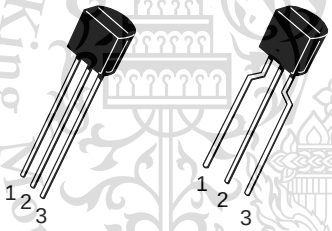
*For additional information on our Pb−Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

ON Semiconductor®

http://onsemi.com



TO−92
CASE 29
STYLE 1

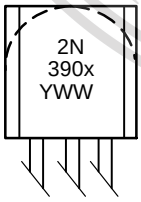


STRAIGHT LEAD
BULK PACK

BENT LEAD
TAPE & REEL

AMMO PACK

MARKING DIAGRAMS



x = 3 or 4
Y = Year
WW = Work Week
= Pb−Free Package
(Note: Microdot may be in either location)

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 3 of this data sheet.

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.

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2012

Publication Order Number:
August, 2012 − Rev. 8 2N3903/D

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic		Symbol	Min	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS					
Collector−Emitter Breakdown Voltage (Note 2) (I_C = 1.0 mAdc, I_B = 0)		$V_{(BR)CEO}$	40	−	Vdc
Collector−Base Breakdown Voltage (I_C = 10 Adc, I_E = 0)		$V_{(BR)CBO}$	60	−	Vdc
Emitter−Base Breakdown Voltage (I_E = 10 Adc, I_C = 0)		$V_{(BR)EBO}$	6.0	−	Vdc
Base Cutoff Current (V_{CE} = 30 Vdc, V_{EB} = 3.0 Vdc)		I_{BL}	−	50	nAdc
Collector Cutoff Current (V_{CE} = 30 Vdc, V_{EB} = 3.0 Vdc)		I_{CEX}	−	50	nAdc
ON CHARACTERISTICS					
DC Current Gain (Note 2)		h_{FE}			−
(I_C = 0.1 mAdc, V_{CE} = 1.0 Vdc)	2N3903		20	−	
	2N3904		40	−	
(I_C = 1.0 mAdc, V_{CE} = 1.0 Vdc)	2N3903		35	−	
	2N3904		70	−	
(I_C = 10 mAdc, V_{CE} = 1.0 Vdc)	2N3903		50	150	
	2N3904		100	300	
(I_C = 50 mAdc, V_{CE} = 1.0 Vdc)	2N3903		30	−	
	2N3904		60	−	
(I_C = 100 mAdc, V_{CE} = 1.0 Vdc)	2N3903		15	−	
	2N3904		30	−	
Collector−Emitter Saturation Voltage (Note 2)		$V_{CE(sat)}$			Vdc
(I_C = 10 mAdc, I_B = 1.0 mAdc)			−	0.2	
(I_C = 50 mAdc, I_B = 5.0 mAdc			−	0.3	
Base−Emitter Saturation Voltage (Note 2)		$V_{BE(sat)}$			Vdc
(I_C = 10 mAdc, I_B = 1.0 mAdc)			0.65	0.85	
(I_C = 50 mAdc, I_B = 5.0 mAdc)			−	0.95	
SMALL−SIGNAL CHARACTERISTICS					
Current−Gain − Bandwidth Product		f_T			MHz
(I_C = 10 mAdc, V_{CE} = 20 Vdc, f = 100 MHz)	2N3903		250	−	
	2N3904		300	−	
Output Capacitance (V_{CB} = 5.0 Vdc, I_E = 0, f = 1.0 MHz)		C_{obo}	−	4.0	pF
Input Capacitance (V_{EB} = 0.5 Vdc, I_C = 0, f = 1.0 MHz)		C_{ibo}	−	8.0	pF
Input Impedance		h_{ie}			k
(I_C = 1.0 mAdc, V_{CE} = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N3903		1.0	8.0	
	2N3904		1.0	10	
Voltage Feedback Ratio		h_{re}			X 10^{-4}
(I_C = 1.0 mAdc, V_{CE} = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N3903		0.1	5.0	
	2N3904		0.5	8.0	
Small−Signal Current Gain		h_{fe}			−
(I_C = 1.0 mAdc, V_{CE} = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N3903		50	200	
	2N3904		100	400	
Output Admittance (I_C = 1.0 mAdc, V_{CE} = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)		h_{oe}	1.0	40	mhos
Noise Figure		NF			dB
(I_C = 100 Adc, V_{CE} = 5.0 Vdc, R_S = 1.0 k , f = 1.0 kHz)	2N3903		−	6.0	
	2N3904		−	5.0	
SWITCHING CHARACTERISTICS					
Delay Time	(V_{CC} = 3.0 Vdc, V_{BE} = 0.5 Vdc,	t_d	−	35	ns
Rise Time	I_C = 10 mAdc, I_{B1} = 1.0 mAdc)	t_r	−	35	ns

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 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.

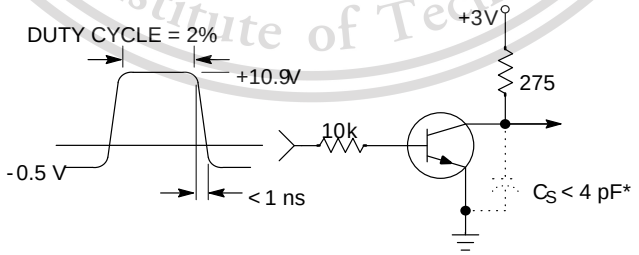
Storage Time	(V_{CC} = 3.0 Vdc, I_C = 10 mAdc, I_{B1} = I_{B2} = 1.0 mAdc)	2N3903 2N3904	t_s	– –	175 200	ns
Fall Time			t_f	–	50	ns

2. Pulse Test: Pulse Width 300 s; Duty Cycle 2%.

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping†
2N3903RLRM	TO−92	2000 / Ammo Pack
2N3904	TO−92	5000 Units / Bulk
2N3904G	TO−92 (Pb−Free)	5000 Units / Bulk
2N3904RLRA	TO−92	2000 / Tape & Reel
2N3904RLRAG	TO−92 (Pb−Free)	2000 / Tape & Reel
2N3904RLRM	TO−92	2000 / Ammo Pack
2N3904RLRMG	TO−92 (Pb−Free)	2000 / Ammo Pack
2N3904RLRP	TO−92	2000 / Ammo Pack
2N3904RLRPG	TO−92 (Pb−Free)	2000 / Ammo Pack
2N3904RL1G	TO−92 (Pb−Free)	2000 / Tape & Reel
2N3904ZL1	TO−92	2000 / Ammo Pack
2N3904ZL1G	TO−92 (Pb−Free)	2000 / Ammo Pack

†For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specifications Brochure, BRD8011/D.

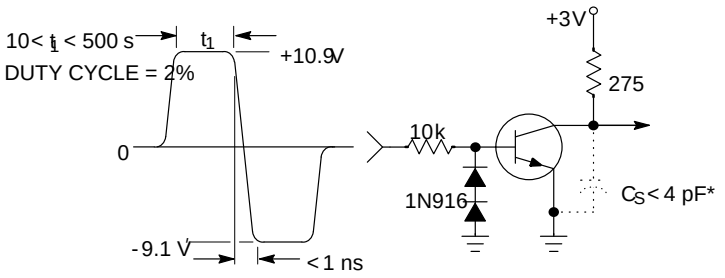


* Total shunt capacitance of test jig and connectors

300 ns

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 1. Delay and Rise Time Equivalent Test Circuit



* Total shunt capacitance of test jig and connectors

Figure 2. Storage and Fall Time Equivalent Test Circuit

TYPICAL TRANSIENT CHARACTERISTICS

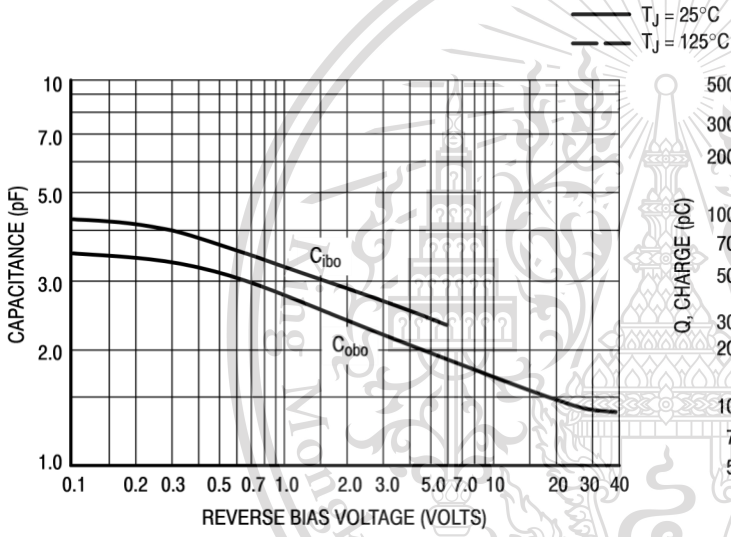


Figure 3. Capacitance

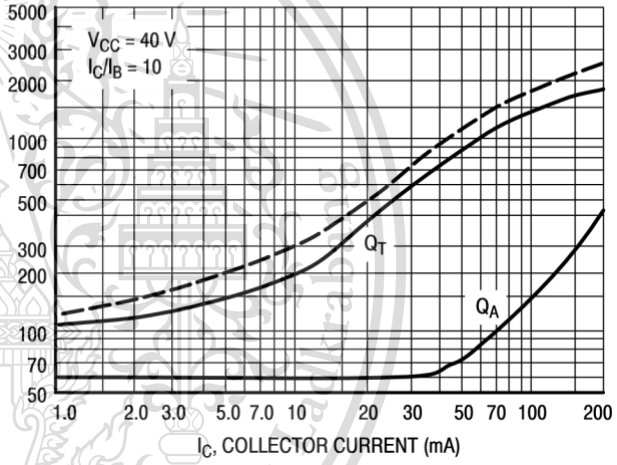
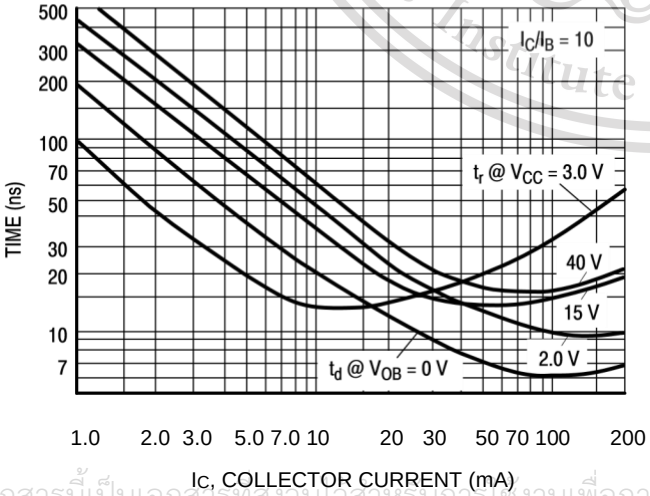
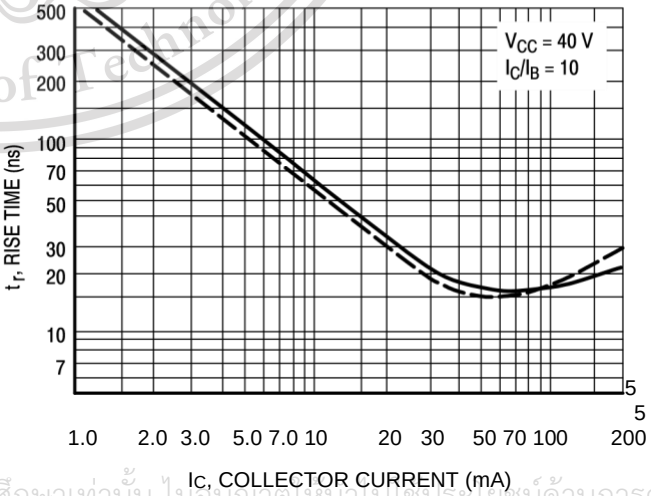


Figure 4. Charge Data





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 5. Turn−On Time

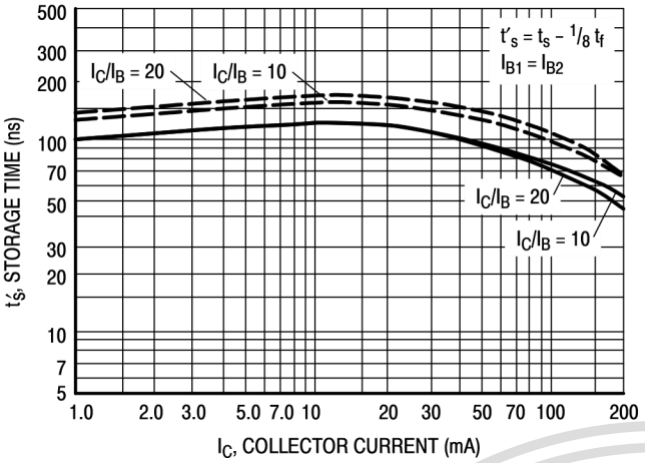


Figure 7. Storage Time

Figure 6. Rise Time

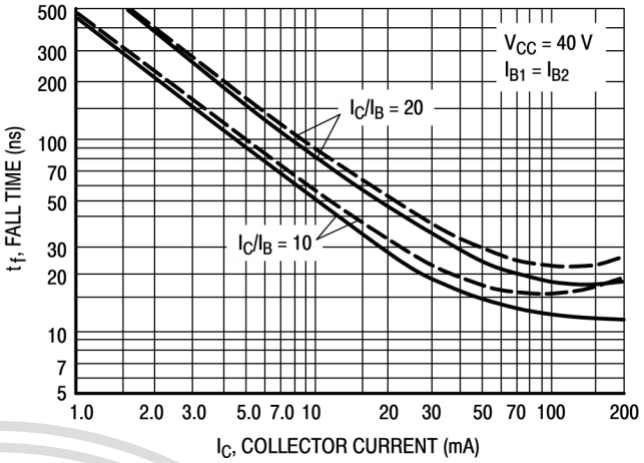


Figure 8. Fall Time

TYPICAL AUDIO SMALL−SIGNAL CHARACTERISTICS NOISE FIGURE VARIATIONS

(V_{CE} = 5.0 Vdc, T_A = 25°C, Bandwidth = 1.0 Hz)

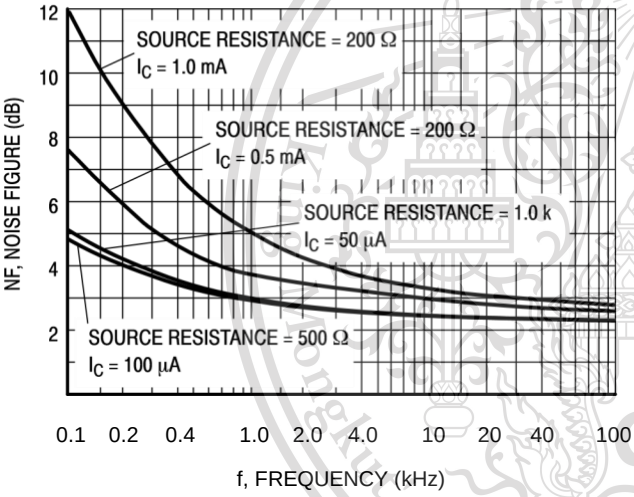


Figure 9.

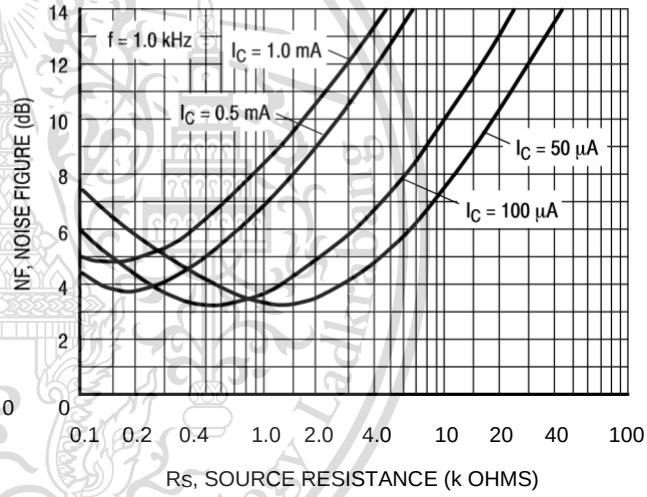
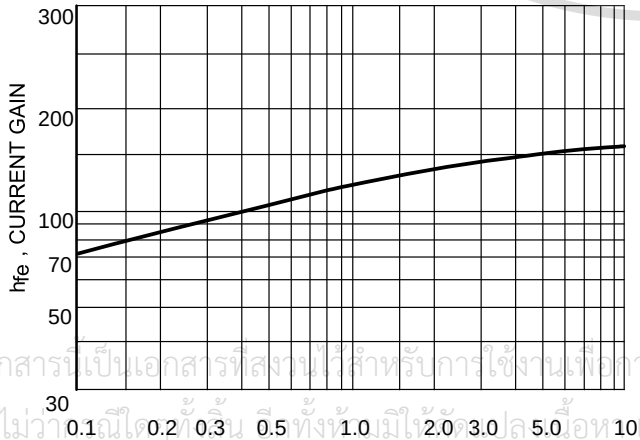
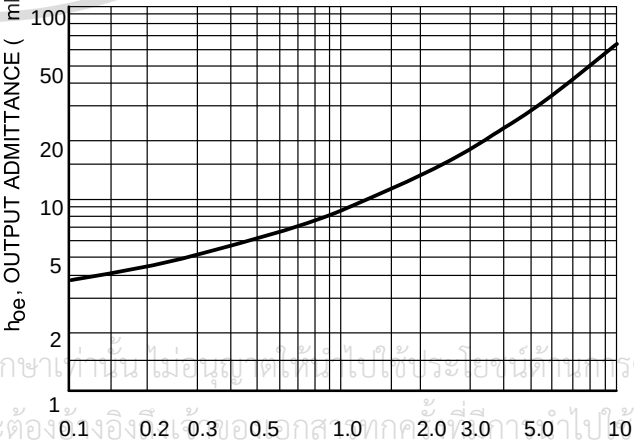


Figure 10.

h PARAMETERS

(V_{CE} = 10 Vdc, f = 1.0 kHz, T_A = 25°C)





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

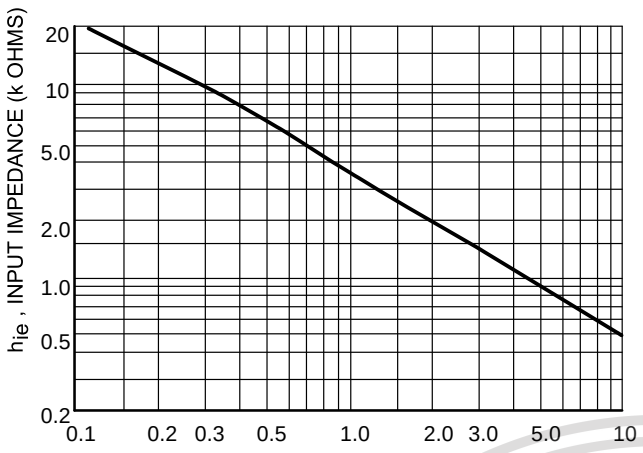


Figure 11. Current Gain

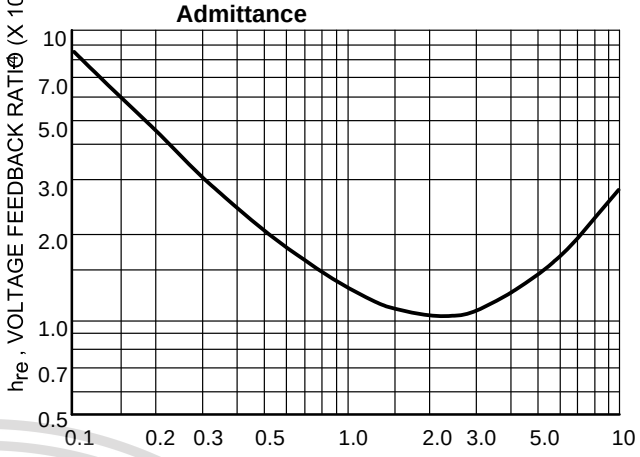


Figure 12. Output Admittance

Figure 13. Input Impedance

Figure 14. Voltage Feedback Ratio

TYPICAL STATIC CHARACTERISTICS

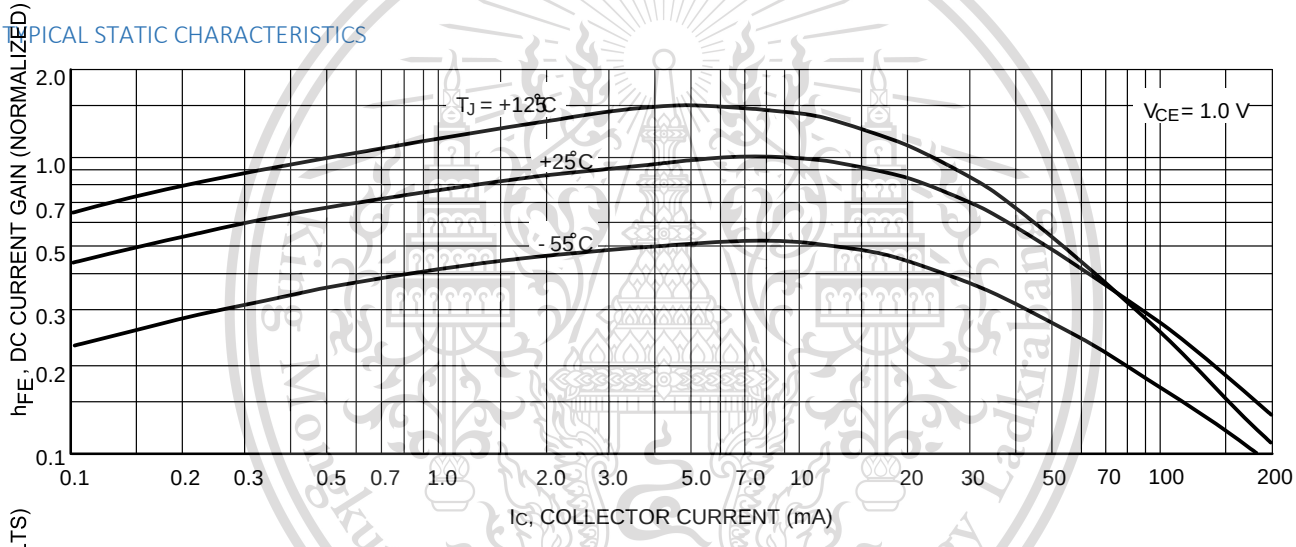
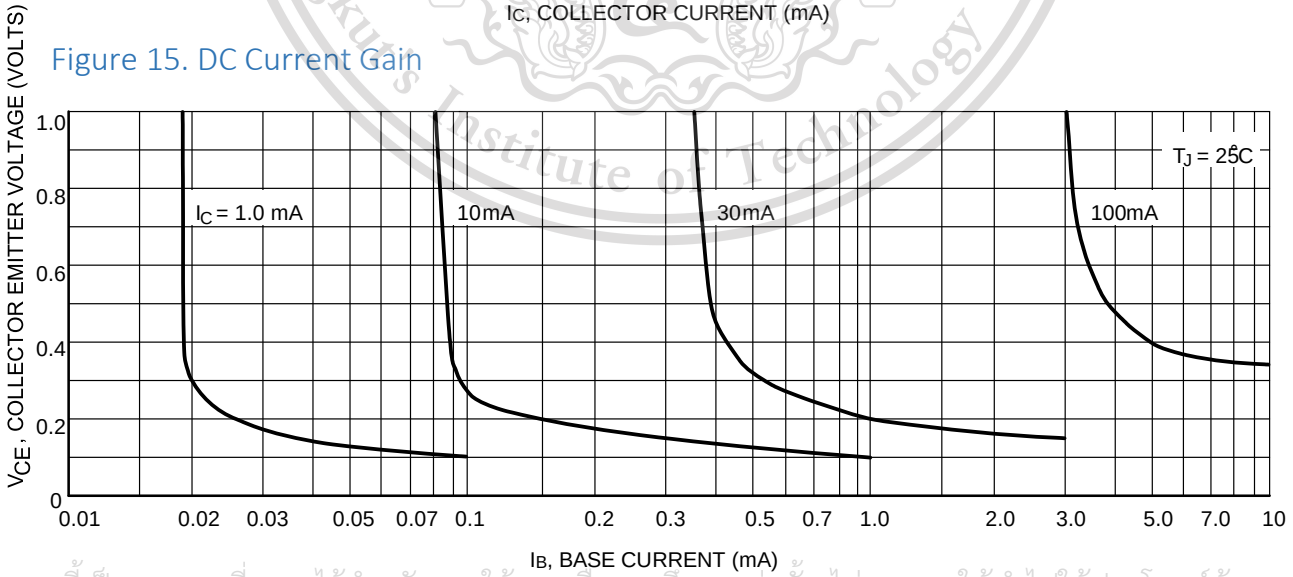


Figure 15. DC Current Gain



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. Collector Saturation Region

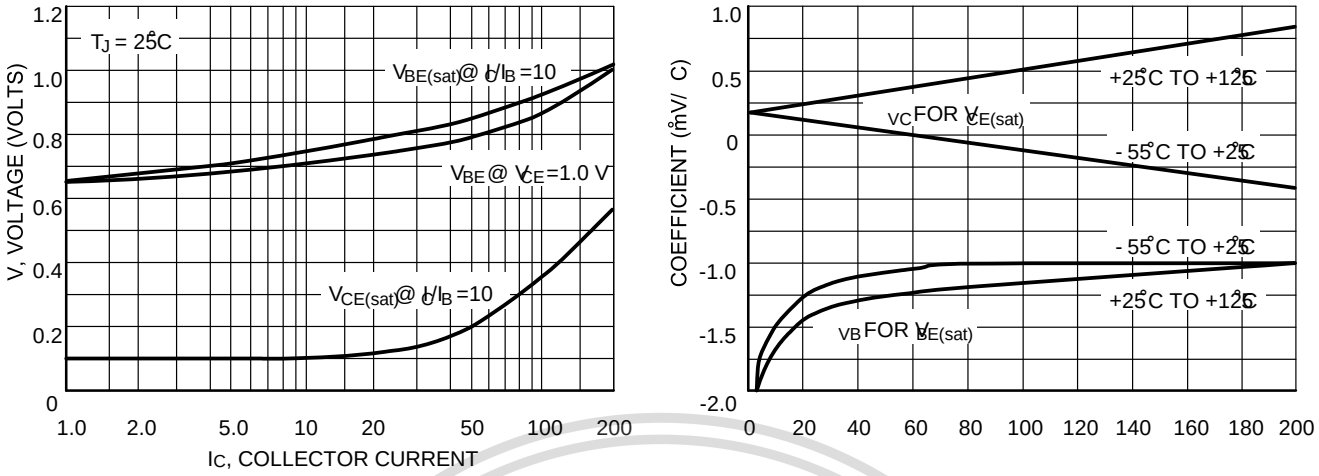


Figure 17. "ON" Voltages

Figure 18. Temperature Coefficients

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.

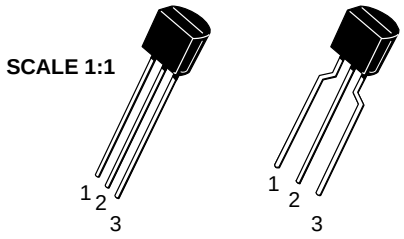
MECHANICAL CASE OUTLINE
PACKAGE DIMENSIONS

ON Semiconductor®

TO−92 (TO−226)
CASE 29−11
ISSUE AM

DATE 09 MAR 2007

SCALE 1:1



STRAIGHT LEAD
BULK PACK

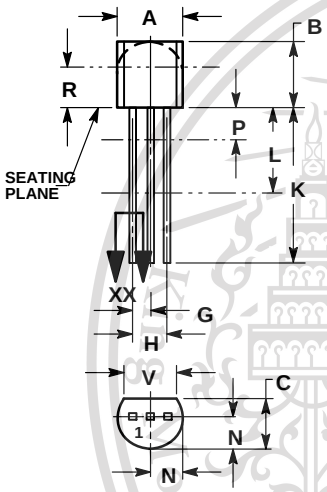
BENT LEAD
TAPE & REEL

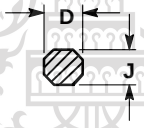
AMMO PACK

STRAIGHT LEAD
BULK PACK

NOTES:

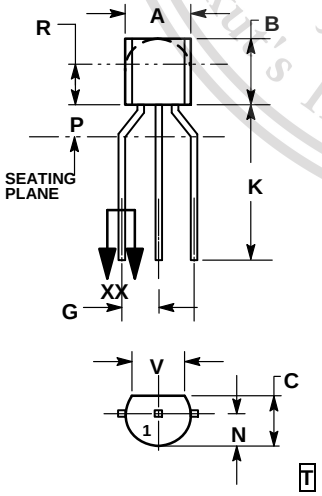
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. CONTOUR OF PACKAGE BEYOND DIMENSION R IS UNCONTROLLED.
4. LEAD DIMENSION IS UNCONTROLLED IN P AND BEYOND DIMENSION K MINIMUM.





SECTION X−X

DIM	INCHES MIN	INCHES MAX	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX
A	0.175	0.205	4.45	5.20
B	0.170	0.210	4.32	5.33
C	0.125	0.165	3.18	4.19
D	0.016	0.021	0.407	0.533
G	0.045	0.055	1.15	1.39
H	0.095	0.105	2.42	2.66
J	0.015	0.020	0.39	0.50
K	0.500	---	12.70	---
L	0.250	---	6.35	---
N	0.080	0.105	2.04	2.66
P	---	0.100	---	2.54
R	0.115	---	2.93	---
V	0.135	---	3.43	---



BENT LEAD
TAPE & REEL
AMMO PACK

NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M, 1994.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETERS.
3. CONTOUR OF PACKAGE BEYOND DIMENSION R IS UNCONTROLLED.
4. LEAD DIMENSION IS UNCONTROLLED IN P AND BEYOND DIMENSION K MINIMUM.

DIM	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX
A	4.45	5.20
B	4.32	5.33
C	3.18	4.19
D	0.40	0.54
G	2.40	2.80
J	0.39	0.50
K	12.70	---
N	2.04	2.66
P	1.50	4.00
R	2.93	---
V	3.43	---

SECTION X−X

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.

STYLES ON PAGE 2

DOCUMENT NUMBER:	**98ASB42022B**	Electronic versions are uncontrolled except when accessed directly from the Document Repository. Printed versions are uncontrolled except when stamped "CONTROLLED COPY" in red.
STATUS:	**ON SEMICONDUCTOR STANDARD**	
NEW STANDARD:		

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2002

October, 2002 **DESCRIPTION:− Rev. 0**	**TO−92 (TO−226)**	**http://onsemi.com** **1**	Case Outline Number: **PAGE 1 OF 3XXX**

STYLE 1:
PIN 1. EMITTER
2. BASE
3. COLLECTOR

STYLE 6:
PIN 1. GATE
2. SOURCE & SUBSTRATE
3. DRAIN

STYLE 11:
PIN 1. ANODE
2. CATHODE & ANODE
3. CATHODE

STYLE 16:
PIN 1. ANODE
2. GATE
3. CATHODE

STYLE 21:
PIN 1. COLLECTOR
2. EMITTER
3. BASE

STYLE 26:
PIN 1. V_{CC}
2. GROUND 2
3. OUTPUT

STYLE 31:
PIN 1. GATE
2. DRAIN
3. SOURCE

STYLE 2:
PIN 1. BASE
2. EMITTER
3. COLLECTOR

STYLE 7:
PIN 1. SOURCE
2. DRAIN
3. GATE

STYLE 12:
PIN 1. MAIN TERMINAL 1
2. GATE
3. MAIN TERMINAL 2

STYLE 17:
PIN 1. COLLECTOR
2. BASE
3. EMITTER

STYLE 22:
PIN 1. SOURCE
2. GATE
3. DRAIN

STYLE 27:
PIN 1. MT
2. SUBSTRATE
3. MT

STYLE 32:
PIN 1. BASE
2. COLLECTOR
3. EMITTER

TO−92
(TO−226)

CASE 29−11

STYLE 3:
PIN 1. ANODE
2. ANODE
3. CATHODE

STYLE 8:
PIN 1. DRAIN
2. GATE
3. SOURCE & SUBSTRATE

ISSUE AM

STYLE 13:
PIN 1. ANODE 1
2. GATE
3. CATHODE 2

STYLE 18:
PIN 1. ANODE
2. CATHODE
3. NOT CONNECTED

STYLE 23:
PIN 1. GATE
2. SOURCE
3. DRAIN

STYLE 28:
PIN 1. CATHODE
2. ANODE
3. GATE

STYLE 33:
PIN 1. RETURN
2. INPUT
3. OUTPUT

STYLE 4:
PIN 1. CATHODE
2. CATHODE
3. ANODE

STYLE 9:
PIN 1. BASE 1
2. EMITTER
3. BASE 2

STYLE 14:
PIN 1. EMITTER
2. COLLECTOR
3. BASE

STYLE 19:
PIN 1. GATE
2. ANODE
3. CATHODE

STYLE 24:
PIN 1. EMITTER
2. COLLECTOR/ANODE
3. CATHODE

STYLE 29:
PIN 1. NOT CONNECTED
2. ANODE
3. CATHODE

STYLE 34:
PIN 1. INPUT
2. GROUND
3. LOGIC

DATE 09 MAR 2007

STYLE 5:
PIN 1. DRAIN
2. SOURCE
3. GATE

STYLE 10:
PIN 1. CATHODE
2. GATE
3. ANODE

STYLE 15:
PIN 1. ANODE 1
2. CATHODE
3. ANODE 2

STYLE 20:
PIN 1. NOT CONNECTED
2. CATHODE
3. ANODE

STYLE 25:
PIN 1. MT 1
2. GATE
3. MT 2

STYLE 30:
PIN 1. DRAIN
2. GATE
3. SOURCE

STYLE 35:
PIN 1. GATE
2. COLLECTOR
3. EMITTER

DOCUMENT NUMBER:	**98ASB42022B**	Electronic versions are uncontrolled except when accessed directly from the Document Repository. Printed versions are uncontrolled except when stamped "CONTROLLED COPY" in red.
STATUS:	**ON SEMICONDUCTOR STANDARD**	
NEW STANDARD:		

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2002

October, 2002 **DESCRIPTION:− Rev. 0**	**TO−92 (TO−226)**	**http://onsemi.com** **2**	Case Outline Number: **PAGE 2 OF 3XXX**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 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.

ISSUE	REVISION	DATE
AM	ADDED BENT−LEAD TAPE & REEL VERSION. REQ. BY J. SUPINA.	09 MAR 2007

ON Semiconductor and ON e registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. “Typical” parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including “Typicals” must be validated for each customer application by customer’s technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

เอกสารนี้เป็นเ
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.

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2007

Case Outline Number:

March, 2007 − Rev. 11AM **29**

ON Semiconductor and trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at www.onsemi.com/site/pdf/Patent−Marking.pdf. ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:
Email Requests to: orderlit@onsemi.com

TECHNICAL SUPPORT
North American Technical Support: Voice Mail: 1 800−282−9855 Toll Free USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support: Phone: 00421 33 790 2910

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com
Phone: 011 421 33 790 2910
For additional information, please contact your local Sales Representative

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.