

เครื่องดูแลผิวหน้าด้วยไฟฟ้า  
Skin Treatment Device



วิภาวรรณ นัยริยสัง  
Vipawan Nairiyasaj

ศิรดา ไคลลัดดา  
Sirada Klai-ladda

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559

เครื่องดูแลผิวหน้าด้วยไฟฟ้า  
Skin Treatment Device



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2559  
ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะ วิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง เครื่องดูแลผิวหน้าด้วยความถี่และไฟฟ้า  
Skin Treatment Device

จัดทำโดย นางสาว วิภาวรรณ นัยริยสัง รหัส 56011136  
นางสาว ศิรดา ไคลัดดา รหัส 56011206

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการ เครื่องดูแลผิวหนังด้วยความถี่และไฟฟ้า  
นักศึกษา นางสาว วิภาวรรณ นัยริยสัย รหัสประจำตัว 56011136  
นางสาว ศิรดา ไคลัดดา รหัสประจำตัว 56011206  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
ปีการศึกษา 2559  
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ผศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

### บทคัดย่อ

โครงการฉบับนี้เป็นการศึกษา ออกแบบ และสร้างวงจรของเครื่องหลักประจุเข้าสู่ผิวหนังด้วยไฟฟ้า ซึ่งใช้หลักการ Displacement Current ในการทำงาน โดยการเขียนคำสั่งผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ควบคุมการทำงาน เพื่อผลิตความถี่และสัญญาณพัลส์จากหลักการ Pulse Width Modulation (PWM) และควบคุมให้วงจรสามารถทำงานได้สองโหมด ซึ่งแต่ละโหมดมีความถี่ที่แตกต่างกัน และผ่านวงจร IC MAX232 เพื่อผลิตสัญญาณพัลส์ลบ โดยที่เมื่อทำการสร้างวงจรสำเร็จแล้ว วงจรสามารถทำงานได้ตามที่กำหนด ใช้ประโยชน์ได้จริง และการออกแบบในทุกส่วนจำเป็นต้องใช้ความรู้มาประยุกต์รวมถึงมีความชำนาญในปฏิบัติ

Project Title Skin Treatment Device  
Student Ms. Vipawan Nairiyasaj Student ID 56011136  
Ms. Sirada Klai-ladda Student ID 56011206  
Degree Bachelor of Engineering  
Program Electronics Engineering  
Year 2016  
Thesis Advisor Asst. Prof .Dr. Pattarapong Phasukkit

## Abstract

The purpose of this project is to study, design and create Skin Treatment device using the displacement current theory and write code by using Arduino for generate pulses with frequency from Pulse Width Modulation (PWM) theory. This device have two different modes which different frequencies that suit user's skin and solve skin problems such as acne , dark spot or even wrinkles The output from Arduino is only positive pulse so using IC MAX 232 to generate negative pulse. After this device is finished. The device can be used as usual and the design in all part are required knowledge and expertise applied in practice.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของ ผศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาและติดตามการดำเนินการอย่างใกล้ชิด ซึ่งแนะแนวทางวิธีการซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการโครงการ กลุ่มของข้าพเจ้าขอกราบขอบคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณรุ่นพี่ และเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือตลอดจนให้คำปรึกษาแก่กลุ่มของข้าพเจ้าในการทำโครงการได้เสร็จสมบูรณ์

วิภาวรรณ นัยริยสัง

ศิรดา ไคลล์ตดา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	1
1.4 สมมติฐานของการศึกษา.....	1
1.5 แผนการดำเนินงาน.....	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทำงาน.....	3
2.1 หลักการทำงานของเครื่อง Galvanic Spa System II.....	3
2.1.1 ไอออนโตฟอรีซิส (Iontophoresis).....	3
2.1.2 อุปกรณ์ และ โหมดการทำงานของเครื่อง Galvanic Spa System II.....	5
2.1.2.1 Ageloc Face Conductor.....	7
2.1.3 ผลลัพธ์.....	9
2.2 ทฤษฎีของผิวหนัง (Skin).....	17
2.2.1 หน้าที่ของผิวหนัง.....	17
2.2.2 โครงสร้างผิวหนัง.....	18
2.3 หลักการพื้นฐานของเครื่อง Galvanic Current Skin Treatment.....	19
2.3.1 DC to AC Converter.....	20
2.4 วงจรรวมที่ใช้.....	21
2.4.1 MAX 232.....	21

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.1.1 วิธีต่อใช้งาน MAX232.....	21
2.4.2 TTL (Transistor-Transistor Logic).....	22
2.4.3 UART.....	22
2.5 Arduino.....	24
2.5.1 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino.....	24
2.5.2 Arduino Nano.....	24
2.6 จอแสดงผลแบบ OLED.....	27
2.7 กระแสกลบ่วานิก.....	27
บทที่3 การออกแบบและการคำนวณ.....	30
3.1 แผนภาพการทำงานของอุปกรณ์.....	30
3.2 ลักษณะการทำงานของวงจร.....	30
3.3 การออกแบบ.....	31
3.3.1 การออกแบบในส่วน Hardware.....	31
3.3.1.1 วงจรเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันโดยใช้วงจรรวม MAX 232.....	31
3.3.1.2 วงจรสวิตช์สำหรับเลือกโหมดการทำงาน.....	32
3.3.2 การออกแบบทางด้าน Software.....	32
3.3.3 การออกแบบในส่วนตัวเครื่อง.....	35
3.3.3.1 การออกแบบหัวตัวนำ.....	37
3.3.3.2 การออกแบบตัวเครื่อง.....	37
3.3.3.2.1 การออกแบบตัวเครื่องด้านหน้า.....	37
3.3.3.2.2 การออกแบบตัวเครื่องด้านหลัง.....	39
3.3.4 อุปกรณ์อื่นๆที่ใช้ในระบบ.....	41
3.3.4.1 Arduino nano.....	41
3.3.4.2 OLED Module.....	42
บทที่ 4 วิธีการทดสอบ และผลการทดสอบ.....	44
4.1 วิธีการทดสอบ.....	44
4.2 ผลการทดสอบ.....	44
4.2.1 เมื่อทำการจ่ายไฟเข้า Arduino Nano.....	44
4.2.2 เมื่อเปิดเครื่องหรือจ่ายไฟเข้า Arduino Nano แต่ยังไม่กดสวิตช์.....	45

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.3 เมื่อทำการกดสวิตช์ครั้งที่ 1.....	45
4.2.4 เมื่อทำการกดสวิตช์ครั้งที่ 2.....	47
4.2.5 เมื่อทำการกดสวิตช์ครั้งที่ 3.....	48
4.2.6 เมื่อทำการกดสวิตช์ครั้งที่ 4.....	48
4.2.7 เมื่อทำการบรรจุวงจรลงในตัวเครื่องที่ออกแบบโดย SolidWorks.....	48
4.3 ผลของการทดสอบการทำงานของตัวเครื่อง.....	48
4.4 ผลของการทดสอบกับผิวหนัง.....	49
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง.....	50
5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	50
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน.....	50
5.3 แนวทางการแก้ไข.....	50
5.4 ประโยชน์และการประยุกต์การใช้งาน.....	51
5.5 สิ่งที่ได้จากโครงการ.....	51
เอกสารอ้างอิง.....	52
ภาคผนวก.....	53
ภาคผนวก ก.....	54
ภาคผนวก ข.....	61

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการวัดจากเอาท์พุทของเครื่อง.....	48
4.2 ผลการทดสอบกับผิวหนัง.....	48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 เครื่องต้นแบบ Galvanic Spa System II.....	3
2.2 รูปภาพแสดงขั้นตอนการทำงานเบื้องต้นของวิธีการไอออนโตโพรีซิส.....	4
2.3 รูปแสดงโหมดการทำงานและชนิดหัวของเครื่อง Galvanic Spa System II.....	5
2.4 รูปแสดงจำนวนแรงดันและกระแสไฟจากแต่ละโหมดการทำงาน.....	6
2.5 แผ่นเพลต Ageloc Face Conductor.....	7
2.6 โหมดการทำงานแบบ Pre- Treat และ Treatment ตามลำดับ.....	8
2.7 ภาพเปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้งานเครื่อง Galvanic Spa System II.....	9
2.8 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบระหว่างการไม่ใช้ และใช้เครื่อง Galvanic System II.....	10
2.9 กราฟเส้นแสดงการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนัง.....	11
2.10 กราฟแท่งแสดงจำนวนการดูดซึมผิวหนังของมนุษย์ หลังการใช้กระแสไฟฟ้า 24 ชั่วโมง.....	11
2.11 กราฟแท่งแสดงการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังเมื่อใช้กระแสไฟฟ้าที่ต่างกัน.....	12
2.12 กราฟเส้นแสดงการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังเมื่อใช้กระแสไฟฟ้าที่ต่างกัน.....	12
2.13 กราฟแท่งแสดงการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังของมนุษย์เมื่อใช้กระแสไฟฟ้าที่ต่างกัน.....	13
2.14 กราฟแท่งแสดงการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังของมนุษย์เมื่อใช้กระแสไฟฟ้าที่ต่างกัน.....	13
2.15 กราฟเส้นแสดงการเปรียบเทียบการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังของมนุษย์เมื่อใช้กระแสไฟฟ้าที่ต่างกัน คือ 2.5 มิลลิแอมป์ และ 5 มิลลิแอมป์ ในระยะเวลาต่างๆ หลังการสิ้นสุดจ่ายกระแสไฟฟ้า.....	14
2.16 กราฟแท่งแสดงผลการเปรียบเทียบการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังระหว่าง การใช้ครั้งเดียวกับการใช้สองครั้ง หลังจากการใช้กระแสไฟฟ้า 3 ชั่วโมง.....	14
2.17 กราฟแท่งแสดงผลการเปรียบเทียบการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังระหว่าง การใช้ครั้งเดียวกับการใช้สองครั้ง หลังจากการใช้กระแสไฟฟ้า 6 ชั่วโมง.....	15
2.18 กราฟแท่งแสดงผลการเปรียบเทียบการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังระหว่าง การใช้ครั้งเดียวกับการใช้สองครั้ง หลังจากการใช้ไฟฟ้า 12 ชั่วโมง.....	15
2.19 กราฟแท่งแสดงผลการเปรียบเทียบการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังระหว่าง การใช้ครั้งเดียวกับการใช้สองครั้ง หลังจากการใช้ 24 ชั่วโมง.....	16
2.20 กราฟแท่งแสดงผลการเปรียบเทียบการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังระหว่าง การใช้ครั้งเดียวกับการใช้สองครั้ง ณ หลังจากใช้กระแสไฟฟ้าที่เวลาต่างๆ.....	16
2.21 เปรียบเทียบผิวที่มีความเสียหาย กับ ผิวสุขภาพดี.....	18
2.22 โครงสร้างของผิวหนัง.....	18

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.23 รูปแสดงหลักการ displacement current.....	19
2.24 ไฟฟ้ากระแสตรง.....	20
2.25 ไฟฟ้ากระแสสลับ.....	21
2.26 (ก.) แสดงตำแหน่งขาของไอซี MAX232 และ (ข.) รูปวงจรรภายใน.....	21
2.27 แสดงการต่อการใช้งาน MAX 232.....	22
2.28 ภาพแสดงการใช้แรงดันของ TTL และ LVTTL.....	22
2.29 ภาพแสดงการสื่อสารอนุกรมแบบ Synchronous.....	23
2.30 ภาพแสดงการสื่อสารอนุกรมแบบ Asynchronous.....	23
2.31 ลักษณะของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์.....	24
2.32 แสดงรูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino.....	25
2.33 บอร์ด Arduino Nano.....	25
2.34 โมดูลจอแสดงผล OLED.....	27
2.35 ลักษณะการต่อระหว่างจอOLED และ Arduino Broad.....	28
3.1 แผนภาพการทำงานของอุปกรณ์.....	30
3.2 Schematic ของวงจรรวม MAX 232.....	31
3.3 Schematic ของวงจรวัดสำหรับเลือกโหมดการทำงาน.....	32
3.4 รูปตัวอย่างโปรแกรม.....	33
3.5 System Blockdiagram.....	34
3.6 (ก.)รูปตัวอย่างการออกแบบ และ (ข.) การออกแบบเครื่องภายนอก.....	35
3.7 รูปจริงของตัวเครื่อง.....	36
3.8 รูปขณะทำการปรับ.....	36
3.9 รูปการออกแบบหัวตัวนำ.....	37
3.10 ตัวเครื่องด้านหน้าของฝาหน้า.....	37
3.11 ตัวเครื่องด้านหลังของฝาหน้า.....	38
3.12 ตัวเครื่องฝาหน้า.....	38
3.13 รูปฝาหลังของเครื่อง.....	39
3.14 รูปด้านข้างของฝาหลังของเครื่อง.....	39
3.15 รูปด้านบนของฝาหลังของเครื่อง.....	40
3.16 รูปด้านล่างของฝาหลังของเครื่อง.....	40

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.17 รูปด้านในของฝาหลังของเครื่อง.....	41
3.18 Arduino nano.....	41
3.19 OLED LCD LED Display Module Yellow/Blue 0.96" 128X64 for Arduino.....	42
4.1 รูปบอร์ดเมื่อทำการจ่ายไฟ.....	44
4.2 ผลของหน้าจอ OLED เมื่อเปิดเครื่องหรือจ่ายไฟเข้า Arduino Nano แต่ยังไม่กดสวิตช์.....	45
4.3 ผลที่ทางออกของสัญญาณของวงจรรวม MAX 232 เมื่อเปิดเครื่องหรือจ่ายไฟเข้า Arduino Nano แต่ยังไม่กดสวิตช์.....	45
4.4 ผลของหน้าจอ OLED เมื่อเลือกการทำงานในโหมดที่ 1.....	46
4.5 รูปแสดงสัญญาณที่ทางออกของสัญญาณของวงจรรวม MAX 232 ในโหมดที่ 1.....	46
4.6 ผลของหน้าจอ OLED เมื่อเลือกการทำงานในโหมดที่ 2.....	47
4.7 รูปแสดงรูปสัญญาณทางเอาต์พุตของวงจรรวม MAX 232 ในโหมดที่ 2.....	47
4.8 ทำการบรรจวงจรรลงในตัวเครื่อง.....	48

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้มีการพัฒนาเป็นอย่างมากและในการดำเนินชีวิตในปัจจุบันนี้ เทคโนโลยีเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องมากมาย ไม่ว่าจะเป็นการใช้เทคโนโลยีในการสื่อสาร ด้านคมนาคมขนส่ง รวมทั้งด้านการแพทย์ และด้านอื่น ๆ อีกมากมาย สุขภาพที่ดีเป็นสิ่งที่มนุษย์ทุกคนต้องการ รวมทั้งสุขภาพผิวของใบหน้าเช่นกัน ในปัจจุบันมนุษย์เริ่มเข้ามาสนใจและดูแลเอาใจใส่มีมากขึ้นทุกวัน การดูแลซึ่งแต่ละคนมีวิธีการที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นการทาครีม หรือ แม้กระทั่งการไปหาผู้เชี่ยวชาญการดูแลผิว ไม่ว่าจะเป็นตามโรงพยาบาล หรือตามคลินิกต่างๆไป ซึ่งปัญหาที่พบมีหลากหลายดังเช่น สิว ฝ้า กระ รอยแผลเป็น รอยเก๋วย่น หรือแม้กระทั่ง รอยเส้นเลือดฝอย และยังมีปัญหาอีกมากมาย ซึ่งในการเข้าไปรับการรักษาการแพทย์ผิวหนัง หรือผู้เชี่ยวชาญมักที่ค่าใช้จ่ายที่แพง ไม่ว่าจะเป็นค่าผู้เชี่ยวชาญ ค่ายา ค่าอุปกรณ์ ค่าทรีตเมนต์ รวมถึงค่าในการเดินทาง ซึ่งทำให้ในการรักษาให้หายขาดมีค่าใช้จ่ายที่แพง

เนื่องด้วยจากปัญหาที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น ผู้จัดทำจึงจัดทำเครื่อง Skin Treatment Device ที่สามารถลดค่าใช้จ่ายและนำไปใช้ในการนวดตามจุดต่างๆตามที่ต้องการ โดยเครื่อง Skin Treatment Device มีหลักการโดยวิธีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ผ่านกระบวนการสร้างคลื่นความถี่ที่เหมาะสมกับผิวแต่ละส่วนของร่างกายผ่านตัวนำเพื่อให้เข้าสู่ผิวตามต้องการในเวลาที่กำหนด ร่วมกับสสารหรือตัวยาเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่ง ดูดซึม ของสารให้สามารถเกิดผลลัพธ์ที่เปลี่ยนแปลงไปกับผิวหนังของมนุษย์ได้

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อสามารถออกแบบ และประดิษฐ์ตัวเครื่อง Skin Treatment Device และสร้างเครื่องผลึกประจุไฟฟ้าเข้าสู่ผิวหน้าได้

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

ศึกษาหลักการทำงานของเครื่อง Galvanic Spa System II และนำมาทำการออกแบบเครื่อง Skin treatment Device วงจรภายในและภายนอกได้

### 1.4 สมมติฐานของการศึกษา

เป็นเครื่องที่ให้หลักการรักษาผิวหนัง โดยวิธีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมตามเวลาที่กำหนด ร่วมกับสสารหรือตัวยา หลังจากเครื่องหยุดการทำงาน สสารก็ยังมี การขนส่ง หรือ ดูดซึมเข้าสู่ผิวหนังอยู่ ณ ช่วงเวลาหนึ่ง เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่ง ดูดซึม ของสาร หลังจากการใช้กระแสไฟฟ้า การส่งประจุเข้าสู่ผิวหนังโดยใช้กระแสไฟฟ้า หรือเรียกว่า ไอออนโทฟอร์ซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Iontophoresis) อุปกรณ์ที่ใช้ในการปล่อยกระแสไฟฟ้านี้ ประกอบไปด้วยขั้วไฟฟ้าขั้วบวก และขั้วไฟฟ้าขั้วลบ

### 1.5 แผนการดำเนินงาน

แผนงาน\เวลา	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ศึกษาและค้นคว้า ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง																
เขียนโปรแกรม																
ออกแบบวงจร และสร้างวงจร																
ทำการทดลอง รวบรวมผลการ ทดลอง แกะไขส่วน ที่ผิดพลาด																

### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

นำความรู้และผลของการทดลองที่ได้จากโครงงาน นำไปใช้ในการสร้างและพัฒนาตัวเครื่องให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น หรือเทียบเท่า ทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆได้

## บทที่ 2

# ทฤษฎี และ หลักการทำงาน

## 2.1 หลักการทำงานของเครื่อง Galvanic Spa System II

จากการศึกษาเครื่อง Galvanic Spa System II ของบริษัท Nu Skin ให้เป็นเครื่องต้นแบบ



รูปที่ 2.1 เครื่องต้นแบบ Galvanic Spa System II

ที่มา [https://www.nuskin.com/en\\_CA/products/nuskin/galvanic\\_spa](https://www.nuskin.com/en_CA/products/nuskin/galvanic_spa)

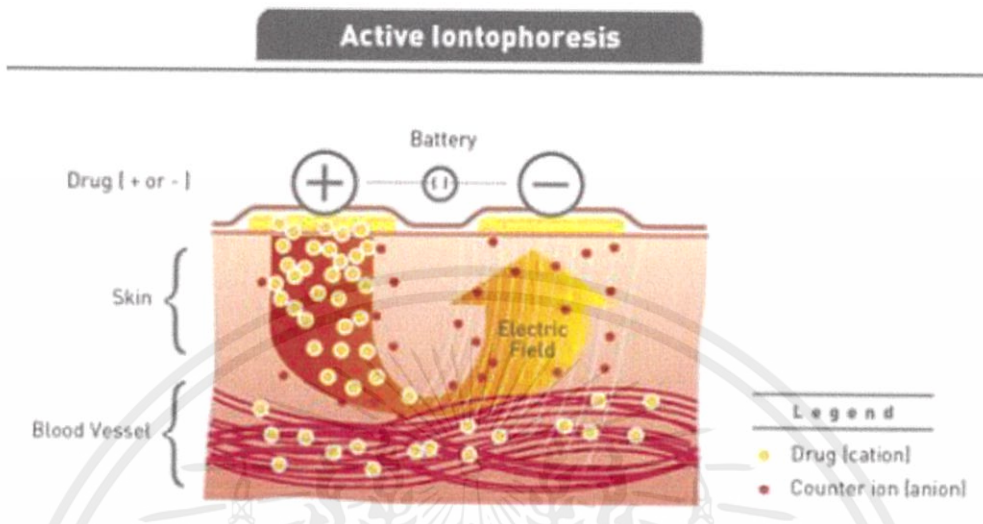
เป็นเครื่องที่ให้หลักการรักษาผิวหนัง โดยวิธีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมตามเวลาที่กำหนด ร่วมกับสสารหรือตัวยา หลังจากเครื่องหยุดการทำงาน สสารก็ยังคงมีการขนส่ง หรือ ดูดซึมเข้าสู่ผิวหนังอยู่ ณ ช่วงเวลาหนึ่ง เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่ง ดูดซึม ของสาร หลังจากการใช้กระแสไฟฟ้า การส่งประจุเข้าสู่ผิวหนังโดยใช้กระแสไฟฟ้า หรือเรียกว่า ไอออนโตฟอรีซิส (Iontophoresis) อุปกรณ์ที่ใช้ในการปล่อยกระแสไฟฟ้านี้ ประกอบไปด้วยขั้วไฟฟ้าขั้วบวก และ ขั้วไฟฟ้าขั้วลบ

### 2.1.1 ไอออนโตฟอรีซิส (Iontophoresis)

Iontophoresis มาจากภาษากรีก แปลว่าการนำเอาประจุไฟฟ้าเข้าไปใช้ในทางการแพทย์เพื่อทำให้ยาซึมผ่านผิวหนัง ได้มากขึ้น ที่นิยมนำมาใช้มากที่สุด ได้แก่ การใช้รักษาโรคเหงื่อออกมาก ผิดปกติ ( รักษาโรคนี้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1936-1948 ) โดยใช้เครื่องมือไอออนโตและสารเคมีซึ่งเป็นแค่น้ำประปาธรรมดาามาทำปฏิกิริยาบริเวณที่มีเหงื่อออกมาก ครั้งละ 20-30 นาที สัปดาห์ละ 2-3 ครั้ง จนเหงื่อลดลงเป็นปกติ นอกจากนั้นก็มีการนำสารเคมีต่าง ๆ มาใช้กับเทคนิคไอออนโตเพื่อรักษาโรคผิวหนังต่าง ๆ อีก เช่น โรคต่างขาว ( Vitiligo ) โรคผิวหนังแข็งเป็นหิน ( Hyperkeratosis ) หูดที่ฝ่าเท้า ( Wart ) แผลที่ผิวหนัง เริมที่ริมฝีปาก ( Herpes simplex ) และแผลเป็นจากสิว ( Post acne scar ) นอกจากนี้ยังมีการนำเทคนิคนี้มาใช้ในคนที่มีการปวดเรื้อรังของบริเวณต่างๆ ของร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ปวดหลัง ปวดไหล่ ปวดกล้ามเนื้อต้นคอ โดยประยุกต์มาใช้ยาเฉพาะที่ซึ่งอาจจะเป็นยาชา ยาแก้ปวดที่ออกฤทธิ์เฉพาะที่ได้ด้วย



รูปที่ 2.2 รูปภาพแสดงขั้นตอนการทำงานเบื้องต้นของวิธีการไอออนโตโฟริซิส

ที่มา <http://www.estheticamd.com/iontophoresis-treatment/>









หลักการเบื้องต้นของไอออนโตคือการเร่งการดูดซึมยาผ่านเข้าไปในชั้นใต้ผิวหนังผ่านชั้นหนังกำพร้า (epidermis) หนังแท้ (dermis) ชั้นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) โดยผ่านเข้าทางรูขุมขนหรือซึมผ่านผิวหนังชั้นนอกโดยตรง วิธีการเร่งยานั้นใช้หลักการพื้นฐานของไฟฟ้าสถิตเบื้องต้นคือประจุไฟฟ้าเหมือนกันจะผลักรัน ประจุไฟฟ้าต่างกันจะดูดกัน ผู้ที่ทำไอออนโตจะเลือกใช้ยาหรือสารเคมีอะไรเพื่อจะเร่งให้ดูดซึมจะต้องทราบกฎพื้นฐาน 2 ประการคือ

1. ยาที่ใช้ควรจะแตกตัว ( ionic ) ได้ง่ายเมื่อมีตัวทำละลายที่เหมาะสม ( solvent ) ตัวทำละลายที่นิยมใช้กันคือน้ำเปล่าสะอาด ( sterile water )
2. ยาเมื่อแตกตัวแล้วได้เป็นประจุไฟฟ้าบวกหรือลบ ( cation or anion ) ทั้งนี้ พื้นฐานข้อนี้สำคัญมากเพราะยาแต่ละชนิดเมื่อแตกตัวมาแล้วจะได้ประจุไฟฟ้าที่ไม่เหมือนกัน เมื่อนำยาชนิดที่แตกตัวแล้วได้ประจุลบ ไปผสมตัวทำละลายแล้วหาบริเวณที่ต้องการให้ดูดซึม ยกตัวอย่างเช่น ใช้วิตามิน C ซึ่งแตกตัวได้ประจุลบทำที่บริเวณใบหน้าเมื่อใช้เครื่องมือที่เป็นแท่งสื่อนำ ไฟฟ้ามานำใกล้ที่ใบหน้า ต้องปรับให้แท่งสื่อนำ ( electrode ) นี้เป็นขั้วลบด้วยจึงจะผลักรยาเข้าสู่ชั้นใต้ผิวหนังได้ อย่างไรก็ตาม ไม่ควรทำไอออนโตในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องกระตุ้นการเต้นของหัวใจ ในผู้ป่วยที่มีประวัติแพ้ยาตัวที่จะนำมาทำไอออนโต ในผู้ป่วยที่มีบาดแผลที่ผิวหนังหรือผิวหนังติดเชื้อบริเวณที่จะทำ และในผู้ป่วยที่มีประวัติโรคลมชัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1.2. อุปกรณ์ และ โหมดการทำงานของเครื่อง Galvanic Spa System II

อุปกรณ์ของเครื่อง Galvanic Spa System II มี 4 หัว และมีโหมดการทำงานด้วยกัน 5 โหมด ในที่นี้เราศึกษาเพียงหัวที่ 1 Face หรือ Ageloc Face Conductor

TREATMENT	PRODUCT	TREATMENT SETTING	USAGE FREQUENCY
 Face	Galvanic Spa® Facial Gels with ageLOC™ Step 1: Pre-Treat Step 2: Treatment 	Pre-Treat: <b>1</b> Treatment: <b>2</b>	2-3 times per week
 Spot Treatment	Tru Face® Line Corrector 	<b>3</b>	Daily, morning and night (eye area: 1-2 minutes, deeper lines: 3-5 minutes)
 Body	Galvanic Spa® II Body Shaping Gel 	<b>4</b>	2-3 times per week, (morning and night each time)
 Scalp	Nutriol® Hair Fitness Treatment 	<b>5</b>	3 times per week

### รูปที่ 2.3 รูปแสดงโหมดการทำงานและชนิดหัวของเครื่อง Galvanic Spa System II

ที่มา <http://www.haveagoodthing.com/product-category/allproduct>

ในการใช้งานควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสโดยตรงกับบริเวณรอบดวงตา ริมฝีปาก และปาก เนื่องจากเป็นบริเวณที่บอบบางที่สุด ประมาณ 0.05 มิลลิเมตร โดยปกติผิวหนังกำพืดมีความหนา 0.1 มิลลิเมตร

## Nu Skin Galvanic Spa Instrument

Instrument #	Beeps	Voltage (V)	Current (uA)
1	1	12.48	125
	3	12.09	359
2	1	12.52	126
	3	12.13	357
3	1	12.48	126
	3	12.09	361
4	1	12.50	124
	3	12.06	354
5	1	12.47	128
	3	12.09	360
6	1	12.53	126
	3	12.13	359

## Kuang TA 2060 Spa Galvanic Instrument

# LEDs	Voltage (V)	Current (uA) @ 5M	Current (uA) @ 10M	Current (uA) @ 500K	Current (uA) @ 300K	Current (uA) @ 170K
0	0	0	0	0	0	0
1	9.4	1.8	1.0			
2	10.6	2.1	1.1			
3	11.1	2.3	1.2			
4	12.5	2.6	1.3	24	40	71
5	14.3	2.9	1.5			
6	16.5	3.3	1.7			
7	19.5	3.9	2.0			

## Nu Skin Galvanic Spa Instrument

# Beeps	Voltage (V)	Current (uA) max.	Current (uA) hand to hand
1	12.4	125	50
2	12.1	359	71

รูปที่ 2.4 รูปแสดงจำนวนแรงดันและกระแสไฟจากแต่ละโหมดการทำงาน

ที่มา <https://www.google.co.th/patents/US20070185431>

### 2.1.2.1 Ageloc Face Conductor

Ageloc Face Conductor เหมาะสำหรับการแก้ปัญหาในเรื่อง ริ้วรอย จุดต่างดำ ผิวหนังไม่กระชับ รูขุมขนไม่กระชับ



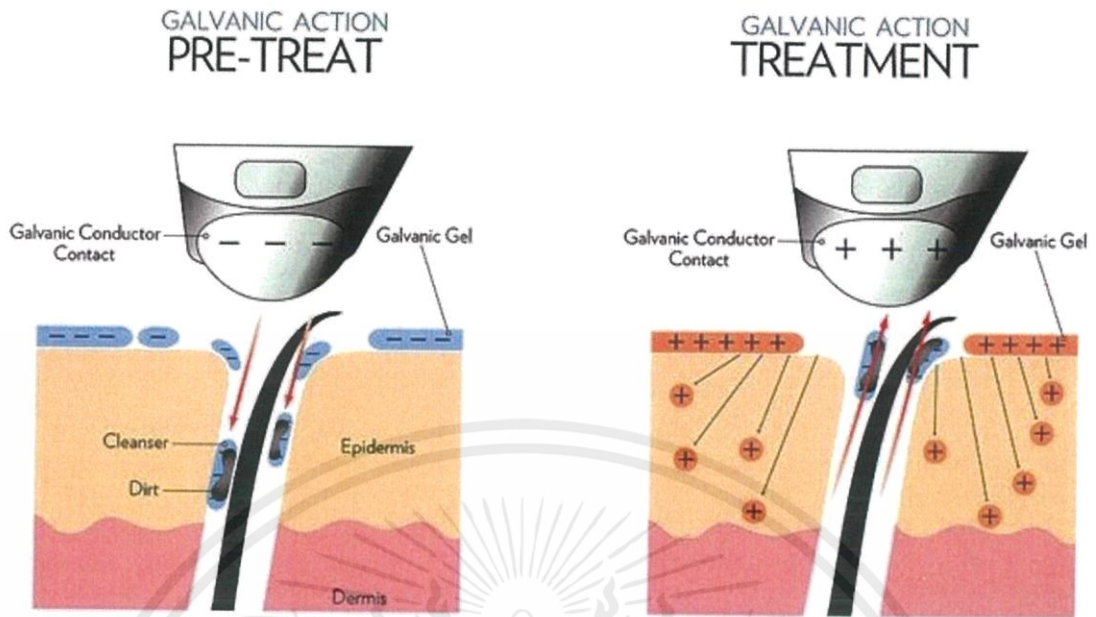
รูปที่ 2.5 แผ่นเฟลต Ageloc Face Conductor

ซึ่งแผ่นเฟลตนี้สร้างมาจากโครเมียม (Chromium) โดยที่ยังภายใต้อุปกรณ์สัมผัสมีสารมากขึ้นเท่าไร สารอาหารที่เติมเข้าสู่ผิวหนังก็เพิ่มมากขึ้น หรือเป็นการช่วยให้สารหรือเจลถูกผลักเข้าสู่ผิวหรือขนส่งไปยังผิวได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าการทาหรือป้ายสารหรือเจลเพียงอย่างเดียว และการผลักสารหรือเจลนี้ใช้โหมดการทำงาน 2 โหมด โดยแบ่งเป็นโหมด Pre-Treat และโหมด Treatment

โหมดการทำงาน Pre- Treat (เกาะสิ่งสกปรก) ตัวเครื่อง Galvanic Spa System II และ สารมีประจุเป็นลบ ประจุไฟฟ้าเดียวกันจะทำงานผลัดกัน โดยกระแสกัลวานิกจะผลักสารลงสู่ผิวหนัง สารจะตรงเข้าเกาะจับสิ่งสกปรก

โหมดการทำงาน Treatment (กำจัดสิ่งสกปรกพร้อมบำรุง)

เครื่อง Galvanic Spa System II และ สารมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก ประจุไฟฟ้าเดียวกันจะทำงานผลัดกันโดยกระแสกัลวานิกจะผลักสารลงสู่ผิว ในทางกลับกันสิ่งสกปรกในผิวหนังที่มีประจุลบนั้นจะถูกดูดขึ้นมา



รูปที่ 2.6 โหมดการทำงานแบบ Pre-Treat และ Treatment ตามลำดับ

ที่มา <http://ageloc-galvanicspa-indonesia.blogspot.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 ผลลัพธ์

หลังจากการทดลองใช้ Galvanic Spa System II พบว่า สภาพผิวหนังมีความกระชับขึ้น รอย  
 กระ รอยฝ้า หรือรอยดำจางลงอย่างเห็นได้ชัด



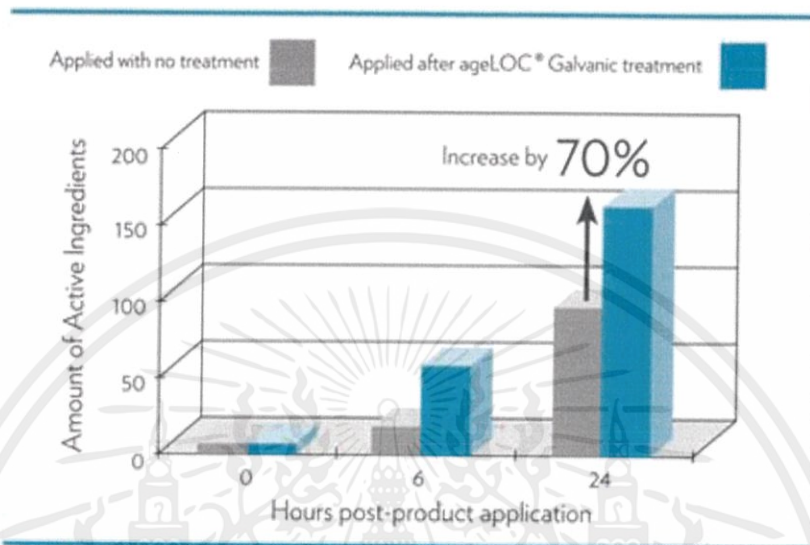
รูปที่ 2.7 ภาพเปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้งานเครื่อง Galvanic Spa System II

ที่มา <https://www.gumtree.com/p/facial-skin-care>

จะเห็นว่าผลหลังจากการใช้เครื่อง Galvanic Spa System II นั้นเปลี่ยนแปลงไปจากผล  
 ก่อนการทดลองใช้เป็นอย่างมาก โดยแต่ละโหมดการทำงานจะช่วยให้ผลลัพธ์ที่ออกมาแตกต่างกัน  
 ไปตามคุณสมบัติของสสารหรือเจลที่เลือกใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากสังเกตผลลัพธ์จากการทดลองใช้เครื่อง Galvanic Spa System II กับสสารหรือเจลที่เหมาะสมกันจะมีผลลัพธ์ของส่วนประกอบของสสารหรือเจลที่เพิ่มมากขึ้นถึง 70 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าการไม่ใช้เครื่อง Galvanic Spa System II ช่วยในการขนส่งหรือผลึกสสารเข้าสู่ผิวหนังเป็นอย่างมาก

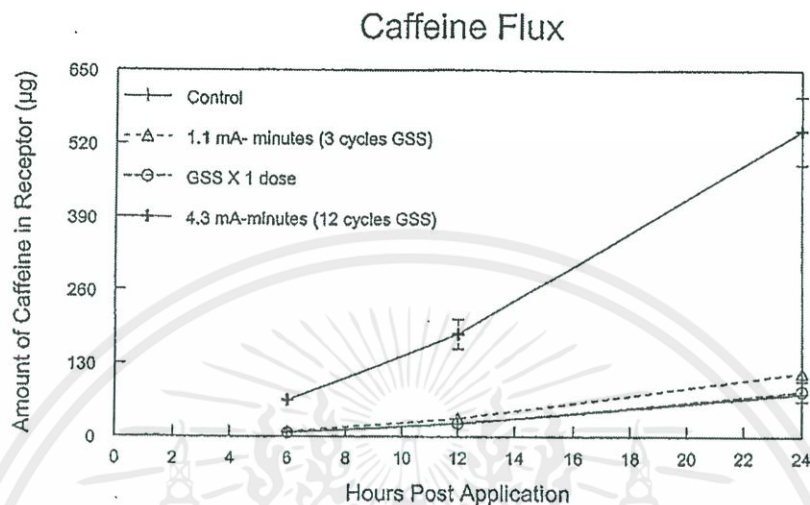


Research studies conducted at the University of Oklahoma, 2006

รูปที่ 2.8 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบระหว่างการใช้และไม่ใช้เครื่อง Galvanic System II

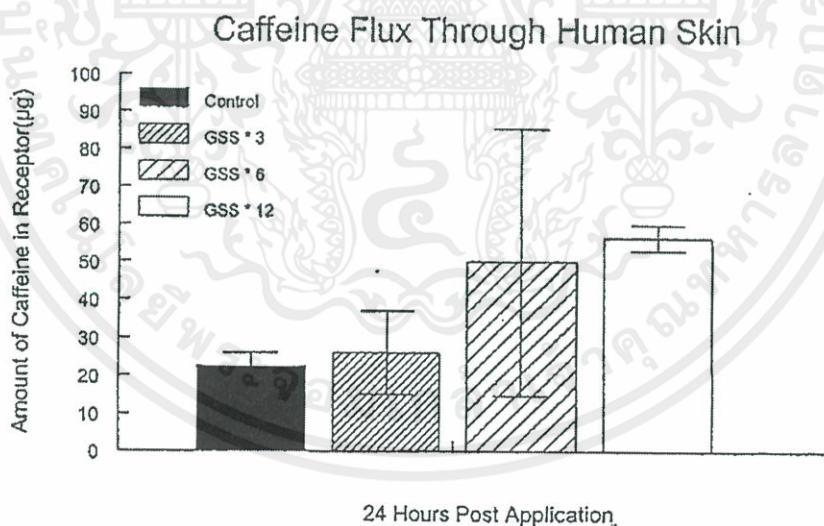
ที่มา <http://www.haveagoodthing.com/product-category/allproduct/>

ทั้งนี้ยังมีการวิจัยสารอื่น ที่สามารถซึมเข้าสู่ผิวหนังได้ เช่นในการทำการทดสอบให้สารในที่นี้เป็นคาเฟอีน (Caffeine) หลังจากการใช้เครื่อง Galvanic Spa System II และหยุดการทำงานแล้วจะเห็นได้ว่าการดูดซึมสารเข้าไปมากขึ้นตามเวลาที่ใช้งานเครื่อง Galvanic Spa System II นี้



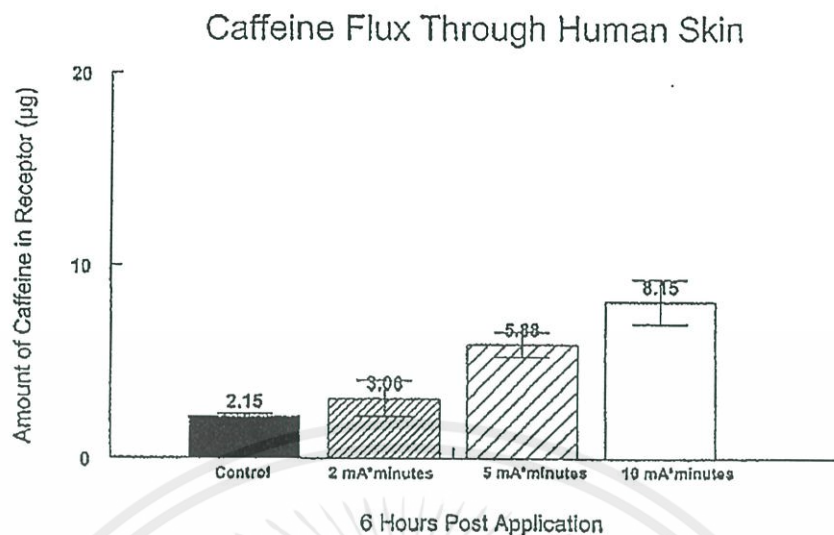
รูปที่ 2.9 กราฟเส้นแสดงการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนัง

ที่มา <https://www.google.co.th/patents/US20070185431>



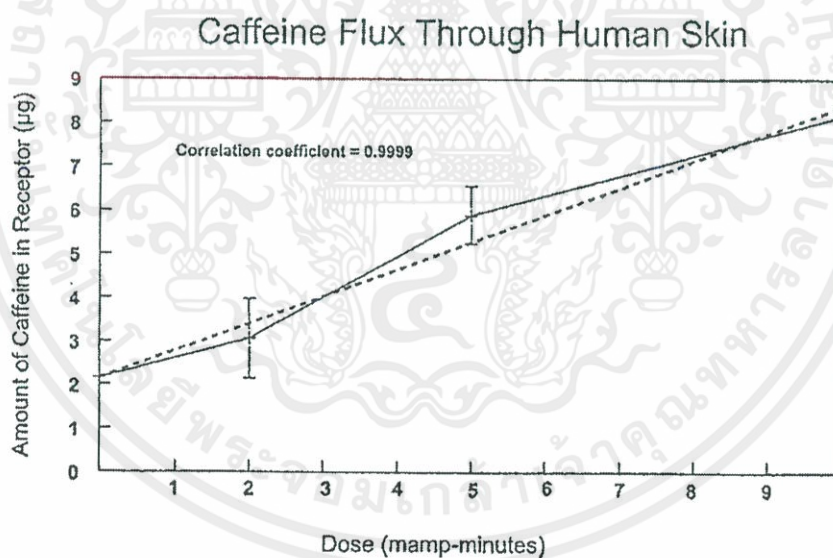
รูปที่ 2.10 กราฟแท่งแสดงจำนวนการดูดซึมผิวหนังของมนุษย์ หลังการใช้กระแสไฟฟ้า 24 ชั่วโมง

ที่มา <https://www.google.co.th/patents/US20070185431>



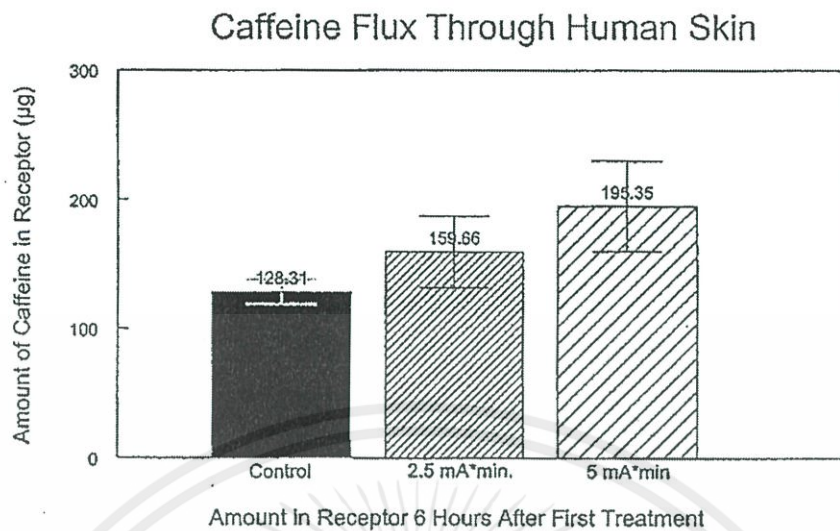
รูปที่ 2.11 กราฟแท่งแสดงการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังเมื่อใช้กระแสไฟฟ้าที่ต่างกัน

ที่มา <https://www.google.co.th/patents/US20070185431>

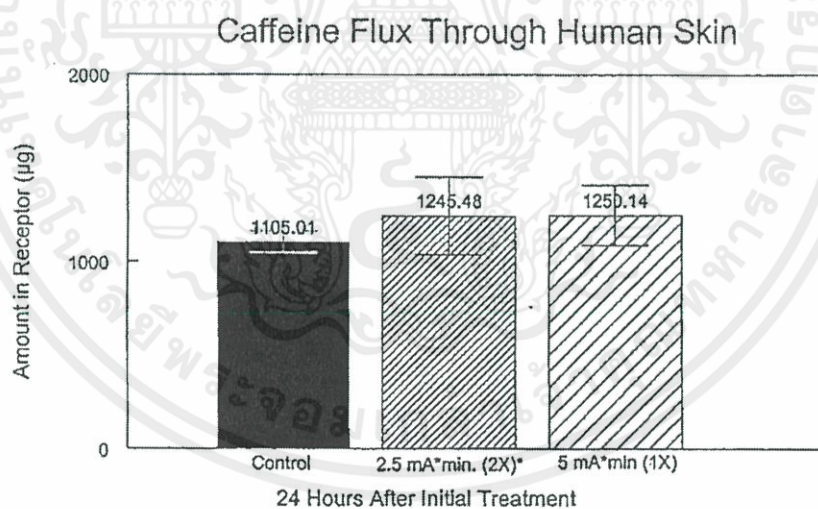


รูปที่ 2.12 กราฟเส้นแสดงการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังเมื่อใช้กระแสไฟฟ้าที่ต่างกัน

ที่มา <https://www.google.co.th/patents/US20070185431>

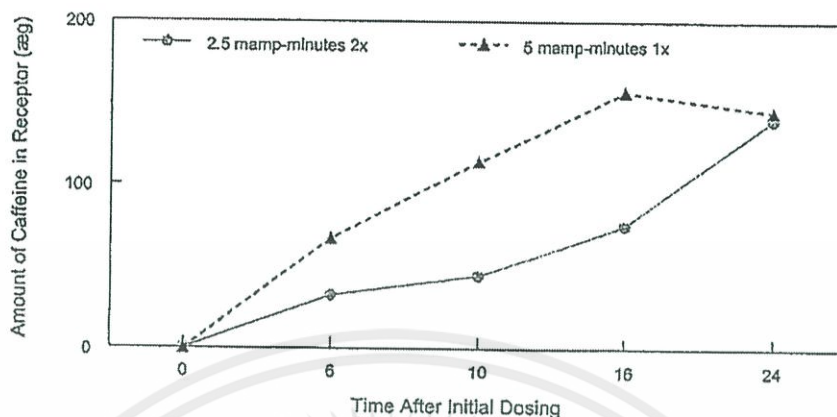


รูปที่ 2.13 กราฟแท่งแสดงการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังของมนุษย์เมื่อใช้กระแสไฟฟ้าที่ต่างกัน  
ที่มา <https://www.google.co.th/patents/US20070185431>



รูปที่ 2.14 กราฟแท่งแสดงการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังของมนุษย์เมื่อใช้กระแสไฟฟ้าที่ต่างกัน  
ที่มา <https://www.google.co.th/patents/US20070185431>

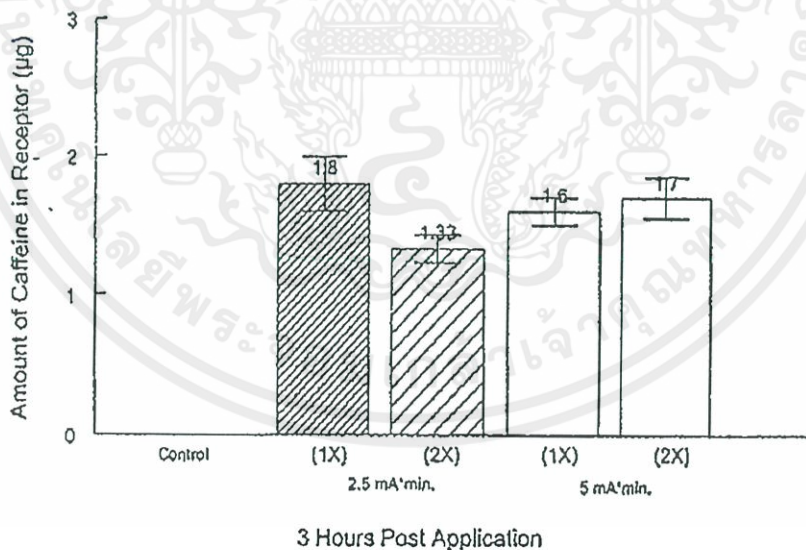
Effect of Single or Double Dosing on Penetration of Caffeine



รูป 2.15 กราฟเส้นแสดงการเปรียบเทียบการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังของมนุษย์เมื่อใช้กระแสไฟฟ้าที่ต่างกัน คือ 2.5 มิลลิแอมป์ และ 5 มิลลิแอมป์ ในระยะเวลาต่างๆหลังการสิ้นสุดจ่ายกระแสไฟฟ้า

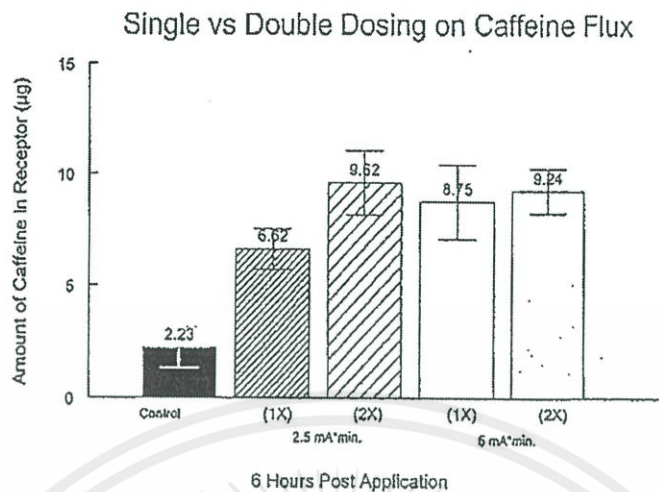
ที่มา <https://www.google.co.th/patents/US20070185431>

Single vs Double Dosing on Caffeine Flux

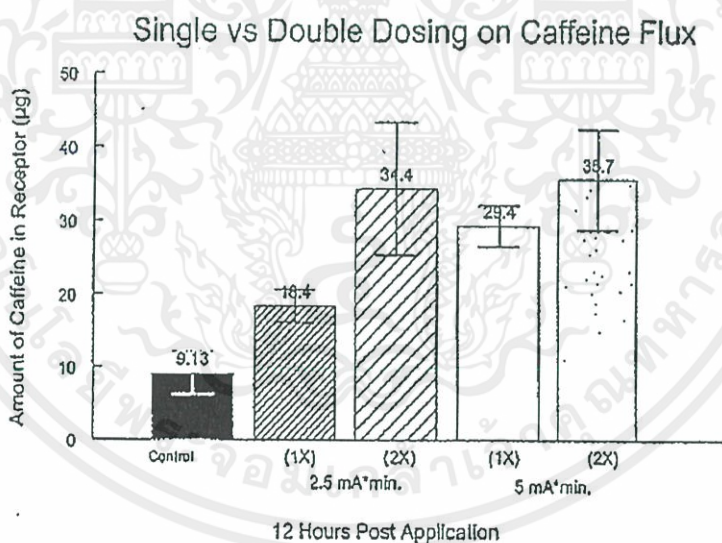


รูปที่ 2.16 กราฟแท่งแสดงผลการเปรียบเทียบการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังระหว่าง การใช้ครั้งเดียว กับการใช้สองครั้ง หลังจากการใช้กระแสไฟฟ้า 3 ชั่วโมง

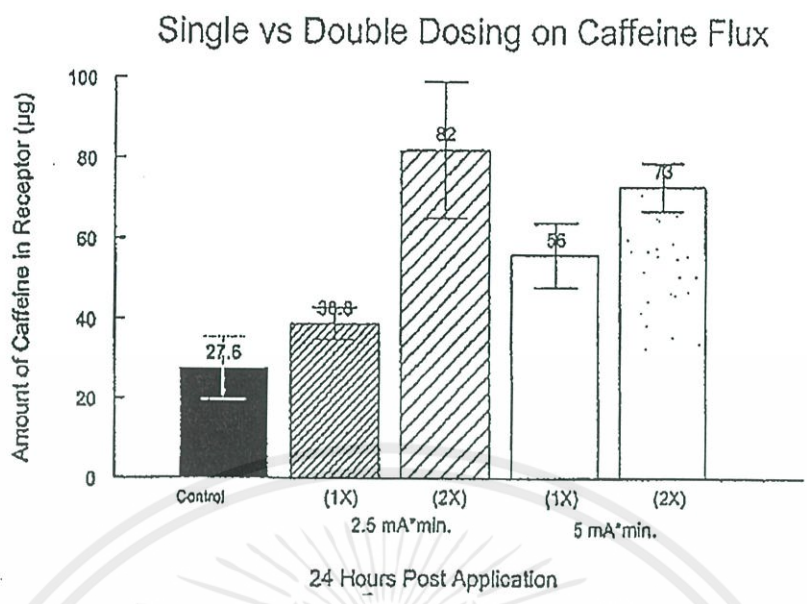
ที่มา <https://www.google.co.th/patents/US20070185431>



รูปที่ 2.17 กราฟแท่งแสดงผลการเปรียบเทียบการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังระหว่าง การใช้ครั้งเดียว กับการใช้สองครั้ง หลังจากการใช้กระแสไฟฟ้า 6 ชั่วโมง  
ที่มา <https://www.google.co.th/patents/US20070185431>

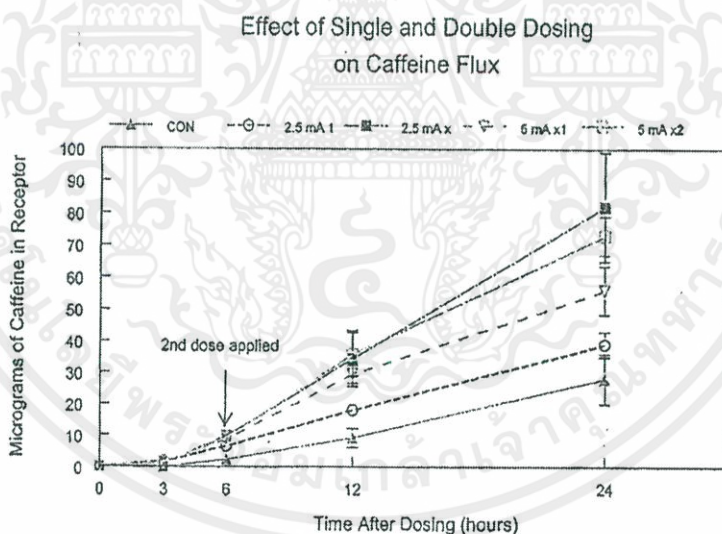


รูปที่ 2.18 กราฟแท่งแสดงผลการเปรียบเทียบการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังระหว่าง การใช้ครั้งเดียว กับการใช้สองครั้ง หลังจากการใช้ไฟฟ้า 12 ชั่วโมง  
ที่มา <https://www.google.co.th/patents/US20070185431>



รูปที่ 2.19 กราฟแท่งแสดงผลการเปรียบเทียบการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังระหว่าง การใช้ครั้งเดียวกับการใช้สองครั้ง หลังจากการใช้ 24 ชั่วโมง

ที่มา <https://www.google.co.th/patents/US20070185431>



รูปที่ 2.20 กราฟแท่งแสดงผลการเปรียบเทียบการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ผิวหนังระหว่าง การใช้ครั้งเดียวกับการใช้สองครั้ง ณ หลังจากใช้กระแสไฟฟ้าที่เวลาต่างๆ

ที่มา <https://www.google.co.th/patents/US20070185431>

เมื่อนำไปทดสอบกับสารอื่นๆเช่น Aminophylline , Theobromine , Ethyl nicotinate , Thiotaine ลักษณะกราฟหรือผลของการดูดซึมไปในลักษณะเดียวกันกับ คาเฟอีน (Caffeine)

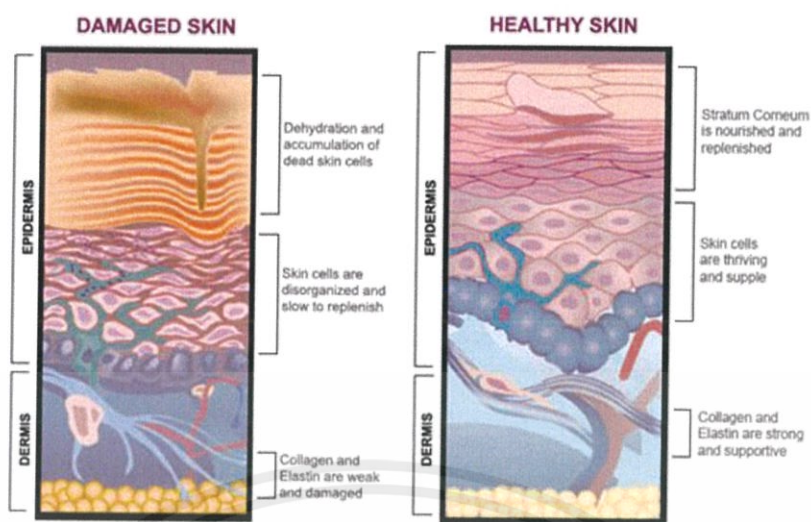
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ทฤษฎีของผิวหนัง (Skin)

ผิวหนังจัดว่าเป็นอวัยวะ ส่วนใหญ่ที่สุดของร่างกายชนิดหนึ่ง ในผู้ใหญ่ผิวหนังจะมีเนื้อที่ประมาณ 1.75 ตารางเมตร ( 2,750 ตารางนิ้ว ) รวมกันจะมีน้ำหนักเท่ากับ 7% ของน้ำหนักทั่วร่างกายและรับเลือดตีมาหล่อเลี้ยงจากหัวใจประมาณ 1 ใน 3 ผิวหนังนับว่ามีความแข็งแรงหลายอย่างที่เดี่ยวผิวหนัง ของร่างกายมีความหนาไม่เท่ากัน เช่นเปลือกตาเป็นส่วนที่บางที่สุดมีความหนาน้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร ส่วนบริเวณหลังจะมีความหนามากกว่าคือ 5 มิลลิเมตร โดยทั่วๆแล้วไปผิวหนังจะมีความหนาประมาณ 1-2 มิลลิเมตร

### 2.2.1. หน้าที่ของผิวหนัง

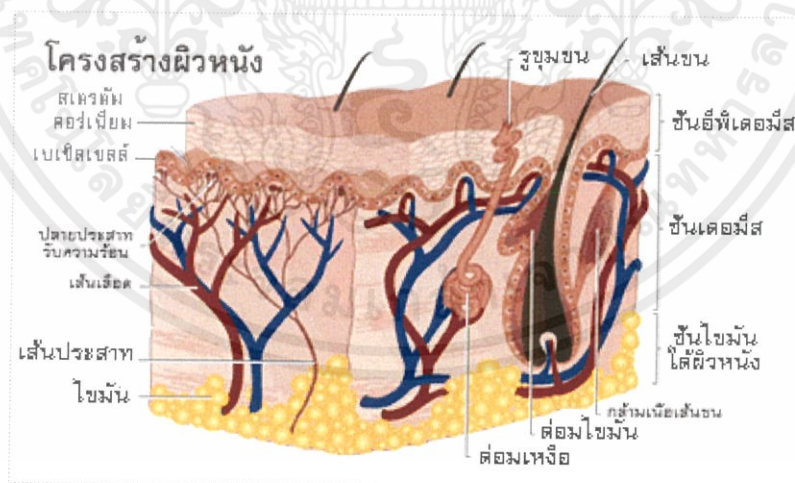
เป็นฉนวนกันน้ำ ไม่ให้น้ำระเหยออกจากร่างกาย คนที่ถูกไฟไหม้หรือน้ำร้อนลวกจนแทบไม่มีผิวหนังอยู่ จะตายได้เพราะร่างกายเสียน้ำที่ระเหยออกไปทางผิว ( ที่เป็นฉนวนกันน้ำ ) จนมีอาการช็อค เป็นเพราะการป้องกันมิให้เชื้อโรคเข้าสู่ร่างกาย มันช่วยรับความรู้สึกร้อนหนาว เจ็บปวด และการสัมผัส ปรับอุณหภูมิของร่างกาย ให้ร่างกายมีชีวิตอยู่ได้ เช่น ถ้าอยู่ในที่อากาศร้อนอบอ้าว หรือเป็นไข้ตัวร้อน ผิวหนังจะขับเหงื่อพาความร้อนระเหยออกไปให้มากกว่าปกติ แต่ถ้าอยู่อากาศเย็นจัด ผิวหนังก็จะซีด เนื่องจากหลอดเลือดในบริเวณนี้หดตัวช่วยให้ความร้อนระเหยออกไปได้น้อยลง เป็นต้น ทำหน้าที่สร้างสารประเทืองผิว และขับของเสียออกจากร่างกาย โดยปกติผิวหนังของเรามีการสร้างเซลล์ขึ้นใหม่เพื่อทดแทนของเก่าอยู่ตลอดเวลาและเซลล์ผิวที่ตายแล้วก็จะหลุดลอกออกไปเป็นขี้ไคล เรียกว่า skin turnover หรือการผลัดผิว ซึ่งวงจรนี้จะเกิดขึ้นประมาณทุก 21-28 วัน แต่เมื่อเจอกับแสงแดด มลภาวะ หรือสารเคมีต่างๆ และเมื่ออายุมากขึ้น เซลล์ผิวก็จะทำงานผิดปกติวงจรการผลัดเซลล์ผิวก็จะช้าลง เมื่ออายุของคนเรามากขึ้นความสามารถและประสิทธิภาพการแบ่งตัวของเซลล์จะไม่ค่อยดีและลดน้อยลง เซลล์เก่าที่ตายแล้วมักจะไม่นิยมหลุดลอกออกไปง่ายๆ และจะเกาะรวมกันไม่ยอมให้เซลล์ใหม่ขึ้นมาทดแทนเพื่อทำหน้าที่ที่หมุนเวียน ทำให้ใบหน้าที่หมองคล้ำด้วยแสงแดดและมลภาวะ เซลล์ผิวที่ตายแล้วหรือขี้ไคลก็จะสะสมหนาผิดปกติ ทำให้ผิวหมองคล้ำ และชั้นขี้ไคลที่สะสมอาจจะอุดตันรูขุมขนไม่ให้ไขมันที่ผลิตออกมาไหลออกมาได้จึงเกิดเป็นสิวอุดตันได้



รูปที่ 2.21 เปรียบเทียบผิวที่มีความเสียหาย กับ ผิวสุขภาพดี  
ที่มา <http://www.eucerin.co.th/about-skin/basic-skin-knowledg>

### 2.2.2. โครงสร้างผิวหนัง

ผิวหนังประกอบด้วย 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นหนังกำพร้า (Epidermis), ชั้นหนังแท้ (Dermis) และชั้นไขมัน (Subcutis) ในแต่ละชั้นจะแบ่งเป็นชั้นย่อยๆอีกหลายชั้น และมีต่อมต่างๆอีกมากมายเช่น ต่อมเหงื่อ ต่อมไขมัน เป็นต้น ซึ่งจะมีหน้าที่แตกต่างกันออกไป



รูปที่ 2.22 โครงสร้างของผิวหนัง

ที่มา <http://www.goface.in.th/article-47/สุขภาพ-ความงาม/ผิวหนังและหน้าที่ของผิวหนัง.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของชั้นผิวหนังนั้นประกอบไปด้วย

1. ชั้นหนังกำพร้าเป็นผิวชั้นนอก (Epidermis)

เป็นชั้นที่ประกอบด้วย cell เรียงตัวกัน โดยทั่วไป แบ่งเป็นชั้นย่อยได้ทั้งหมด 4 ชั้น ยกเว้นฝ่ามือ ฝ่าเท้าจะมีชั้นเพิ่มขึ้นไปอีก 1 ชั้น เป็น 5 ชั้น ไม่มีระบบเส้นเลือดและระบบประสาทหน้าที่หลักคือกักเก็บความชื้นและเป็นกำแพงปกป้องอันตรายต่างๆจากเชื้อโรค รังสี ความร้อน เป็นต้น

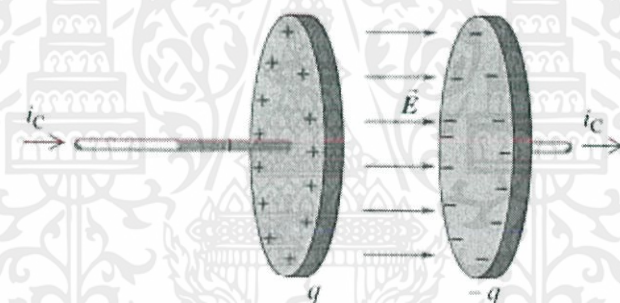
2. ชั้นหนังแท้เป็นผิวหนังชั้นใน (Dermis)

ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ระบบประสาทเส้นเลือดต่อมเหงื่อต่อมไขมัน จึงมีหน้าที่หลักในการรับความรู้สึก ควบคุมอุณหภูมิของร่างกายยืดหยุ่น สร้างเหงื่อและไขมัน

3. ชั้นในสุดคือ ชั้นไขมัน (Subcutaneous Tissue)

### 2.3. หลักการพื้นฐานของเครื่อง Galvanic Current Skin Treatment

เครื่อง Galvanic Current Skin Treatment ใช้หลักการ displacement current เป็นหัวใจสำคัญ



รูปที่ 2.23 รูปแสดงหลักการ displacement current

ที่มา [www.miniphysics.com](http://www.miniphysics.com)

สนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาจะทำให้เกิดกระแสขจัด (displacement current :  $i_D$ ) ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กในลักษณะเดียวกันกับกระแสในตัวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก และแหล่งกำเนิด สามารถเขียนได้เป็นสมการซึ่งเรียกว่าสมการของแมกซ์เวลล์โดยสมการทั้งหมดจะก่อกำเนิดความสัมพันธ์ขั้นพื้นฐานของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก กับแหล่งกำเนิด

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{encl}}}{\epsilon_0} \quad (2.1)$$

(กฎของเกาส์สำหรับสนามไฟฟ้า)

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (2.2)$$

(กฎของเกาส์สำหรับสนามแม่เหล็ก)

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left( i_c + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right)_{\text{encl}} \quad (2.3)$$

(กฎของแอมแปร์ที่พิจารณากระแสจัดด้วย)

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (2.4)$$

(กฎของฟาราเดย์)

$$i_D = \epsilon \frac{d\Phi_E}{dt} \quad (2.5)$$

(กระแสจัด)

### 2.3.1 DC to AC Converter

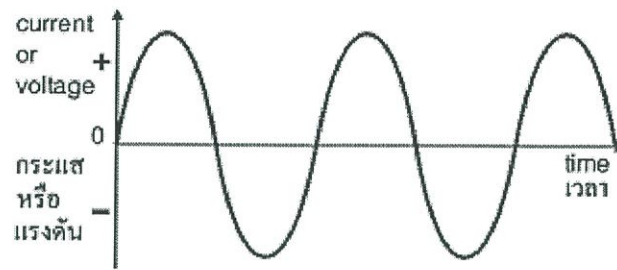
คือการแปลงไฟฟ้ากระแสตรง(DC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ(AC)



รูปที่ 2.24 ไฟฟ้ากระแสตรง

ที่มา [www.neutron.rmutphysics](http://www.neutron.rmutphysics)

ส่วนไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ไหลทางเดียวแต่สลับทิศทางอย่างต่อเนื่อง แรงดันกระแสสลับเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องระหว่างบวก (+) และลบ (-) อัตราการเปลี่ยนทิศทางเรียกว่าความถี่ของไฟกระแสสลับ มีหน่วยวัดเป็นเฮิรตซ์ (Hz) ซึ่งก็คือจำนวนรอบคลื่นต่อ หนึ่งวินาที ไฟฟ้าหลักในประเทศไทยใช้ความถี่ 50 Hz.

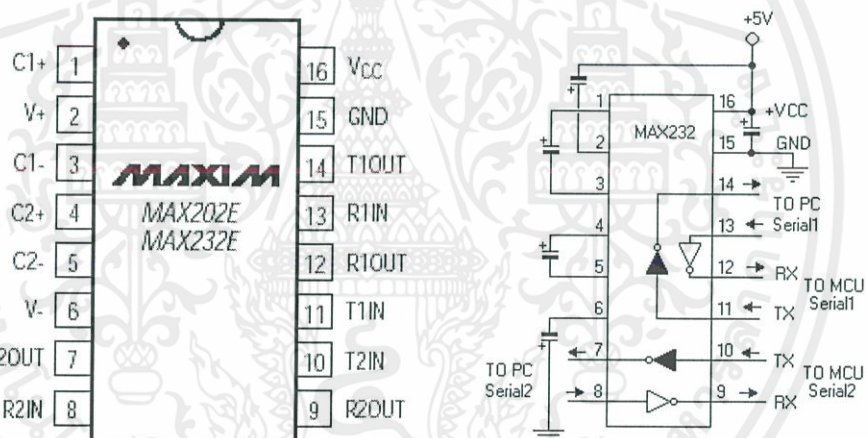


รูปที่ 2.25 ไฟฟ้ากระแสสลับ  
ที่มา [www.neotron.rmutphysics](http://www.neotron.rmutphysics)

## 2.4 วงจรรวมที่ใช้

### 2.4.1 MAX 232

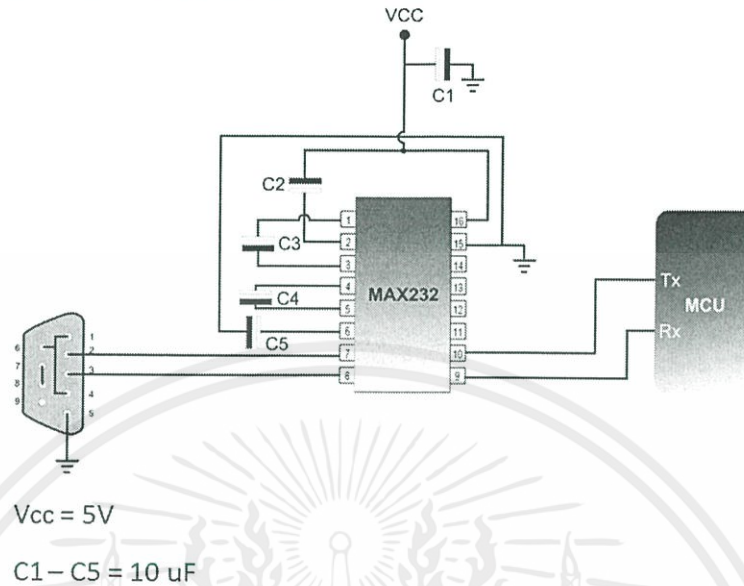
MAX232 เป็นไอซีที่แปลงระดับสัญญาณของ RS-232 มาเป็นระดับ TTL และในทำนองเดียวกันก็แปลงระดับสัญญาณ TTL ไปเป็นระดับสัญญาณ RS-232



รูปที่ 2.26 (ก.) แสดงตำแหน่งขาของไอซี MAX232 และ (ข.) รูปวงจรรภายใน  
ที่มา <http://www.thaimicrotron.com/CCS-628/Reference/MAX232.htm>

### 2.4.1.1 วิธีต่อใช้งาน MAX232

วงจรนี้ใช้กับ TTL 0-5V เป็น RS 232

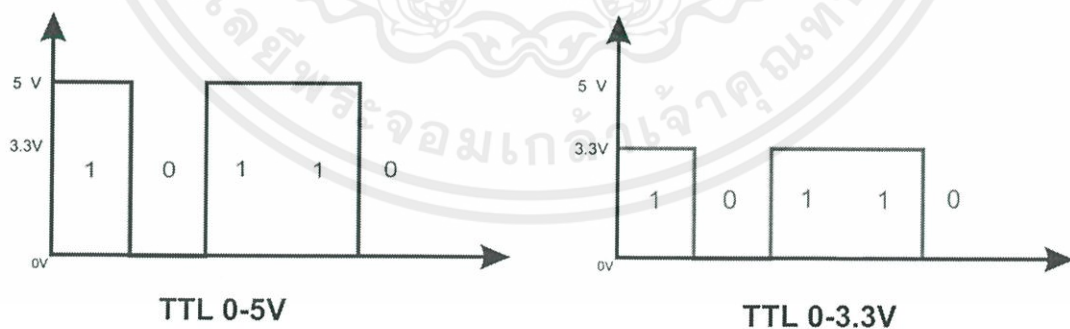


รูปที่ 2.27 แสดงการต่อการใช้งาน MAX 232

ที่มา <http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/uart-ttl-rs232-max232-max3232.html>

### 2.4.2 TTL (Transistor-Transistor Logic)

TTL เป็นระดับแรงดันที่ถูกกำหนดขึ้นในยุคแรกๆเพื่อใช้ระหว่าง Transistor กับ Transistor ภายในวงจรรวม (IC) ดังนั้น TTL จะใช้ระดับแรงดัน อยู่ที่ 0 – 5 V แต่ในปัจจุบันมีอุปกรณ์หลายเบอร์ที่ทำงานในช่วง 0 – 3.3 V (เรียกแรงดันระดับนี้ว่า LVTTTL) ซึ่งผู้ใช้ควรตรวจสอบจาก Datasheet ของอุปกรณ์ที่ใช้เสียก่อนว่าเป็นระดับแรงดันแบบใด เพราะหากใช้ผิดประเภทจะทำให้อุปกรณ์เสียหาย



รูปที่ 2.28 ภาพแสดงการใช้แรงดันของ TTL และ LVTTTL

ที่มา <http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/uart-ttl-rs232-max232-max3232.html>

### 2.4.3 UART

ย่อมาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter หมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการสื่อสารอนุกรมแบบ Asynchronous แท้จริงแล้วการสื่อสารแบบอนุกรมจะแบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1.) การสื่อสารอนุกรมแบบ Synchronous เป็นรูปแบบที่ใช้วิธีส่งข้อมูล โดยใช้สัญญาณ Clock มาเป็นตัวกำหนดจังหวะ การรับส่งข้อมูล การส่งข้อมูลแบบนี้ เป็นการรับส่งที่ค่อนข้างมีคุณภาพ และส่งได้ที่ความเร็วสูง มีโอกาสที่ข้อมูลจะสูญหายระหว่างการส่งน้อย ตัวอย่างการส่งข้อมูลลักษณะนี้เช่น I2C, I2S, SPI ข้อเสียของการส่งข้อมูลแบบนี้คือ ต้องใช้สายสัญญาณมาก เพราะจะต้องส่ง Clock ไปด้วย



รูปที่ 2.29 ภาพแสดงการสื่อสารอนุกรมแบบ Synchronous

ที่มา <http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/uart-ttl-rs232-max232-max3232.html>

2.) การสื่อสารอนุกรมแบบ Asynchronous เป็นการส่งข้อมูลที่ไม่ต้องใช้สัญญาณ Clock มาเป็นตัวกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูลแต่ ใช้วิธีกำหนด รูปแบบ Format การรับส่งข้อมูลขึ้นมาแทน และ อาศัยการกำหนด ความเร็วของการรับ และ ส่ง ที่เท่ากันทั้งฝั่งรับและฝั่งส่ง ข้อดีของการใช้ Asynchronous คือสามารถสื่อสารแบบ Full Duplex รับ และ ส่งได้ในเวลาเดียวกัน แต่ Asynchronous มีโอกาสที่ข้อมูลจะสูญหายขณะรับส่งข้อมูล หรือ รับส่งข้อมูลผิดพลาดได้มากกว่าแบบ Synchronous

สรุปกล่าวคือ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) หมายถึง รูปแบบการส่งข้อมูล ที่ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้รับส่งข้อมูลแบบ Asynchronous โดยมีรูปแบบดังรูป



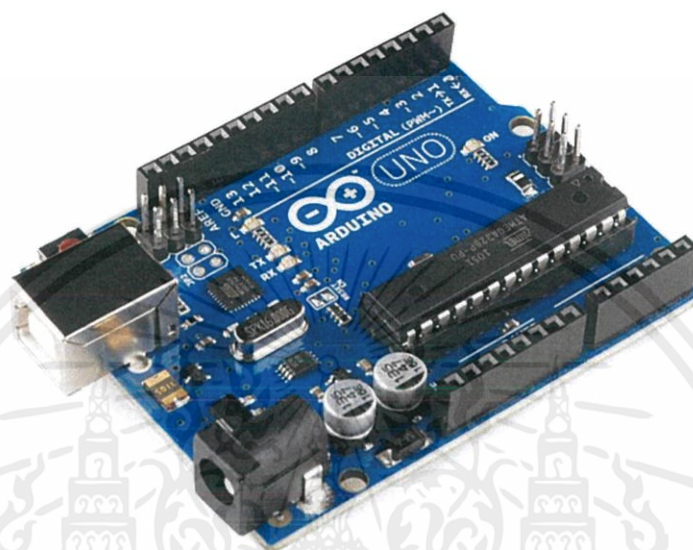
รูปที่ 2.30 ภาพแสดงการสื่อสารอนุกรมแบบ Asynchronous

ที่มา <http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/uart-ttl-rs232-max232-max3232.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มต้นจาก Start Bit เป็น Logic 0 จากนั้นจะตามด้วย Data ที่เราส่ง แล้วจะถูกปิดด้วย STOP Bit เป็น Logic 1

## 2.5 Arduino



รูปที่ 2.31 ลักษณะของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

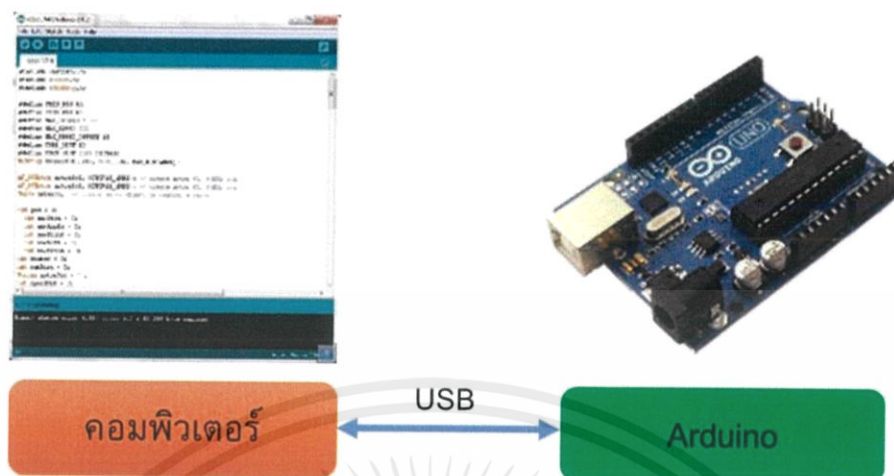
ที่มา <http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics>

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอด ทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ (ดูตัวอย่างรูปที่ 2) เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเปรียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5.1 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino



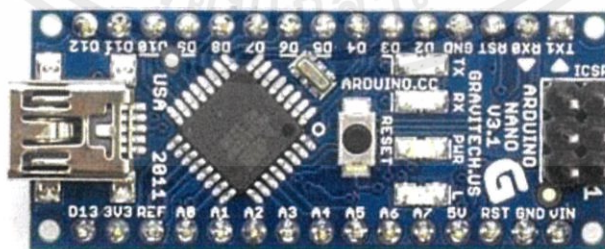
รูปที่ 2.32 แสดงรูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino

ที่มา <http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics>

เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ผ่านทางโปรแกรม ArduinoIDE หลังจากที่เราเขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว สามารถ Upload โค้ด โปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัปโหลดเรียบร้อยแล้ว และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที

สามารถเลือกใช้บอร์ด Arduino ตามความเหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่ง Arduino Board มีรุ่นต่างๆมากมาย ซึ่งเราเลือกใช้ Arduino Nano

## 2.5.2 Arduino Nano



รูปที่ 2.33 บอร์ด Arduino Nano

ที่มา <http://www.ioxhop.com/article/2/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานาน นี มีอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอร์ด Arduino Nano ออกแบบมาให้มีขนาดเล็ก และใช้กับงานทั่วไป ใช้ชิปไอซี ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATmega168 หรือเบอร์ ATmega328 (มีรุ่น 2.3 กับ 3) โปรแกรมผ่านโปรโตคอล UART มีชิป USB to UART มาให้ ใช้ Mini USB เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ มีพอร์ตดิจิทัล อินพุตเอาต์พุต 14 พอร์ต มีพอร์ตอนาล็อกอินพุต 8 พอร์ต บนบอร์ดยังมีเรกูเลเตอร์ สามารถจ่ายไฟได้ตั้งแต่ 7 – 12V เพื่อให้บอร์ดทำงานได้ (จ่ายไฟที่ขา VIN)กรณีมีแหล่งจ่ายไฟ 5V อยู่แล้วก็จ่ายเข้าได้เลยที่ขา 5V

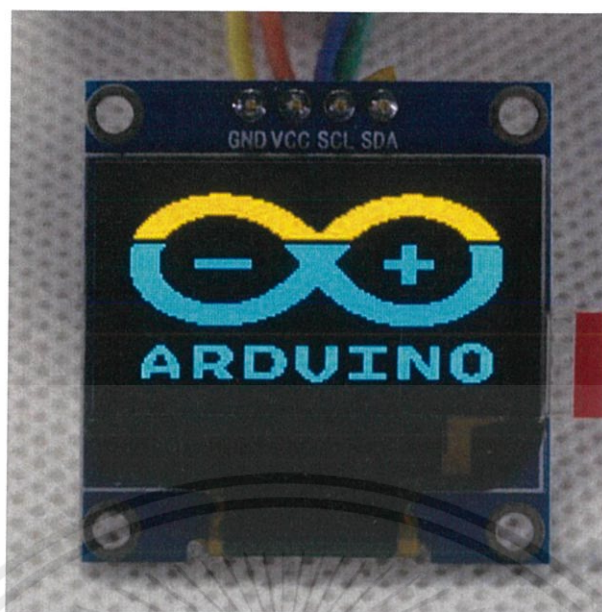
#### ข้อมูลจำเพาะ

- ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ ATmega168 หรือ ATmega328
- ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์
- รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่แนะนำ 7-12 โวลต์
- รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่จำกัด 6-20 โวลต์
- พอร์ต Digital I/O 14 พอร์ต (มี 6 พอร์ต PWM output)
- พอร์ต Analog Input 6 พอร์ต
- กระแสไฟที่จ่ายได้ในแต่ละพอร์ต 40 มิลลิแอมแปร์
- กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3 โวลต์ 50 มิลลิแอมแปร์
- พื้นที่โปรแกรมภายใน 16 กิโลไบต์ หรือ 32 กิโลไบต์ พื้นที่โปรแกรม 500 ไบต์ ใช้โดย Bootloader
- พื้นที่แรม 1 หรือ 2 กิโลไบต์
- พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM) 512 ไบต์ หรือ 1 กิโลไบต์
- ความถี่คริสตัล 16 เมกกะเฮิร์ตซ์
- ขนาด 45x18 มิลลิเมตร
- น้ำหนัก 5 กรัม

## 2.6 จอแสดงผลแบบ OLED

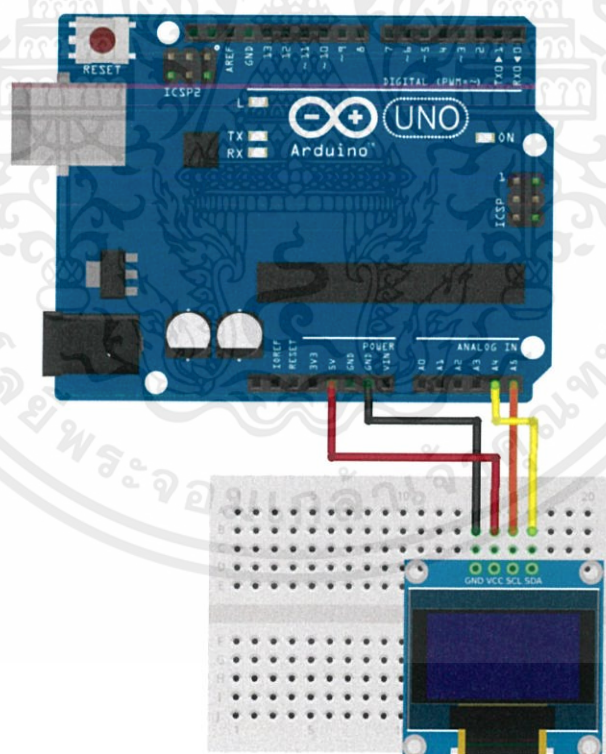
จอแสดงผลแบบ OLED LCD LED Display สีเหลืองและน้ำเงิน หน้าจอ 128x64 ขนาด 0.96" เชื่อมต่ออินเตอร์เฟสแบบ I2C ให้จอแสดงผลสว่างชัดเจน และประหยัดพลังงาน ใช้ไฟได้ทั้ง 3.3V หรือ 5V ให้จอสว่างแสดงผลมองเห็นได้อย่างชัดเจน และประหยัดไฟ สามารถวาดภาพกราฟฟิกส์เป็นรูปต่าง ๆ หรือทำเป็นเมนูตามแบบที่ต้องการได้

OLED (Organic Light Emitting Diodes) คือจอภาพที่มีลักษณะคล้ายแผ่นฟิล์ม ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ที่สามารถเปล่งแสงเองได้เมื่อได้รับพลังงาน ไฟฟ้า เรียกว่ากระบวนการอิเล็กโทรลูมิเนสเซนส์ (Electroluminescence) โดยที่ไม่ต้องพึ่งพาแสง Backlight และจะไม่มีการเปล่งแสงในบริเวณที่เป็นภาพสีดำ ส่งผลให้สีดำนั้นดำสนิท อีกทั้งยังช่วยพลังงานอีกด้วย



รูปที่ 2.34 โมดูลจอแสดงผล OLED

ที่มา <https://www.arduinohouse.org/product/18/0-96quot-oled-i2c-yellow-blue-128x64>



รูปที่ 2.35 ลักษณะการต่อระหว่างจอOLED และ Arduino Broad

ที่มา <http://arduino-er.blogspot.com/2015/04/hello-world-096-inch-128x64-i2c-oled-on.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รายละเอียด จอ OLED 0.96" I2C IIC Serial 128X64 OLED LCD LED Display Module For Arduino 51 Series

### ข้อมูลจำเพาะ

- ไม่ต้องการแบตเตอรี่ จอแสดงผลสามารถเรืองแสงได้ด้วยตัวเอง
- ความละเอียดเป็น 128 \* 64
- มุมมองมากกว่า 160 องศา
- รองรับการควบคุมจากหลายชิพ เหมาะกับอาduino
- ใช้พลังงานน้อยมาก ใช้งานแบบเต็มจอใช้พลังงานเพียง 0.08วัตต์
- ต้องการไฟกระแสตรงเลี้ยง 3 โวลต์ - 5 โวลต์
- อุณหภูมิในการใช้งาน 30 - 70 องศาเซลเซียส

## 2.7 กระแสกัลป์วานิก

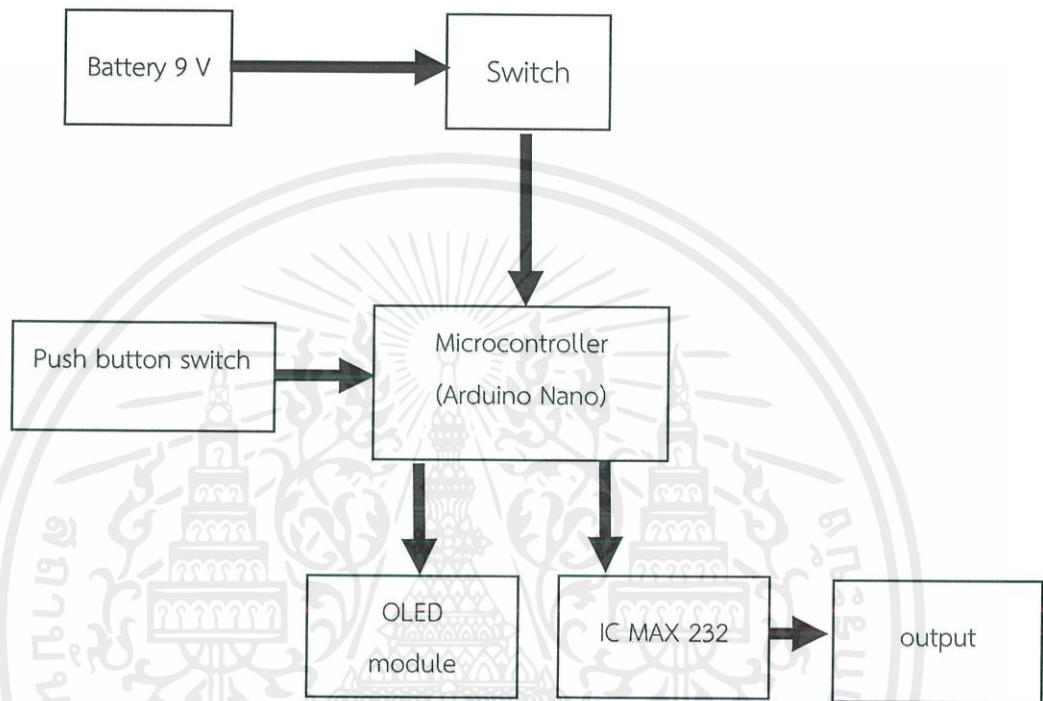
กัลป์วานิกเป็นชื่อของ ลิวกี กัลวานี (Luigi Galvani) นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลี ที่ค้นพบกระแสไฟฟ้ากัลวานิก ในปีค.ศ. 1791 และเป็นคนแรกที่น่ากระแสไอเล็กทรอนิกส์มาใช้เพื่อเป็นประโยชน์แก่สุขภาพ และด้วยคุณสมบัติของกระแสไฟฟ้ากัลวานิกนี้เอง ที่ทำให้มีการพัฒนาเครื่องกัลวานิกเพื่อใช้สำหรับการดูแลทำความสะอาดและบำรุงผิวพรรณจนกลายเป็นที่นิยมใช้ในธุรกิจ สปาและธุรกิจเสริมความงามสำหรับลูกค้าที่ต้องการทำทรีตเมนต์เพื่อผิวที่กระจ่างสดใส และเสริมพลังงานให้กับผิว

ลักษณะเฉพาะของกระแสไฟตรงหรือกัลป์วานิกนั้น มีช่วงกระตุ้นที่ยาวไม่มีช่วงพัก มีกระแสเฉลี่ยค่อนข้างสูง สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนไฟฟ้า-เคมี,กรด-ด่าง และไฟฟ้า-ความร้อนซึ่งผู้ที่ถูกกระตุ้นหรือสิ่งที่ถูกกระตุ้นจะเห็นคืออาการคัน ชา แสบ ร้อน,การไม่มีหรือไม่เห็นการหดตัวของกล้ามเนื้อ และเกิดผื่นแดงใต้ขั้วที่ถูกกระตุ้นถ้าหากใช้กระแสที่มากเกินไป การประยุกต์ใช้เช่น อาการชา ใช้ระงับการปวด, ดึงน้ำออกจากเซลล์ ใช้เพื่อลดบวม,ผลัดกันด้วยยาผ่านผิวหนัง โดยใช้ผ่านผลของขั้วตัวนำไฟฟ้า,ลดศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์,เสริมกระบวนการซ่อมแซมโดยใช้ผ่านผลของขั้วตัวนำไฟฟ้า (ลักษณะเฉพาะของกระแสไฟตรงหรือกัลป์วานิก อ้างอิงจากบทความ ชนิตกระแส, เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อเส้นประสาท โดย รศ.ดร. สมชาย รัตนทองคำ สายวิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

## บทที่ 3

### การออกแบบและการคำนวณ

#### 3.1 แผนภาพการทำงานของอุปกรณ์



รูปที่ 3.1 แผนภาพการทำงานของอุปกรณ์

เครื่อง Skin Treatment Device ถูกควบคุมการปิดเปิดการทำงานของตัวเครื่องด้วยสวิตช์ เมื่อเปิดสวิตช์ทำให้มีแหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่ 9 โวลต์จ่ายมาที่ Microcontroller (Arduino Nano) ซึ่งเป็นศูนย์กลางในการควบคุมการทำงานทั้งหมดของอุปกรณ์ และถูกควบคุมการทำงานด้วย Push button switch เพื่อให้ Microcontroller (Arduino Nano) ทำงานตามโหมดที่กำหนด โดยแสดงผลการทำงานที่จอแสดงผล OLED module และแสดงผลออกมาที่หัวตัวนำ (Output)

#### 3.2 ลักษณะการทำงานของวงจร

เครื่อง Skin Treatment Device ถูกควบคุมด้วยสวิตช์ปิดเปิดการทำงานของตัวเครื่องด้วยสวิตช์ เมื่อเปิดสวิตช์ทำให้มีแหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่ 9 โวลต์จ่ายมาที่ Microcontroller (Arduino Nano) ซึ่งเป็นศูนย์กลางในการควบคุมการทำงานทั้งหมดของอุปกรณ์ แบ่งเป็น 3 ช่วงหลัก และ 2 โหมดการทำงาน

1. ไม่กดสวิตช์ ส่งผลให้ Microcontroller (Arduino Nano) ส่งผลให้จอ OLED แสดงผลเป็นตัวอักษร Skin Treatment Device

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.กดสวิทช์ครั้งที่ 1 ส่งผลให้อุปกรณ์ทำงานในโหมดที่ 1  
 3.กดสวิทช์ครั้งที่ 2 ส่งผลให้อุปกรณ์ทำงานในโหมดที่ 2  
 กดสวิทช์ครั้งที่ 3 ส่งผลให้วงจรทำงานในโหมดที่1 และกดสวิทช์ครั้งที่ 4 ส่งผลให้วงจรทำงาน  
 ในโหมดที่2 ทำงานวนไปเรื่อยๆจนกระทั่งปิดสวิทช์  
 การทำงานทั้งหมด 2 โหมด

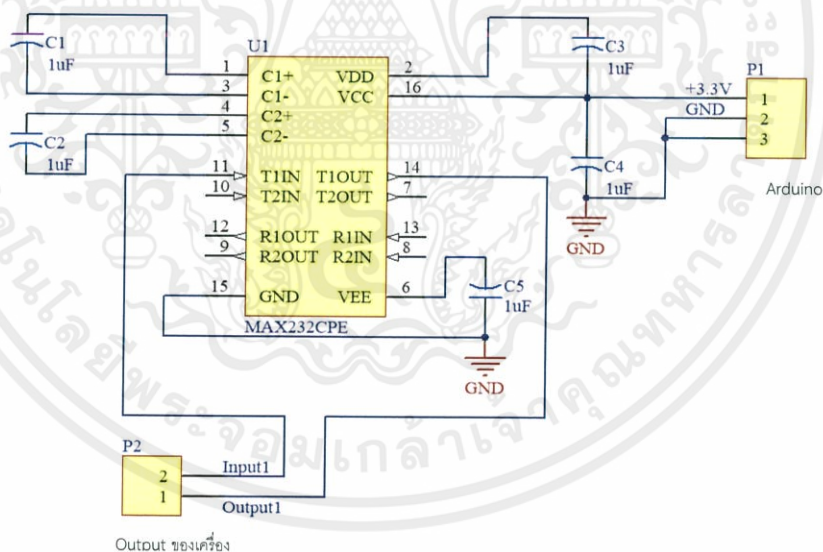
โหมดที่ 1 : Microcontroller (Arduino Nano) ส่งผลให้อจอ OLED แสดงผลเป็นเลข 1 และ  
 ผลิตคลื่นพัลส์ความถี่ 100 KHz ที่มีขนาด 0Vpp ถึง +12Vpp เข้าบอร์ด IC MAX232 ส่งผลให้มีพัลส์  
 ความถี่ 100 KHz ที่มีขนาด -12Vpp ถึง +12Vpp

โหมดที่ 2 : Microcontroller (Arduino Nano) ส่งผลให้อจอ OLED แสดงผลเป็นเลข 2 และ  
 ผลิตคลื่นพัลส์ความถี่ 250 kHz ที่มีขนาด 0Vpp ถึง +12Vpp เข้าบอร์ด IC MAX232 ส่งผลให้มีพัลส์  
 ความถี่ 250 KHz ที่มีขนาด -12Vpp ถึง +12Vpp

### 3.3 การออกแบบ

#### 3.3.1 การออกแบบในส่วน Hardware

##### 3.3.1.1 วงจรเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันโดยใช้วงจรรวม MAX 232



รูปที่ 3.2 Schematic ของวงจรรวม MAX 232

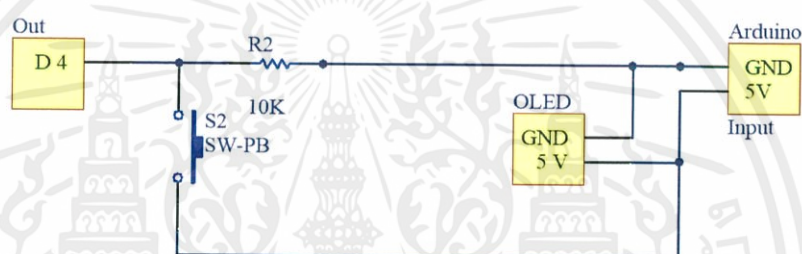
เป็นวงจรที่แปลงระดับสัญญาณจากระดับ TTL ไปเป็นระดับของ RS-232 โดยจากเอาต์พุตของอาร์  
 ดุโนซึ่งเป็นสัญญาณคลื่นพัลส์แบบ TTL ขนาด 3.3 โวลต์ มาเข้าเป็นอินพุตที่ขา 10 ของวงจรรวม จะ  
 ได้เอาต์พุตเป็นคลื่นพัลส์แบบ RS-232 ขนาด 12.0 โวลต์

### อุปกรณ์ภายในวงจร

1. แผ่นทองแดง 1 แผ่น
2. IC MAX 232 1 ตัว
3. ตัวเก็บประจุขนาด 1 uF 5 ตัว
4. Header 2 ตัว
5. Socket ขนาด 16 ขา 1ตัว

#### 3.3.1.2 วงจรสวิตช์สำหรับเลือกโหมดการทำงาน

เนื่องจากการทำงานของอุปกรณ์ชนิดนี้ มี 2 โหมดการทำงาน วิธีเปลี่ยนโหมดการทำงานจึงถูกควบคุมด้วยวงจรสวิตช์ ซึ่งออกแบบให้สวิตช์ต่อกันแบบ Pull-down Resistor จำนวน 1 สวิตช์ เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานอุปกรณ์



รูปที่ 3.3 Schematic ของวงจรสวิตช์สำหรับเลือกโหมดการทำงาน

### อุปกรณ์ภายในวงจร

1. แผ่นทองแดง 1 แผ่น
2. Push Button Switch 2 Pin 1 ตัว
3. ตัวต้านทานค่า 1000 โอห์ม 1 ตัว

#### 3.3.2 การออกแบบทางด้าน Software

การออกแบบทางด้าน Software ทำการเขียนคำสั่ง (code) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากภาษา C ในโปรแกรม Arduino IDE แล้วทำการ upload program ลงบอร์ด Arduino nano

```

SkinTreatmentDevice | Arduino 1.8.1
File Edit Sketch Tools Help
SkinTreatmentDevice
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <Adafruit_SH1106.h>
#define OLED_RESET 4
Adafruit_SSD1306 display(OLED_RESET);
const int buttonPin = 2;

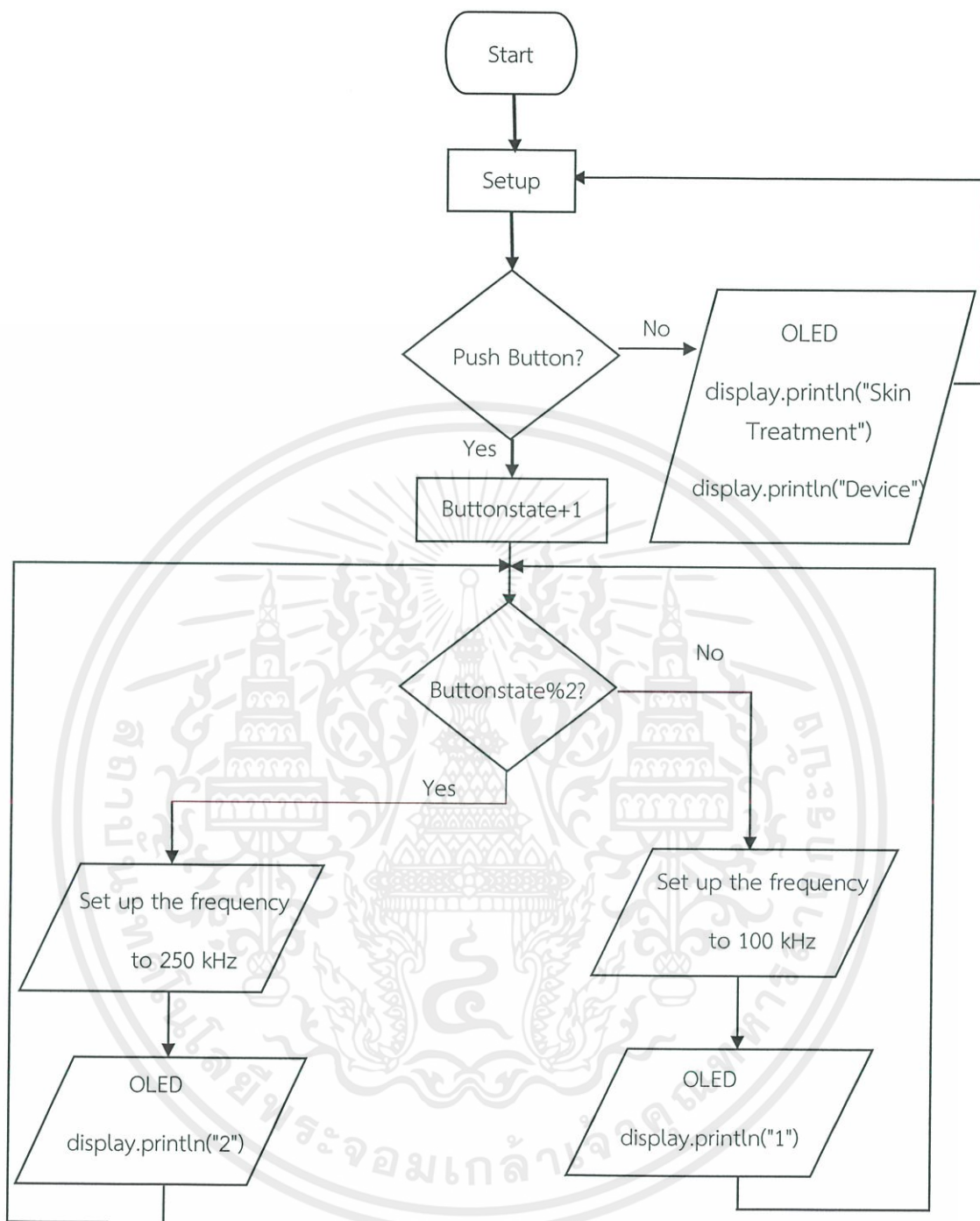
int buttonPushCounter = 0;
int buttonState = 0;
int lastButtonState = 0;
int hCenter = 64;
int vCenter = 16;
int Hstar, Vstar;
int Quantity = 50;
int StarProgress[50];
int StarAngle[50] = {};
int interval[75] = {};

void setup() {
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3c);
  display.begin(SH1106_SWITCHCAPVCC, 0x3c);

```

รูปที่ 3.4 รูปตัวอย่างโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 System Blockdiagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3 การออกแบบในส่วนตัวเครื่อง

โดยในส่วนของการออกแบบ ออกแบบโดยใช้โปรแกรม SolidWorks และนำมาปรี้น 3D โดย เครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer)



(ก.) รูปตัวอย่างการออกแบบ

(ข.) การออกแบบเครื่องภายนอก

รูปที่ 3.6 (ก.)รูปตัวอย่างการออกแบบ และ (ข.) การออกแบบเครื่องภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 รูปจริงของตัวเครื่อง



รูปที่ 3.8 รูปขณะทำการปรี้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3.1 การออกแบบหัวตัวนำ



รูปที่ 3.9 รูปการออกแบบหัวตัวนำ

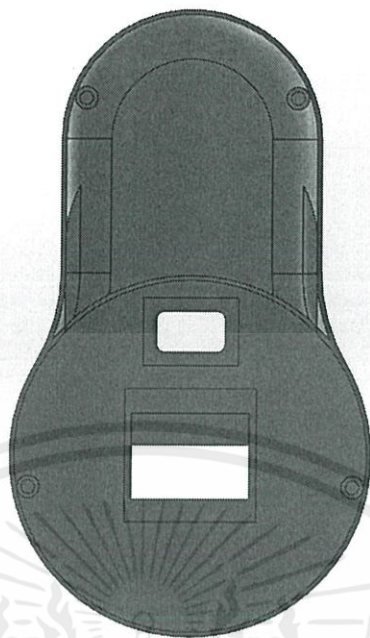
### 3.3.3.2 การออกแบบตัวเครื่อง

เป็นการออกแบบให้ตัวเครื่องเล็กกะทัดรัด สะดวกในการใช้งาน และสวยงาม

#### 3.3.3.2.1 การออกแบบตัวเครื่องด้านหน้า



รูปที่ 3.10 ตัวเครื่องด้านหน้าของฝาหน้า



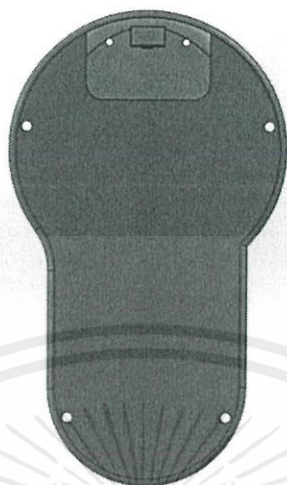
รูปที่ 3.11 ตัวเครื่องด้านหลังของฝาน้ำ



รูปที่ 3.12 ตัวเครื่องฝาน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

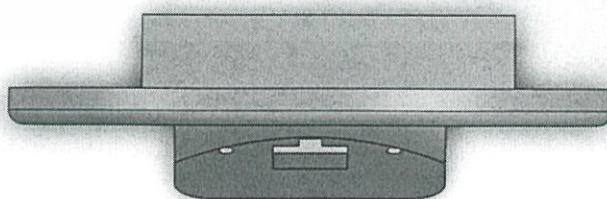
## 3.1.3.2.2 การออกแบบตัวเครื่องด้านหลัง



รูปที่ 3.13 รูปฝาหลังของเครื่อง

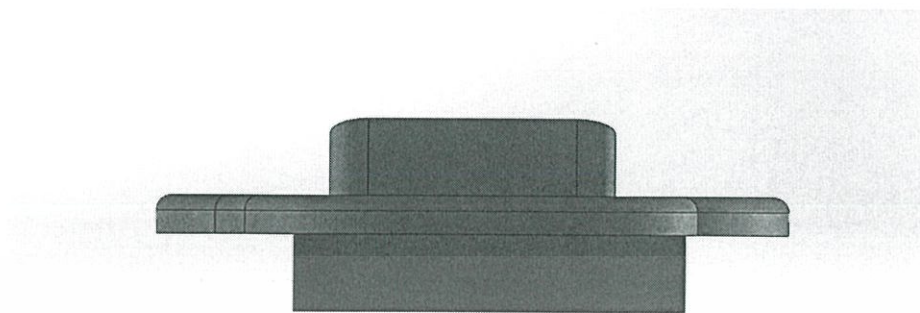


รูปที่ 3.14 รูปด้านข้างของฝาหลังของเครื่อง



รูปที่ 3.15 รูปด้านบนของฝาหลังของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 รูปด้านล่างของฝาหลังของเครื่อง

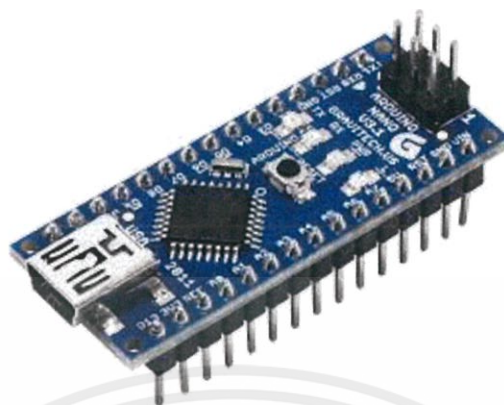


รูปที่ 3.17 รูปด้านในของฝาหลังของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.4 อุปกรณ์อื่นๆที่ใช้ในระบบ

#### 3.3.4.1 Arduino nano



รูปที่ 3.18 Arduino nano

ที่มา <http://www.ioxhop.com/article/2/>

1. ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์	ATmega328
2. แหล่งจ่ายไฟ	5V
3. ไฟเข้า(แนะนำ)	7-12V
4. ไฟเข้า (จำกัดไว้ที่)	6-20V
5. ขาดิจิตอล I/O	14 ขา (6 รองรับเอาต์พุตแบบ PWM)
6. ขาอะนาล็อกอินพุต	8 ขา
7. กระแสไฟฟ้า DC ต่อขา I/O	40 mA
8. กระแสไฟฟ้าออก DC สำหรับขา 3.3V เป็น	50 mA
9. Flash Memory	32 KB (ATmega328)
10. SRAM	2 KB (ATmega328)
11. EEPROM	1 KB (ATmega328)
12. Clock Speed	16 MHz

### 3.3.4.2 OLED Module



รูปที่ 3.19 OLED LCD LED Display Module Yellow/Blue 0.96" 128X64 for Arduino

ที่มา <https://www.arduinoall.com/product/611/>

จอแสดงผลแบบ OLED LCD LED Display สีเหลืองและน้ำเงิน หน้าจอ 128x64 ขนาด 0.96" เชื่อมต่ออินเตอร์เฟสแบบ I2C ให้จอแสดงผลสว่างชัดเจน และประหยัดพลังงาน

## บทที่ 4

### วิธีการทดสอบ และผลการทดสอบ

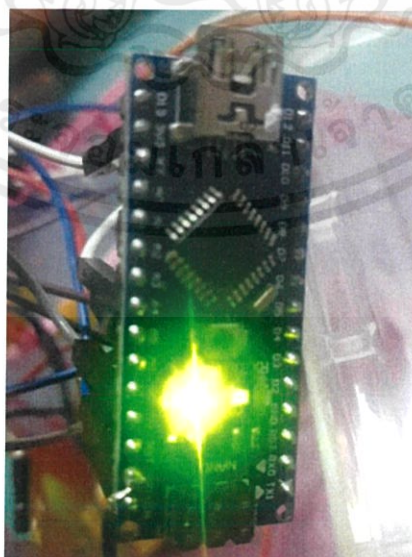
#### 4.1 วิธีการทดสอบ

หลังจากการออกแบบวงจรแล้วจึงนำมาทดลองต่อวงจรและทดสอบโดยทำการวัด output ด้วยการสังเกต และทดสอบด้วย oscilloscope โดยตามลำดับดังนี้

1. เมื่อทำการเปิดเครื่องสังเกต Arduino Nano ว่าไฟติดหรือไม่
2. เมื่อเปิดเครื่องหรือจ่ายไฟเข้า Arduino Nano แต่ยังไม่กดสวิตช์ สังเกตหน้าจอ OLED ด้วยสายตาว่าแสดงผลตามที่กำหนดคำสั่งไว้หรือไม่
3. เมื่อทำการกดสวิตช์ครั้งที่ 1 (โหมดที่1) สังเกตหน้าจอ OLED ด้วยสายตา และ วัดผลสัญญาณที่ทางออกของสัญญาณของวงจรรวม MAX 232
4. เมื่อทำการกดสวิตช์ครั้งที่ 2 (โหมดที่2) สังเกตหน้าจอ OLED ด้วยสายตา และ วัดผลสัญญาณที่ทางออกของสัญญาณของวงจรรวม MAX 232
5. เมื่อทำการกดสวิตช์ครั้งที่ 3 (โหมดที่1) สังเกตหน้าจอ OLED ด้วยสายตา และ วัดผลสัญญาณที่ทางออกของสัญญาณของวงจรรวม MAX 232
6. เมื่อทำการกดสวิตช์ครั้งที่ 4 (โหมดที่2) สังเกตหน้าจอ OLED ด้วยสายตา และ วัดผลสัญญาณที่ทางออกของสัญญาณของวงจรรวม MAX 232
7. สังเกตการทำงานของวงจรว่าปกติหรือไม่ เมื่อทำการบรรจุวงจรลงในตัวเครื่องที่ออกแบบโดย SolidWorks

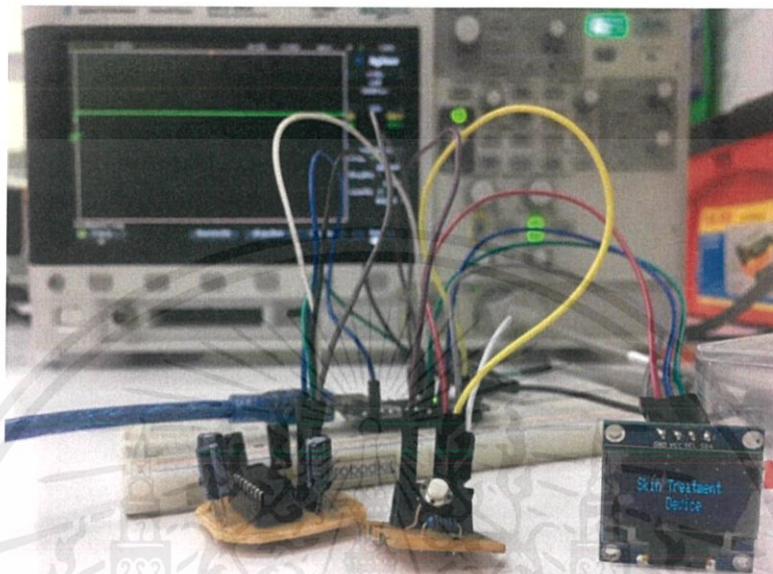
#### 4.2 ผลการทดสอบ

4.2.1 เมื่อทำการจ่ายไฟเข้า Arduino Nano พบว่ามีสัญญาณไฟขึ้นตามปกติ

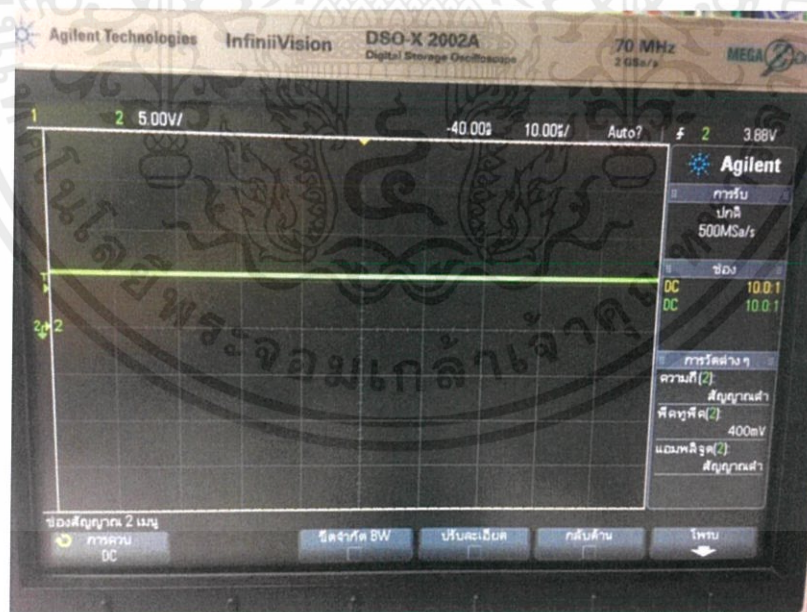


รูปที่ 4.1 รูปบอร์ดเมื่อทำการจ่ายไฟ

4.2.2 เมื่อเปิดเครื่องหรือจ่ายไฟเข้า Arduino Nano แต่ยังไม่กดสวิตช์ หน้าจอ OLED แสดงผล Skin Treatment Device และเมื่อวัดผลที่ทางออกของสัญญาณของวงจรรวม MAX 232 พบว่าไม่มีสัญญาณออกมา ซึ่งเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 4.2 ผลของหน้าจอ OLED เมื่อเปิดเครื่องหรือจ่ายไฟเข้า Arduino Nano แต่ยังไม่กดสวิตช์

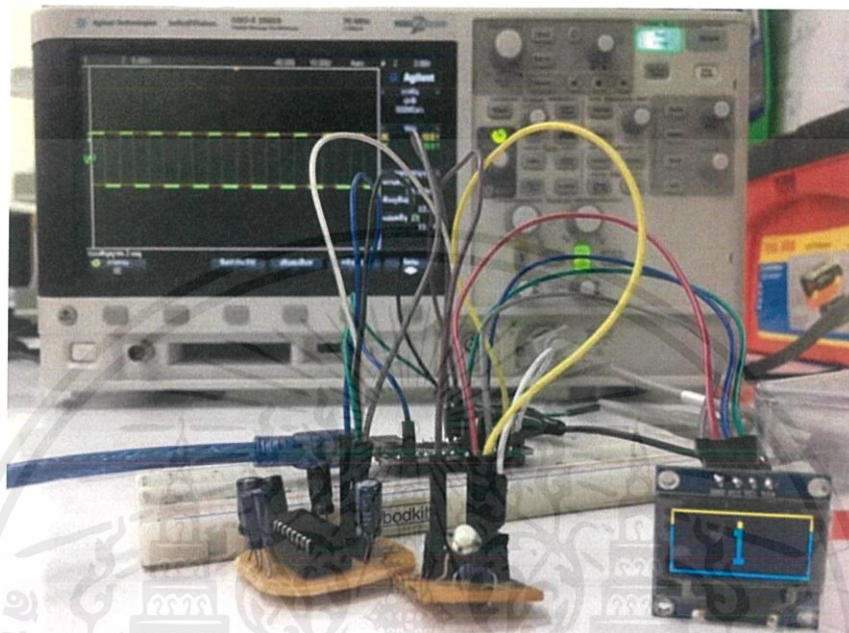


รูปที่ 4.3 ผลที่ทางออกของสัญญาณของวงจรรวม MAX 232 เมื่อเปิดเครื่องหรือจ่ายไฟเข้า Arduino Nano แต่ยังไม่กดสวิตช์

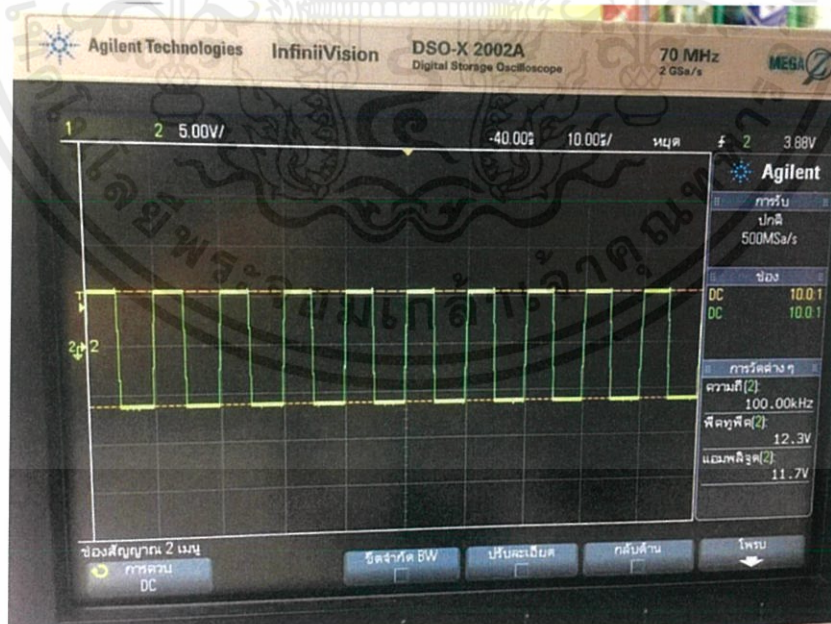
#### 4.2.3 เมื่อทำการกดสวิตช์ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าจอ OLED แสดงผลเป็นตัวเลข 1 และเมื่อวัดผลที่ทางออกของสัญญาณของวงจรรวม MAX 232 พบว่ามีสัญญาณออกมามีความถี่ 100KHz และมีขนาด 12.3Vpp ซึ่งเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 4.4 ผลของหน้าจอ OLED เมื่อเลือกการทำงานในโหมดที่ 1

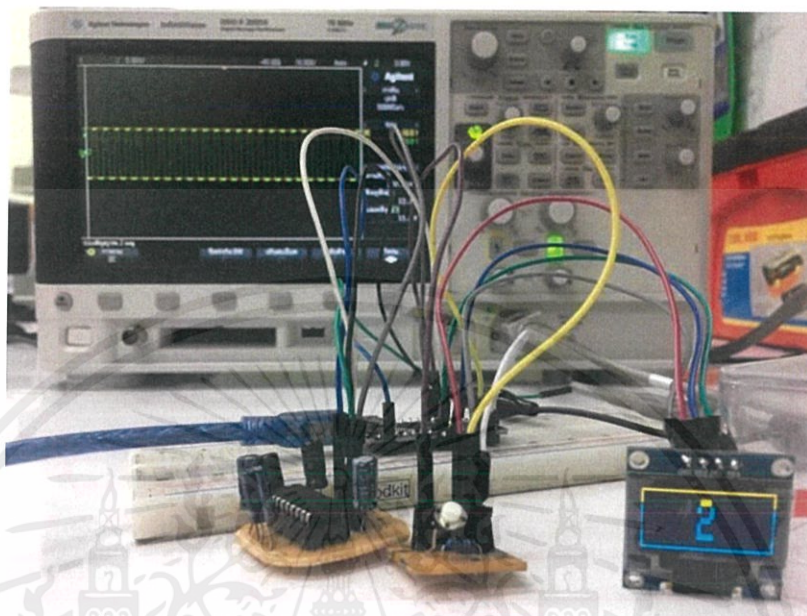


รูปที่ 4.5 รูปแสดงสัญญาณที่ทางออกของสัญญาณของวงจรรวม MAX 232 ในโหมดที่ 1

#### 4.2.4 เมื่อทำการกดสวิตช์ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าจอ OLED แสดงผลเป็นตัวเลข 2 และเมื่อวัดผลที่ทางออกของสัญญาณของวงจรรวม MAX 232 พบว่ามีสัญญาณออกมา ความถี่ 250KHz และมีขนาด 12.1Vpp ซึ่งเป็นไปตามที่ได้ ออกแบบไว้



รูปที่ 4.6 ผลของหน้าจอ OLED เมื่อเลือกการทำงานในโหมดที่ 2 จะสามารถวัดรูปสัญญาณทางเข้าที่พอร์ทของ Arduino, รูปสัญญาณทางเอาต์พอร์ทของวงจรรวม MAX 232 ได้ดังนี้



รูปที่ 4.7 รูปแสดงสัญญาณทางเอาต์พอร์ทของวงจรรวม MAX 232 ในโหมดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.5 เมื่อทำการกดสวิตช์ครั้งที่ 3

พบว่าทำงานในโหมดที่ 1 หรือหน้าจอ OLED แสดงผลเป็นตัวเลข 1 และเมื่อวัดผลที่ทางออกของสัญญาณของวงจรรวม MAX 232 พบว่ามีสัญญาณออกมา ความถี่ 100KHz มีขนาด 12.3Vpp

#### 4.2.6 เมื่อทำการกดสวิตช์ครั้งที่ 4

พบว่าทำงานในโหมดที่ 1 หรือหน้าจอ OLED แสดงผลเป็นตัวเลข 1 และเมื่อวัดผลที่ทางออกของสัญญาณของวงจรรวม MAX 232 พบว่ามีสัญญาณออกมาความถี่ 250 KHz มีขนาด 12.3Vpp

#### 4.2.7 เมื่อทำการบรรจุวงจรลงในตัวเครื่องที่ออกแบบโดย SolidWorks



รูปที่ 4.8 ทำการบรรจุวงจรลงในตัวเครื่อง

### 4.3 ผลของการทดสอบการทำงานของตัวเครื่อง

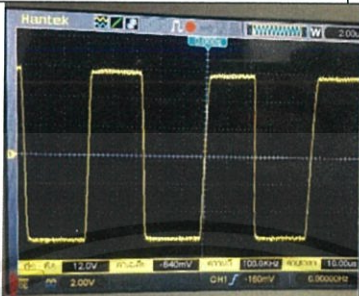

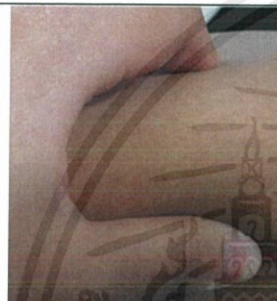


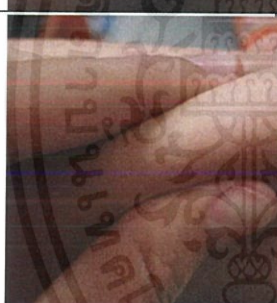




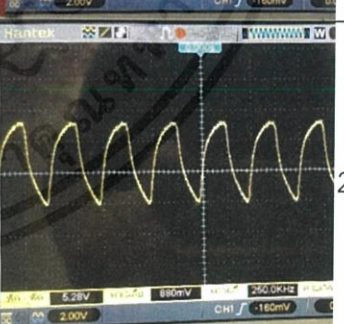
เปิด/ปิด เครื่อง	จำนวนการกด สวิตช์	โหมดการทำงาน	เอาต์พุตของวงจรรวม MAX 232		
			Vpp (V)	I (uA)	f (kHz)
ปิด	0	-	ไม่มีสัญญาณ	ไม่มีสัญญาณ	ไม่มีสัญญาณ
เปิด	0	-	ไม่มีสัญญาณ	ไม่มีสัญญาณ	ไม่มีสัญญาณ
เปิด	1	1	12.3	235.2	100
เปิด	2	2	12.1	293.0	250
เปิด	3	1	12.3	235.2	100
เปิด	4	2	12.1	293.0	250
ปิด	0	-	ไม่มีสัญญาณ	ไม่มีสัญญาณ	ไม่มีสัญญาณ

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดจากเอาต์พุตของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 ผลของการทดสอบกับผิวหนัง

จากการทดลองใช้กับผิวหนังบริเวณผิวหนังที่ท้องแขนของผู้ทดลองใช้พบว่า

คนที่	ความหนาชั้นไขมัน	โหมดที่ 1 (100 KHz)	โหมดที่ 1 (250 KHz)	Time/div
-	-			2.00us
1				2.00us
2				2.00us
3				2.00us

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบกับผิวหนัง

จากผลการทดลองสามารถวิเคราะห์ได้ว่าความหนาของชั้นผิวหนังมีผลต่อการส่งผ่านประจุอย่างแปรผกผัน โดยที่คนที่มีความหนาของชั้นผิวหนังที่หนาจะสามารถส่งประจุได้น้อยกว่าคนที่มีความหนาของชั้นผิวหนังที่บางกว่า ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการทดลองตามตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

### 5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อสร้างสัญญาณพัลส์ที่ทางออก จากสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง 9 V โดยมาจากแบตเตอรี่ และจากการเลือกการทำงานในโหมดที่ 1 พบว่าสัญญาณที่ออกมาจากวงจรรวม MAX 232 เป็นสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ 100 KHz ขนาด 12.3 Vpp และจากการเลือกการทำงานในโหมดที่ 2 พบว่าสัญญาณที่ออกมาจากวงจรรวม MAX 232 เป็นสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ 250 KHz ขนาด 12.1 Vpp และเมื่อทำการทดสอบกับผิวหนังเป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าก่อนจะทำการทดลองใช้ผิวหนังของผู้ทดลองมีรอยแดงจากสิวและรอยดำจากสิบบริเวณผิวที่ทำการทดลอง เมื่อทำการทดลองใช้อุปกรณ์ ด้วยโหมดที่ 1 เนื่องจากผู้ทำการทดลองไม่เคยใช้อุปกรณ์ความถี่สูงในการรักษาผิวหนังมาก่อน โดยการใช้งานอุปกรณ์เพียง 1-2 นาที สัปดาห์ละ 3 ครั้ง พบว่าหลังจากผ่านไปเป็นเวลา 1 สัปดาห์ รอยแดงจากสิวที่ไม่เข้มมากได้จางลงจนเกือบหายไป ส่วนรอยแดงที่เข้มได้จางลง แต่รอยดำจากสิว ไม่จางลงไปจากก่อนทำการทดลอง คาดว่าหากนำไปใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์ที่ช่วยรักษา โดยเฉพาะ และใช้เวลาในการรักษามากกว่า 1-2 เดือนขึ้นไป จะสามารถพบความเปลี่ยนแปลงได้มากกว่าจากผลการทดลอง

### 5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

1. เนื่องจากอุปกรณ์ที่ต้องการต้องมีขนาดที่พอเหมาะ เพื่อให้สะดวกในการใช้งาน ทำให้การออกแบบตัวเครื่อง และการบรรจุวงจรลงในตัวเครื่องมีความยากลำบาก จึงต้องมีการแก้ไข และปรับเปลี่ยนตัววงจรและการออกแบบตัวเครื่องหลายครั้ง ทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน
2. ตัวเครื่องต้องมีความสวยงามและมีพื้นผิวชิ้นงานที่ละเอียด ซึ่งในการพิมพ์ 3 มิติจากเครื่องพิมพ์ มีเวลานานทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน
3. เนื่องจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติมีอายุการใช้งานพอสมควร ทำให้ความผิดปกติเมื่อพิมพ์ชิ้นงาน เช่น ข้อต่อซึ่งต่อโดยแม่เหล็กหลุด พิมพ์อัตราส่วนผิด ทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน เนื่องจากต้องทำการพิมพ์ใหม่และซ่อมแซมเครื่องพิมพ์
4. อุปกรณ์ที่ใช้มีความเปราะบาง จึงทำให้มีการเสียหายและไม่สามารถทำงานต่อได้ และหาซื้อยาก เช่น จอ OLED ทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงานเนื่องจากต้องหาหรือสั่งซื้ออุปกรณ์มาใหม่

### 5.3 แนวทางการแก้ไข

1. ทำการ Assembly ใน SolidWorks ก่อนพิมพ์ 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการเฝ้าดู ระหว่างเครื่องพิมพ์ 3 มิติทำงาน และแก้ไขตามสถานะการณ์ เช่น
  - หากข้อต่อหลุดให้หยุดการทำงานของเครื่องพิมพ์ เช็ดฝุ่นตรงหัวแม่เหล็ก และทำการประกอบใหม่
  - หากพิมพ์สเกล หรือ ลักษณะการพิมพ์เริ่มผิดปกติ ให้ทำการหยุดพิมพ์ และทำการพิมพ์ใหม่ทันที เพื่อไม่ให้ล่าช้า
3. ระมัดระวังในการใช้อุปกรณ์ต่างๆ

#### 5.4 ประโยชน์และการประยุกต์การใช้งาน

สามารถออกแบบวงจรสร้างพัลส์ได้เพื่อนำไปใช้ในการผลักสสารเข้าสู่ผิวด้วยประจุไฟฟ้าที่สร้างขึ้นได้ตามทฤษฎีไอออนโตฟอริซิส ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของสสาร ลดระยะเวลาในการแสดงผลของสสารได้

#### 5.5 สิ่งที่ได้จากโครงการ

ได้รับความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร วิธีการคำนวณ และสามารถเข้าใจหลักการทำงานของวงจรได้ รวมถึงทฤษฎีโลจิกเกต ได้เรียนรู้และฝึกฝนในการเขียนคำสั่ง(Code) และการใช้งาน Microcontroller (Arduino Nano) ฝึกฝนให้มีความอดทนในการทำงาน การเผชิญและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

[1] Infinity Pro Admin. “The Harmful Effects of Positive Ions on The Body” [Online]. Available: <https://uk.infinitypro.com/blogs/news/924647-the-harmful-effects-of-positive-ions-on-the-body>

[2] Steve Lampen. “Understanding Skin Effect and Frequency” [Online]. Available: <http://www.belden.com/blog/broadcastav/Understanding-Skin-Effect-and-Frequency>

[3] Glenn Elert. “Electric Current Needed To Kill A Human” [Online]. Available: <http://hypertextbook.com/facts/2000/JackHsu.shtml>

[4] Sunita Sanguri. “What’s the Difference Between AC and DC Electric Shocks?” [Online]. Available: <http://www.brighthubengineering.com/power-plants/89792-ac-and-dc-shock-comparison>

[5] Frank Donald. “Working of MAX232 IC” [Online]. Available: <http://www.gadgetronicx.com/working-of-max232-ic/>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <Adafruit_SH1106.h>
#define OLED_RESET 4
Adafruit_SSD1306 display(OLED_RESET);
const int buttonPin = 2; // the pin that the pushbutton is attached
to

int buttonPushCounter = 0; // counter for the number of button
presses
int buttonState = 0; // current state of the button
int lastButtonState = 0; // previous state of the button
int hCenter = 64; // horizontal center of animation
int vCenter = 16; // vertical center of animation
int Hstar, Vstar; // star location currently
int Quantity = 50; // number of stars
int StarProgress[50]; // array that tracks progress of each
star
int StarAngle[50] = {}; // array that tracks angle of each star
int interval[75] = {}; // array used to track speed of each
star

void setup() {
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3c); //initialize I2C addr
0x3c
  display.begin(SH1106_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
  pinMode(buttonPin, INPUT);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.begin(9600);
pinMode(3, OUTPUT); // Output pin for OCR2B
}
void loop() {
  buttonState = digitalRead(buttonPin);
  if (buttonState != lastButtonState) {
    if (buttonState == HIGH) {
      buttonPushCounter++;
    }

    delay(50);
  }
  lastButtonState = buttonState;
  Serial.println(buttonPushCounter);
  if (buttonPushCounter == 0) {
    for (int i = 0; i < Quantity; i++) { // loop to setup initial stars
      StarAngle[i] = random(360); // generates random angle
    }
    for each star
    interval[i] = (random(5))+1;
  }
  unsigned long currentMillis = millis();
  display.clearDisplay(); // clear display

  for (int i = 0; i < Quantity; i++) { // loop to draw each star

    if (StarProgress[i] > 100) { // if statement to reset stars
      after going off screen
      StarProgress[i] = StarProgress[i] - 100; // resets star progress
      StarAngle[i] = random(360); // resets star angle
      interval[i] = (random(5))+1; // resets star speed
    }else{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        StarProgress[i] = StarProgress[i] + interval[i];
    }

    if (currentMillis - StarProgress[i] >= interval[i] && StarProgress[i] > 0)
    { // if statement to exclude some star paths

        Hstar = (hCenter + (sin(StarAngle[i] / 57.296) * StarProgress[i] ));
        // calculates star horizontal coordinate
        Vstar = (vCenter + (cos(StarAngle[i] / 57.296) * StarProgress[i] ));
        // calculates star horizontal coordinate
        display.drawPixel(Hstar, Vstar, WHITE); //
        draws each star
        display.setTextSize(1);
        display.setTextColor(WHITE);
        display.setCursor(20,8);
        display.println("Skin Treatment");
        display.setTextSize(1);
        display.setTextColor(WHITE);
        display.setCursor(49,18);
        display.println("Device");
    }
}

display.display();

} else {
    if (buttonPushCounter % 2 == 0){
        TCCR2A = _BV(COM2A1) | _BV(COM2B1) | _BV(WGM21) |
        _BV(WGM20);
        TCCR2B = _BV(WGM22) | _BV(CS20); // Clock(No prescaling)
        OCR2A = 63; // set frequency

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
OCR2B = 30; // set duty
```

```
Serial.println("Mode 2");
```

```
// Set up the 250 kHz output
```

```
display.clearDisplay(); // clears the screen and buffer
```

```
display.drawLine(0, 0, 127, 0, WHITE);
```

```
display.drawLine(0, 31, 127, 31, WHITE);
```

```
display.drawLine(0, 0, 0, 31, WHITE);
```

```
display.drawLine(127, 0, 127, 31, WHITE);
```

```
display.setTextSize(3);
```

```
display.setTextColor(WHITE);
```

```
display.setCursor(55,5);
```

```
display.println("2");
```

```
display.display();
```

```
}if(buttonPushCounter % 2 != 0){
```

```
  // Set up the 100 kHz output
```

```
  TCCR2A = _BV(COM2A1) | _BV(COM2B1) | _BV(WGM21) |  
_BV(WGM20);
```

```
  TCCR2B = _BV(WGM22) | _BV(CS20); // Clock(No prescaling)
```

```
  OCR2A = 159; // set frequency
```

```
  OCR2B = 80; // set duty
```

```
Serial.println("Mode 1");
```

```
display.clearDisplay(); // clears the screen and buffer
```

```
display.drawLine(0, 0, 127, 0, WHITE);
```

```
display.drawLine(0, 31, 127, 31, WHITE);
```

```
display.drawLine(0, 0, 0, 31, WHITE);
```

```
display.drawLine(127, 0, 127, 31, WHITE);
```

```
display.setTextSize(3);
```

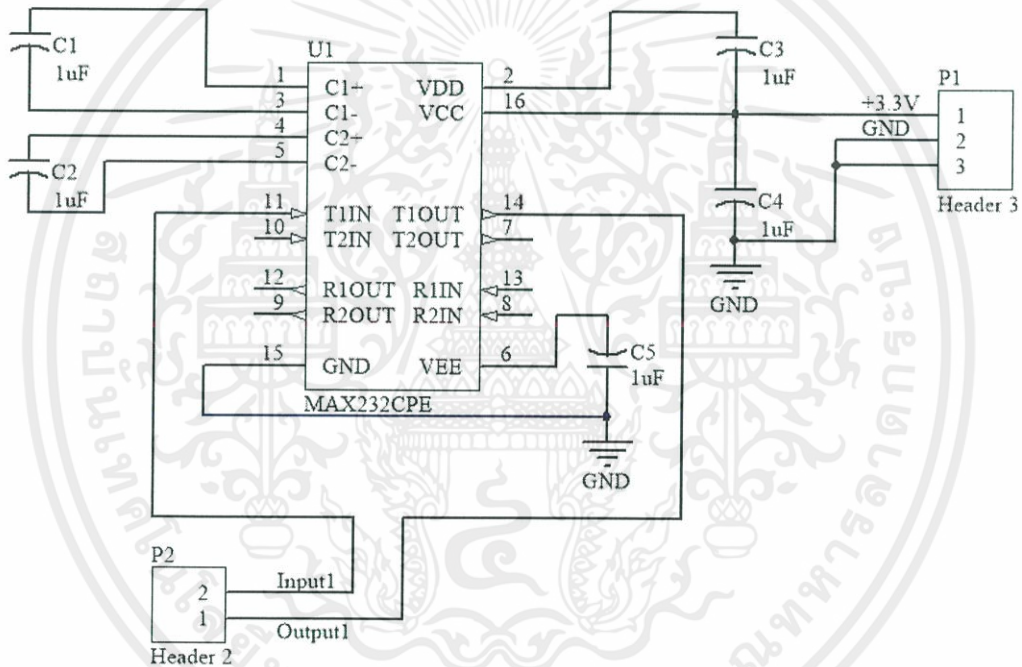
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(55,5);
display.println("1");
display.display();
}
}
}

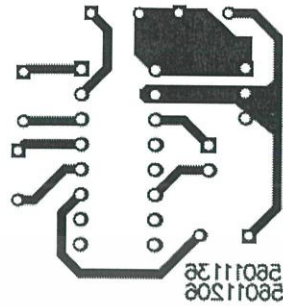
```

สก็มเมตติคสำหรับวงจร MAX 232

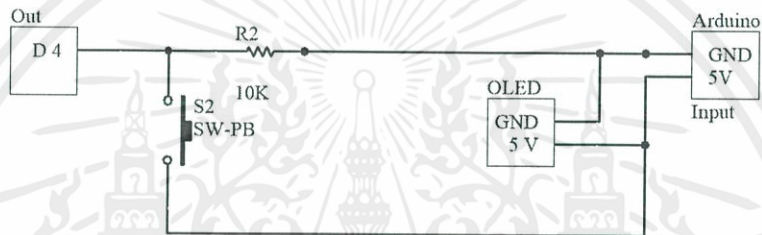


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

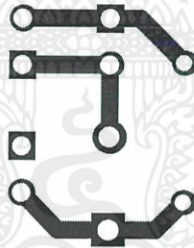
พีซีบีสำหรับวงจรMAX232



สก็มเมติกสำหรับวงจรสวิตช์



พีซีบีสำหรับวงจรสวิตช์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## General Description

The MAX220–MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where  $\pm 12V$  is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than  $5\mu W$ . The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

## Applications

Portable Computers  
Low-Power Modems  
Interface Translation  
Battery-Powered RS-232 Systems  
Multidrop RS-232 Networks

AutoShutdown and UCSP are trademarks of Maxim Integrated Products, Inc.

## Next-Generation Device Features

- ◆ For Low-Voltage, Integrated ESD Applications  
MAX3222E/MAX3232E/MAX3237E/MAX3241E/  
MAX3246E: +3.0V to +5.5V, Low-Power, Up to  
1Mbps, True RS-232 Transceivers Using Four  
0.1 $\mu F$  External Capacitors (MAX3246E Available  
in a UCSP™ Package)
- ◆ For Low-Cost Applications  
MAX221E:  $\pm 15kV$  ESD-Protected, +5V, 1 $\mu A$ ,  
Single RS-232 Transceiver with AutoShutdown™

## Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE+	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE+	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE+	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE+	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE+	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE+	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

+Denotes a lead(Pb)-free/RoHS-compliant package.

\*Contact factory for dice specifications.

Ordering Information continued at end of data sheet.

## Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value ( $\mu F$ )	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	0.047/0.33	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✓	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✓	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package



# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(Voltages referenced to GND.)

V <sub>CC</sub>	-0.3V to +6V
V <sub>+</sub> (Note 1)	(V <sub>CC</sub> - 0.3V) to +14V
V <sub>-</sub> (Note 1)	+0.3V to -14V
Input Voltages	
T <sub>IN</sub>	-0.3V to (V <sub>CC</sub> - 0.3V)
R <sub>IN</sub> (Except MAX220)	±30V
R <sub>IN</sub> (MAX220)	±25V
T <sub>OUT</sub> (Except MAX220) (Note 2)	±15V
T <sub>OUT</sub> (MAX220)	±13.2V
Output Voltages	
T <sub>OUT</sub>	±15V
R <sub>OUT</sub>	-0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V)
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND.....Continuous	
Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)	
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	.842mW
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	.889mW
20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	.440mW

16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C)	...696mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	...762mW
18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	...762mW
20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C)	...800mW
20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	...640mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)	...800mW
18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	...842mW
Operating Temperature Ranges	
MAX2_ _AC_ _ , MAX2_ _C_ _	.....0°C to +70°C
MAX2_ _AE_ _ , MAX2_ _E_ _	.....-40°C to +85°C
MAX2_ _AM_ _ , MAX2_ _M_ _	.....-55°C to +125°C
Storage Temperature Range.....-65°C to +160°C	
Lead Temperature (soldering, 10s).....+300°C	
Soldering Temperature (reflow)	
20 PDIP (P20M+1)	.....+225°C
All other lead(Pb)-free packages	.....+260°C
All other packages containing lead(Pb)	.....+240°C

**Note 1:** For the MAX220, V<sub>+</sub> and V<sub>-</sub> can have a maximum magnitude of 7V, but their absolute difference cannot exceed 13V.

**Note 2:** Input voltage measured with T<sub>OUT</sub> in high-impedance state, V<sub>SHDN</sub> or V<sub>CC</sub> = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V<sub>CC</sub> = +5V ±10%, C<sub>1</sub>–C<sub>4</sub> = 0.1µF, MAX220, C<sub>1</sub> = 0.047µF, C<sub>2</sub>–C<sub>4</sub> = 0.33µF, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted.) (Note 3)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>RS-232 TRANSMITTERS</b>						
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±8		V
Input Logic-Low Voltage				1.4	0.8	V
Input Logic-High Voltage	All devices except MAX220		2	1.4		V
	MAX220: V <sub>CC</sub> = +5.0V		2.4			
Logic Pullup/Input Current	All except MAX220, normal operation			5	40	µA
	V <sub>SHDN</sub> = 0V, MAX222/MAX242, shutdown, MAX220			±0.01	±1	
Output Leakage Current	V <sub>CC</sub> = +5.5V, V <sub>SHDN</sub> = 0V, V <sub>OUT</sub> = ±15V, MAX222/MAX242			±0.01	±10	µA
	V <sub>CC</sub> = V <sub>SHDN</sub> = 0V	V <sub>OUT</sub> = ±15V		±0.01	±10	
		MAX220, V <sub>OUT</sub> = ±12V			±25	
Data Rate				200	116	kbps
Transmitter Output Resistance	V <sub>CC</sub> = V <sub>+</sub> = V <sub>-</sub> = 0V, V <sub>OUT</sub> = ±2V		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V <sub>OUT</sub> = 0V	V <sub>OUT</sub> = 0V	±7	±22		mA
		MAX220			±60	
<b>RS-232 RECEIVERS</b>						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±30	V
	MAX220				±25	
RS-232 Input Threshold Low	V <sub>CC</sub> = +5V	All except MAX243 R2IN	0.8	1.3		V
		MAX243 R2IN (Note 4)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V <sub>CC</sub> = +5V	All except MAX243 R2IN		1.8	2.4	V
		MAX243 R2IN (Note 4)	-0.5	-0.1		

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V<sub>CC</sub> = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1μF, MAX220, C1 = 0.047μF, C2–C4 = 0.33μF, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted.) (Note 3)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 Input Hysteresis	All except MAX220/MAX243, V <sub>CC</sub> = +5V, no hysteresis in shutdown		0.2	0.5	1.0	V
	MAX220		0.3			
	MAX243		1			
RS-232 Input Resistance	T <sub>A</sub> = +25°C (MAX220)		3	5	7	kΩ
			3	5	7	
TTL/CMOS Output Voltage Low	I <sub>OUT</sub> = 3.2mA		0.2			V
	I <sub>OUT</sub> = 1.6mA (MAX220)		0.4			
TTL/CMOS Output Voltage High	I <sub>OUT</sub> = -1.0mA		3.5	V <sub>CC</sub> - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V <sub>OUT</sub> = V <sub>GND</sub>		-2	-10		mA
	Sinking V <sub>OUT</sub> = V <sub>CC</sub>		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	V <sub>SHDN</sub> = V <sub>CC</sub> or V <sub>EN</sub> = V <sub>CC</sub> (V <sub>SHDN</sub> = 0V for MAX222), 0V ≤ V <sub>OUT</sub> ≤ V <sub>CC</sub>			±0.05	±10	μA
EN Input Threshold Low	MAX242			1.4	0.8	V
EN Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
Supply Voltage Range			4.5		5.5	V
V <sub>CC</sub> Supply Current (V <sub>SHDN</sub> = V <sub>CC</sub> ), Figures 5, 6, 11, 19	No load	MAX220		0.5	2	mA
		MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243		4	10	
	3kΩ load both inputs	MAX220		12		
		MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243		15		
Shutdown Supply Current	MAX222/MAX242	T <sub>A</sub> = +25°C		0.1	10	μA
		T <sub>A</sub> = 0°C to +70°C		2	50	
		T <sub>A</sub> = -40°C to +85°C		2	50	
		T <sub>A</sub> = -55°C to +125°C		35	100	
SHDN Input Leakage Current	MAX222/MAX242				±1	μA
SHDN Threshold Low	MAX222/MAX242			1.4	0.8	V
SHDN Threshold High	MAX222/MAX242		2.0	1.4		V
Transition Slew Rate	C <sub>L</sub> = 50pF to 2500pF, R <sub>L</sub> = 3kΩ to 7kΩ, V <sub>CC</sub> = +5V, T <sub>A</sub> = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	MAX222/MAX232A/MAX233/MAX242/MAX243	6	12	30	V/μs
		MAX220	1.5	3	30.0	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation)	t <sub>PHLT</sub> , Figure 1	MAX222/MAX232A/MAX233/MAX242/MAX243		1.3	3.5	μs
		MAX220		4	10	
	t <sub>PLHT</sub> , Figure 1	MAX222/MAX232A/MAX233/MAX242/MAX243		1.5	3.5	
		MAX220		5	10	

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

( $V_{CC} = +5V \pm 10\%$ ,  $C1-C4 = 0.1\mu F$ , MAX220,  $C1 = 0.047\mu F$ ,  $C2-C4 = 0.33\mu F$ ,  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted.) (Note 3)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Normal Operation)	$t_{PHLR}$ , Figure 2	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243	0.5	1	$\mu s$
		MAX220	0.6	3	
	$t_{PLHR}$ , Figure 2	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243	0.6	1	
		MAX220	0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Shutdown)	$t_{PHLS}$ , Figure 2	MAX242	0.5	10	$\mu s$
	$t_{PLHS}$ , Figure 2	MAX242	2.5	10	
Receiver-Output Enable Time	$t_{ER}$	MAX242, Figure 3	125	500	ns
Receiver-Output Disable Time	$t_{DR}$	MAX242, Figure 3	160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time (SHDN Goes High)	$t_{ET}$	MAX222/MAX242, 0.1 $\mu F$ caps (includes charge-pump start-up), Figure 4	250		$\mu s$
Transmitter-Output Disable Time (SHDN Goes Low)	$t_{DT}$	MAX222/MAX242, 0.1 $\mu F$ caps, Figure 4	600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	$t_{PHLT} - t_{PLHT}$	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243	300		ns
		MAX220	2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	$t_{PHLR} - t_{PLHR}$	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243	100		ns
		MAX220	225		

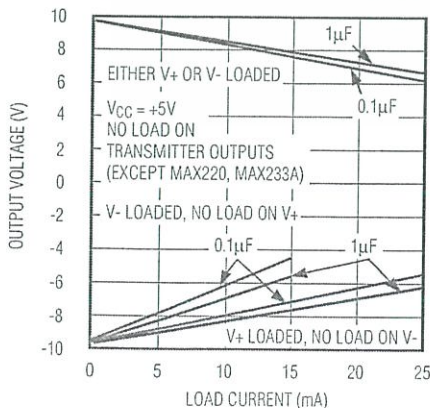
**Note 3:** All units are production tested at hot. Specifications over temperature are guaranteed by design.

**Note 4:** MAX243 R2OUT is guaranteed to be low when R2IN  $\geq 0V$  or is unconnected.

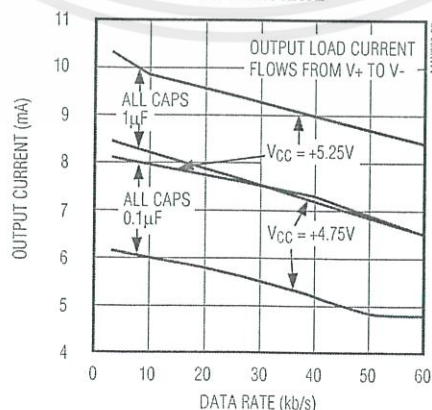
## Typical Operating Characteristics

### MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243

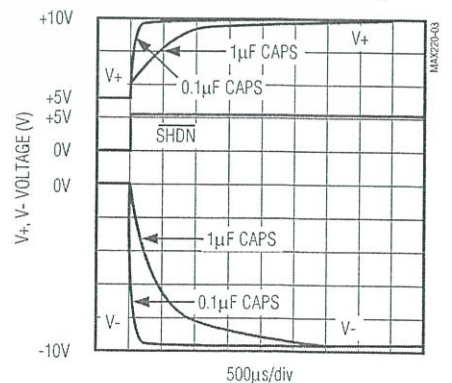
OUTPUT VOLTAGE vs. LOAD CURRENT



AVAILABLE OUTPUT CURRENT vs. DATA RATE



MAX222/MAX242 ON-TIME EXITING SHUTDOWN



# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX223/MAX230-MAX241

(Voltages referenced to GND.)

V <sub>CC</sub> .....	-0.3V to +6V
V <sub>+</sub> .....	(V <sub>CC</sub> - 0.3V) to +14V
V <sub>-</sub> .....	+0.3V to -14V
Input Voltages	
T <sub>IN</sub> .....	-0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V)
R <sub>IN</sub> .....	±30V
Output Voltages	
T <sub>OUT</sub> .....	(V <sub>+</sub> + 0.3V) to (V <sub>-</sub> - 0.3V)
R <sub>OUT</sub> .....	-0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V)
Short-Circuit Duration, T <sub>OUT</sub> to GND.....	
Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)	
14-Pin Plastic DIP (derate 10.00mW/°C above +70°C).....	800mW
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C).....	842mW
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....	889mW
24-Pin Narrow Plastic DIP (derate 13.33mW/°C above +70°C).....	1.07W
24-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....	500mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C).....	762mW
20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C).....	800mW
24-Pin Wide SO (derate 11.76mW/°C above +70°C).....	941mW

28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C).....	1W
44-Pin Plastic FP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....	889mW
14-Pin Cerdip (derate 9.09mW/°C above +70°C).....	727mW
16-Pin Cerdip (derate 10.00mW/°C above +70°C).....	800mW
20-Pin Cerdip (derate 11.11mW/°C above +70°C).....	889mW
24-Pin Narrow Cerdip (derate 12.50mW/°C above +70°C).....	1W
24-Pin Sidebrazed (derate 20.0mW/°C above +70°C).....	1.6W
28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C).....	762mW
Operating Temperature Ranges	
MAX2 __ C .....	0°C to +70°C
MAX2 __ E .....	-40°C to +85°C
MAX2 __ M .....	-55°C to +125°C
Storage Temperature Range.....	
-65°C to +160°C	
Lead Temperature (soldering, 10s).....	
+300°C	
Soldering Temperature (reflow)	
20 PDIP (P20M+1).....	+225°C
24 PDIP (P24M-1).....	+225°C
All other lead(Pb)-free packages.....	+260°C
All other packages containing lead(Pb).....	+240°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230-MAX241

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241, V<sub>CC</sub> = +5V ±10%; MAX233/MAX235, V<sub>CC</sub> = +5V ±5%, C1-C4 = 1.0µF; MAX231/MAX239, V<sub>CC</sub> = +5V ±10%; V<sub>+</sub> = +7.5V to +13.2V; T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>; unless otherwise noted.) (Note 5)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to ground		±5.0	±7.3		V
V <sub>CC</sub> Supply Current	No load, T <sub>A</sub> = +25°C	MAX232/233		5	10	mA
		MAX223/230/234-238/240/241		7	15	
		MAX231/239		0.4	1	
V <sub>+</sub> Supply Current		MAX231		1.8	5	mA
		MAX239		5	15	
Shutdown Supply Current	T <sub>A</sub> = +25°C	MAX223		15	50	µA
		MAX230/235/236/240/241		1	10	
Input Logic-Low Voltage	T <sub>IN</sub> , EN, SHDN (MAX233); $\overline{\text{EN}}$ , SHDN (MAX230/235-241)				0.8	V
Input Logic-High Voltage	T <sub>IN</sub>		2.0			V
	$\overline{\text{EN}}$ , SHDN (MAX233); $\overline{\text{EN}}$ , SHDN (MAX230/235/236/240/241)		2.4			
Logic Pullup Current	V <sub>TIN</sub> = 0V			1.5	200	µA
Receiver Input Voltage Operating Range			-30		+30	V

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230–MAX241 (continued)

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241,  $V_{CC} = +5V \pm 10\%$ ; MAX233/MAX235,  $V_{CC} = +5V \pm 5\%$ ,  $C_1$ – $C_4 = 1.0\mu F$ ; MAX231/MAX239,  $V_{CC} = +5V \pm 10\%$ ;  $V_+ = +7.5V$  to  $+13.2V$ ;  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ ; unless otherwise noted.) (Note 5)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 Input Logic-Low Voltage	$T_A = +25^\circ C$ , $V_{CC} = +5V$	Normal operation $V_{SHDN} = +5V$ (MAX223) $V_{SHDN} = 0V$ (MAX235/236/240/241)	0.8	1.2		V
		Shutdown (MAX223) $V_{SHDN} = 0V$ , $V_{EN} = +5V$ (R4IN, R5IN)	0.6	1.5		
RS-232 Input Logic-High Voltage	$T_A = +25^\circ C$ , $V_{CC} = +5V$	Normal operation $V_{SHDN} = 5V$ (MAX223) $V_{SHDN} = 0V$ (MAX235/236/240/241)		1.7	2.4	V
		Shutdown (MAX223) $V_{SHDN} = 0V$ , $V_{EN} = +5V$ (R4IN, R5IN)		1.5	2.4	
RS-232 Input Hysteresis	$V_{CC} = +5V$ , no hysteresis in shutdown		0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance	$T_A = +25^\circ C$ , $V_{CC} = +5V$		3	5	7	k $\Omega$
TTL/CMOS Output Voltage Low	$I_{OUT} = 1.6mA$ (MAX231/232/233, $I_{OUT} = 3.2mA$ )				0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	$I_{OUT} = -1mA$		3.5	$V_{CC} - 0.4$		V
TTL/CMOS Output Leakage Current	$0V \leq R_{OUT} \leq V_{CC}$ ; $V_{EN} = 0V$ (MAX223); $V_{EN} = V_{CC}$ (MAX235–241)			$\pm 0.05$	$\pm 10$	$\mu A$
Receiver Output Enable Time	Normal operation	MAX223		600		ns
		MAX235/236/239/240/241		400		
Receiver Output Disable Time	Normal operation	MAX223		900		ns
		MAX235/236/239/240/241		250		
Propagation Delay	RS-232 IN to TTL/CMOS OUT, $C_L = 150pF$	Normal operation		0.5	10	$\mu s$
		$V_{SHDN} = 0V$ (MAX223)	$t_{PHLS}$	4	40	
			$t_{PLHS}$	6	40	
Transition Region Slew Rate	MAX223/MAX230/MAX234–241, $T_A = +25^\circ C$ , $V_{CC} = +5V$ , $R_L = 3k\Omega$ to $7k\Omega$ , $C_L = 50pF$ to $2500pF$ , measured from $+3V$ to $-3V$ or $-3V$ to $+3V$		3	5.1	30	V/ $\mu s$
	MAX231/MAX232/MAX233, $T_A = +25^\circ C$ , $V_{CC} = +5V$ , $R_L = 3k\Omega$ to $7k\Omega$ , $C_L = 50pF$ to $2500pF$ , measured from $+3V$ to $-3V$ or $-3V$ to $+3V$			4	30	
Transmitter Output Resistance	$V_{CC} = V_+ = V_- = 0V$ , $V_{OUT} = \pm 2V$		300			$\Omega$
Transmitter Output Short-Circuit Current			$\pm 10$			mA

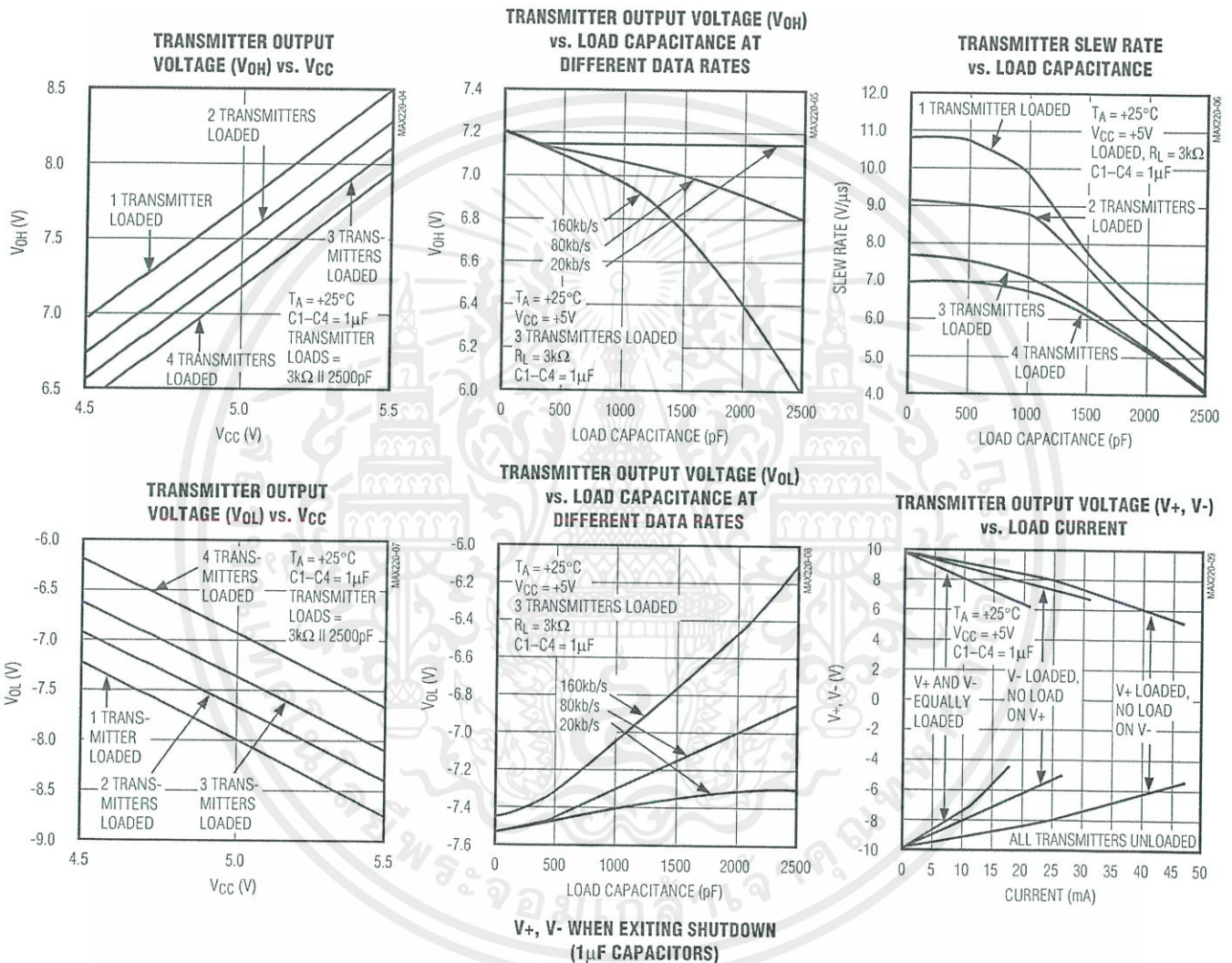
**Note 5:** All units are production tested at hot except for the MAX240, which is production tested at  $T_A = +25^\circ C$ . Specifications over temperature are guaranteed by design.

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Typical Operating Characteristics

MAX220-MAX249

### MAX223/MAX230-MAX241



\*SHUTDOWN POLARITY IS REVERSED FOR NON MAX241 PARTS



# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX225/MAX244—MAX249

(Voltages referenced to GND.)

Supply Voltage (V<sub>CC</sub>) .....-0.3V to +6V

Input Voltages

T<sub>IN</sub>,  $\overline{\text{ENA}}$ ,  $\overline{\text{ENB}}$ ,  $\overline{\text{ENR}}$ ,  $\overline{\text{ENT}}$ ,  $\overline{\text{ENRA}}$ ,

$\overline{\text{ENRB}}$ ,  $\overline{\text{ENTA}}$ ,  $\overline{\text{ENTB}}$ .....-0.3V to (V<sub>CC</sub> + 0.3V)

R<sub>IN</sub> .....±25V

T<sub>OUT</sub> (Note 6).....±15V

R<sub>OUT</sub>.....-0.3V to (V<sub>CC</sub> + 0.3V)

Short Circuit Duration (one output at a time)

T<sub>OUT</sub> to GND .....Continuous

R<sub>OUT</sub> to GND.....Continuous

Continuous Power Dissipation (T<sub>A</sub> = +70°C)

28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) .....1W

40-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) ...611mW

44-Pin PLCC (derate 13.33mW/°C above +70°C) .....1.07W

Operating Temperature Ranges

MAX225C\_-, MAX24\_C\_- .....0°C to +70°C

MAX225E\_-, MAX24\_E\_- .....-40°C to +85°C

Storage Temperature Range .....-65°C to +160°C

Lead Temperature (soldering, 10s).....+300°C

Soldering Temperature (reflow)

40 PDIP (P40M-2) .....+225°C

All other lead(Pb)-free packages.....+260°C

All other packages containing lead(Pb) .....+240°C

**Note 6:** Input voltage measured with transmitter output in a high-impedance state, shutdown, or V<sub>CC</sub> = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244—MAX249

(MAX225, V<sub>CC</sub> = +5.0V ±5%; MAX244—MAX249, V<sub>CC</sub> = +5.0V ±10%, external capacitors C1—C4 = 1μF; T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>; unless otherwise noted.) (Note 7)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>RS-232 TRANSMITTERS</b>						
Input Logic-Low Voltage			1.4	0.8	V	
Input Logic-High Voltage		2	1.4		V	
Logic Pullup/Input Current	Tables 1a–1d	Normal operation		10	50	μA
		Shutdown		±0.01	±1	
Data Rate	Tables 1a–1d, normal operation		120	64	kbps	
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND	±5	±7.5		V	
Output Leakage Current (Shutdown)	Tables 1a–1d	V <sub>ENA</sub> , V <sub>ENB</sub> , V <sub>ENT</sub> , V <sub>ENTA</sub> , V <sub>ENRB</sub> = V <sub>CC</sub> , V <sub>OUT</sub> = ±15V		±0.01	±25	μA
		V <sub>CC</sub> = 0V, V <sub>OUT</sub> = ±15V		±0.01	±25	
Transmitter Output Resistance	V <sub>CC</sub> = V <sub>+</sub> = V <sub>-</sub> = 0V, V <sub>OUT</sub> = ±2V (Note 8)	300	10M		Ω	
Output Short-Circuit Current	V <sub>OUT</sub> = 0V	±7	±30		mA	
<b>RS-232 RECEIVERS</b>						
RS-232 Input Voltage Operating Range				±25	V	
RS-232 Input Logic-Low Voltage	V <sub>CC</sub> = +5V	0.8	1.3		V	
RS-232 Input Logic-High Voltage	V <sub>CC</sub> = +5V		1.8	2.4	V	
RS-232 Input Hysteresis	V <sub>CC</sub> = +5V	0.2	0.5	1.0	V	
RS-232 Input Resistance		3	5	7	kΩ	
TTL/CMOS Output Voltage Low	I <sub>OUT</sub> = 3.2mA		0.2	0.4	V	
TTL/CMOS Output Voltage High	I <sub>OUT</sub> = -1.0mA	3.5	V <sub>CC</sub> - 0.2		V	
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V <sub>OUT</sub> = V <sub>GND</sub>	-2	-10		mA	
	Sinking V <sub>OUT</sub> = V <sub>CC</sub>	10	30			
TTL/CMOS Output Leakage Current	Normal operation, outputs disabled, Tables 1a–1d, 0V ≤ V <sub>OUT</sub> ≤ V <sub>CC</sub> , V <sub>ENR_</sub> = V <sub>CC</sub>		±0.05	±0.10	μA	

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244-MAX249 (continued)

(MAX225,  $V_{CC} = +5.0V \pm 5\%$ ; MAX244-MAX249,  $V_{CC} = +5.0V \pm 10\%$ , external capacitors C1-C4 =  $1\mu F$ ;  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ ; unless otherwise noted.) (Note 7)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>POWER SUPPLY AND CONTROL LOGIC</b>					
Supply Voltage Range	MAX225	4.75		5.25	V
	MAX244-MAX249	4.5		5.5	
V <sub>CC</sub> Supply Current (Normal Operation)	No load	MAX225	10	20	mA
		MAX244-MAX249	11	30	
	3k $\Omega$ loads on all outputs	MAX225	40		
		MAX244-MAX249	57		
Shutdown Supply Current	$T_A = +25^\circ C$		8	25	$\mu A$
	$T_A = T_{MIN}$ to $T_{MAX}$			50	
Control Input	Leakage current			$\pm 1$	$\mu A$
	Logic-low voltage		1.4	0.8	V
	Logic-high voltage	2.4	1.4		
<b>AC CHARACTERISTICS</b>					
Transition Slew Rate	$C_L = 50pF$ to $2500pF$ , $R_L = 3k\Omega$ to $7k\Omega$ , $V_{CC} = +5V$ , $T_A = +25^\circ C$ , measured from $+3V$ to $-3V$ or $-3V$ to $+3V$	5	10	30	V/ $\mu s$
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation)	$t_{PHLT}$ , Figure 1		1.3	3.5	$\mu s$
	$t_{PLHT}$ , Figure 1		1.5	3.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation)	$t_{PHLR}$ , Figure 2		0.6	1.5	$\mu s$
	$t_{PLHR}$ , Figure 2		0.6	1.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (Low-Power Mode)	$t_{PHLS}$ , Figure 2		0.6	10	$\mu s$
	$t_{PLHS}$ , Figure 2		3.0	10	
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	$t_{PHLT} - t_{PLHT}$		350		ns
Receiver + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	$t_{PHLR} - t_{PLHR}$		350		ns
Receiver-Output Enable Time	$t_{ER}$ , Figure 3		100	500	ns
Receiver-Output Disable Time	$t_{DR}$ , Figure 3		100	500	ns
Transmitter Enable Time	$t_{ET}$	MAX246-MAX249 (excludes charge-pump startup)	5		$\mu s$
		MAX225/MAX245-MAX249 (includes charge-pump startup)	10		ms
Transmitter Disable Time	$t_{DT}$ , Figure 4		100		ns

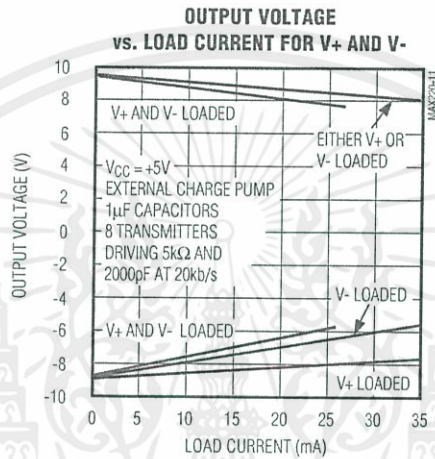
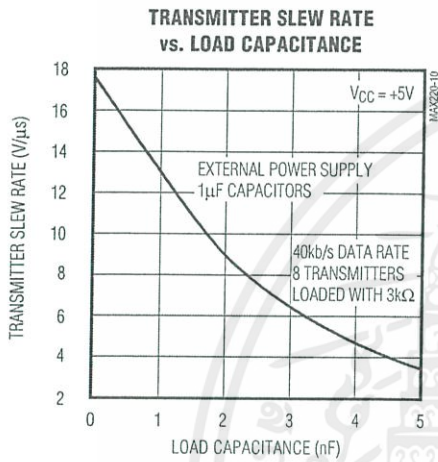
**Note 7:** All units production tested at hot. Specifications over temperature are guaranteed by design.

**Note 8:** The 300 $\Omega$  minimum specification complies with EIA/TIA-232E, but the actual resistance when in shutdown mode or  $V_{CC} = 0V$  is 10M $\Omega$  as is implied by the leakage specification.

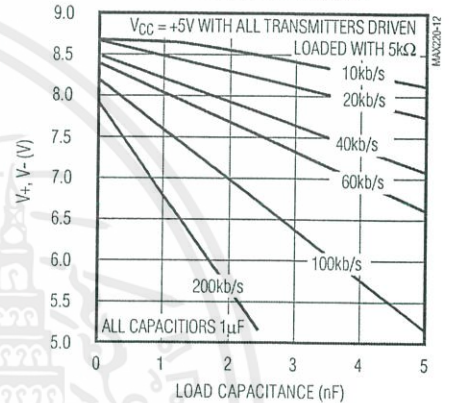
# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Typical Operating Characteristics

### MAX225/MAX244-MAX249



**TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V+, V-) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES**



# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Test Circuits/Timing Diagrams

MAX220-MAX249

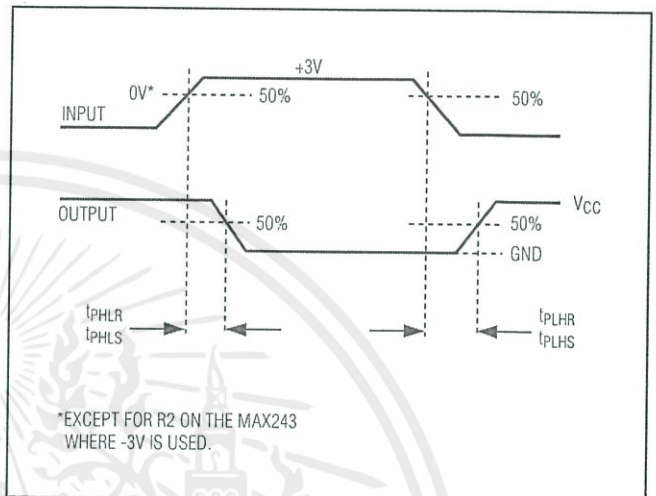
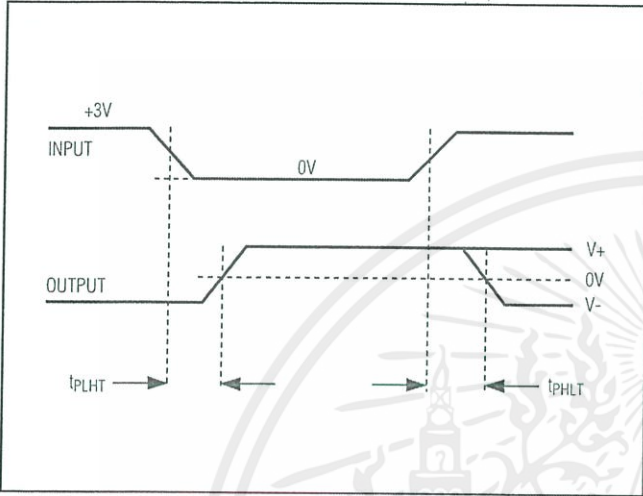


Figure 1. Transmitter Propagation-Delay Timing

Figure 2. Receiver Propagation-Delay Timing

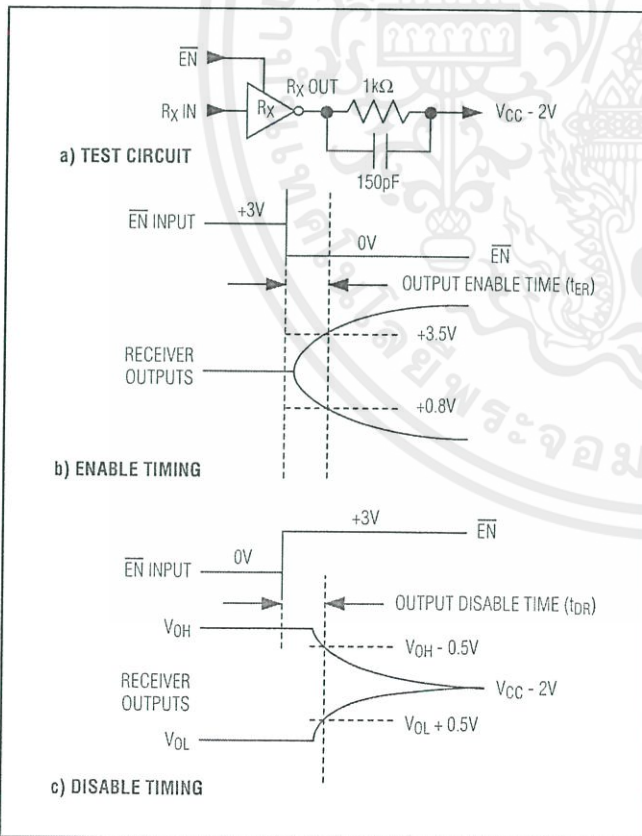


Figure 3. Receiver-Output Enable and Disable Timing

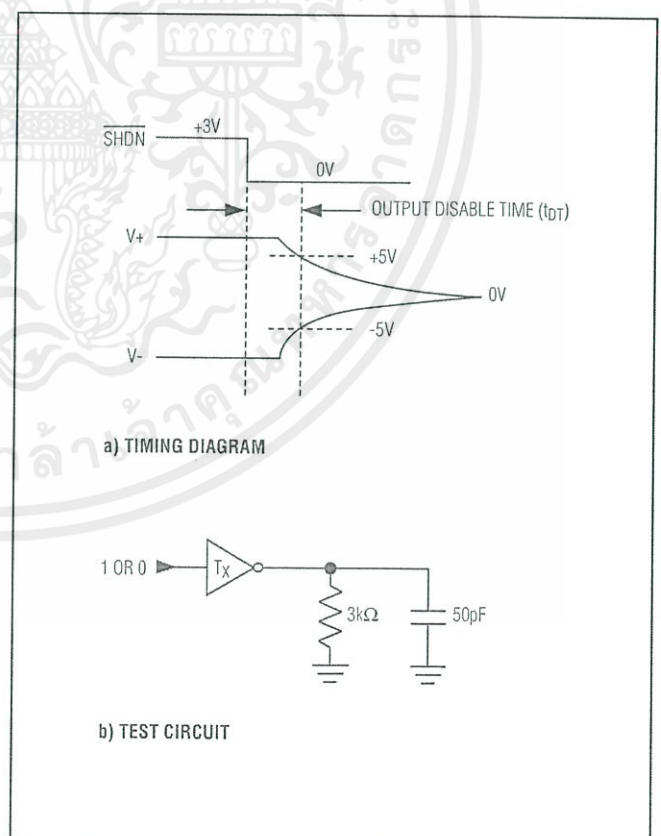


Figure 4. Transmitter-Output Disable Timing

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Control Pin Configuration Tables

Table 1a. MAX245 Control Pin Configurations

$\overline{\text{ENT}}$	$\overline{\text{ENR}}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS	RECEIVERS
0	0	Normal Operation	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All High-Z
1	0	Shutdown	All High-Z	All Low-Power Receive Mode
1	1	Shutdown	All High-Z	All High-Z

Table 1b. MAX245 Control Pin Configurations

$\overline{\text{ENT}}$	$\overline{\text{ENR}}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All Active	RA1-RA4 High-Z, RA5 Active	RB1-RB4 High-Z, RB5 Active
1	0	Shutdown	All High-Z	All High-Z	All Low-Power Receive Mode	All Low-Power Receive Mode
1	1	Shutdown	All High-Z	All High-Z	RA1-RA4 High-Z, RA5 Low-Power Receive Mode	RB1-RB4 High-Z, RB5 Low-Power Receive Mode

Table 1c. MAX246 Control Pin Configurations

$\overline{\text{ENA}}$	$\overline{\text{ENB}}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All High-Z	All Active	RB1-RB4 High-Z, RB5 Active
1	0	Shutdown	All High-Z	All Active	RA1-RA4 High-Z, RA5 Active	All Active
1	1	Shutdown	All High-Z	All High-Z	RA1-RA4 High-Z, RA5 Low-Power Receive Mode	RB1-RB4 High-Z, RA5 Low-Power Receive Mode

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**Table 1d. MAX247/MAX248/MAX249 Control Pin Configurations**

ENTB	ENTB	ENRA	ENRB	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS		
					MAX247	TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA4	RB1-RB5
					MAX248	TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA4	RB1-RB4
					MAX249	TA1-TA3	TB1-TB3	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	0	0	Normal Operation		All Active	All Active	All Active	All Active
0	0	0	1	Normal Operation		All Active	All Active	All Active	All High-Z, except RB5 stays active on MAX247
0	0	1	0	Normal Operation		All Active	All Active	All High-Z	All Active
0	0	1	1	Normal Operation		All Active	All Active	All High-Z	All High-Z, except RB5 stays active on MAX247
0	1	0	0	Normal Operation		All Active	All High-Z	All Active	All Active
0	1	0	1	Normal Operation		All Active	All High-Z	All Active	All High-Z, except RB5 stays active on MAX247
0	1	1	0	Normal Operation		All Active	All High-Z	All High-Z	All Active
0	1	1	1	Normal Operation		All Active	All High-Z	All High-Z	All High-Z, except RB5 stays active on MAX247
1	0	0	0	Normal Operation		All High-Z	All Active	All Active	All Active
1	0	0	1	Normal Operation		All High-Z	All Active	All Active	All High-Z, except RB5 stays active on MAX247
1	0	1	0	Normal Operation		All High-Z	All Active	All High-Z	All Active
1	0	1	1	Normal Operation		All High-Z	All Active	All High-Z	All High-Z, except RB5 stays active on MAX247
1	1	0	0	Shutdown		All High-Z	All High-Z	Low-Power Receive Mode	Low-Power Receive Mode
1	1	0	1	Shutdown		All High-Z	All High-Z	Low-Power Receive Mode	All High-Z, except RB5 stays active on MAX247
1	1	1	0	Shutdown		All High-Z	All High-Z	All High-Z	Low-Power Receive Mode
1	1	1	1	Shutdown		All High-Z	All High-Z	All High-Z	All High-Z, except RB5 stays active on MAX247

MAX220-MAX249

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Detailed Description

The MAX220–MAX249 contain four sections: dual charge-pump DC-DC voltage converters, RS-232 drivers, RS-232 receivers, and receiver and transmitter enable control inputs.

### Dual Charge-Pump Voltage Converter

The MAX220–MAX249 have two internal charge-pumps that convert +5V to  $\pm 10V$  (unloaded) for RS-232 driver operation. The first converter uses capacitor C1 to double the +5V input to +10V on C3 at the V+ output. The second converter uses capacitor C2 to invert +10V to -10V on C4 at the V- output.

A small amount of power may be drawn from the +10V (V+) and -10V (V-) outputs to power external circuitry (see the *Typical Operating Characteristics* section), except on the MAX225 and MAX245–MAX247, where these pins are not available. V+ and V- are not regulated, so the output voltage drops with increasing load current. Do not load V+ and V- to a point that violates the minimum  $\pm 5V$  EIA/TIA-232E driver output voltage when sourcing current from V+ and V- to external circuitry.

When using the shutdown feature in the MAX222, MAX225, MAX230, MAX235, MAX236, MAX240, MAX241, and MAX245–MAX249, avoid using V+ and V- to power external circuitry. When these parts are shut down, V- falls to 0V, and V+ falls to +5V. For applications where a +10V external supply is applied to the V+ pin (instead of using the internal charge pump to generate +10V), the C1 capacitor must not be installed and the SHDN pin must be connected to VCC. This is because V+ is internally connected to VCC in shutdown mode.

### RS-232 Drivers

The typical driver output voltage swing is  $\pm 8V$  when loaded with a nominal  $5k\Omega$  RS-232 receiver and  $V_{CC} = +5V$ . Output swing is guaranteed to meet the EIA/TIA-232E and V.28 specification, which calls for  $\pm 5V$  minimum driver output levels under worst-case conditions. These include a minimum  $3k\Omega$  load,  $V_{CC} = +4.5V$ , and maximum operating temperature. Unloaded driver output voltage ranges from (V+ -1.3V) to (V- +0.5V).

Input thresholds are both TTL and CMOS compatible. The inputs of unused drivers can be left unconnected since  $400k\Omega$  input pullup resistors to VCC are built in (except for the MAX220). The pullup resistors force the outputs of unused drivers low because all drivers invert. The internal input pullup resistors typically source  $12\mu A$ , except in shutdown mode where the pullups are disabled. Driver outputs turn off and enter a high-impedance state—where leakage current is typically microamperes (maximum  $25\mu A$ )—when in shutdown

mode, in three-state mode, or when device power is removed. Outputs can be driven to  $\pm 15V$ . The power-supply current typically drops to  $8\mu A$  in shutdown mode. The MAX220 does not have pullup resistors to force the outputs of the unused drivers low. Connect unused inputs to GND or VCC.

The MAX239 has a receiver three-state control line, and the MAX223, MAX225, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241 have both a receiver three-state control line and a low-power shutdown control. Table 2 shows the effects of the shutdown control and receiver three-state control on the receiver outputs.

The receiver TTL/CMOS outputs are in a high-impedance, three-state mode whenever the three-state enable line is high (for the MAX225/MAX235/MAX236/MAX239–MAX241), and are also high-impedance whenever the shutdown control line is high.

When in low-power shutdown mode, the driver outputs are turned off and their leakage current is less than  $1\mu A$  with the driver output pulled to ground. The driver output leakage remains less than  $1\mu A$ , even if the transmitter output is backdriven between 0V and ( $V_{CC} + 6V$ ). Below -0.5V, the transmitter is diode clamped to ground with  $1k\Omega$  series impedance. The transmitter is also zener clamped to approximately  $V_{CC} + 6V$ , with a series impedance of  $1k\Omega$ .

The driver output slew rate is limited to less than  $30V/\mu s$  as required by the EIA/TIA-232E and V.28 specifications. Typical slew rates are  $24V/\mu s$  unloaded and  $10V/\mu s$  loaded with  $3\Omega$  and  $2500pF$ .

### RS-232 Receivers

EIA/TIA-232E and V.28 specifications define a voltage level greater than 3V as a logic 0, so all receivers invert. Input thresholds are set at 0.8V and 2.4V, so receivers respond to TTL level inputs as well as EIA/TIA-232E and V.28 levels.

The receiver inputs withstand an input overvoltage up to  $\pm 25V$  and provide input terminating resistors with

Table 2. Three-State Control of Receivers

PART	SHDN	SHDN	EN	EN(R)	RECEIVERS
MAX223	—	Low High High	X Low High	—	High Impedance Active High Impedance
MAX225	—	—	—	Low High	High Impedance Active
MAX235 MAX236 MAX240	Low Low High	—	—	Low High X	High Impedance Active High Impedance

## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

nominal 5k $\Omega$  values. The receivers implement Type 1 interpretation of the fault conditions of V.28 and EIA/TIA-232E.

The receiver input hysteresis is typically 0.5V with a guaranteed minimum of 0.2V. This produces clear output transitions with slow-moving input signals, even with moderate amounts of noise and ringing. The receiver propagation delay is typically 600ns and is independent of input swing direction.

### Low-Power Receive Mode

The low-power receive mode feature of the MAX223, MAX242, and MAX245-MAX249 puts the IC into shutdown mode but still allows it to receive information. This is important for applications where systems are periodically awakened to look for activity. Using low-power receive mode, the system can still receive a signal that will activate it on command and prepare it for communication at faster data rates. This operation conserves system power.

### Negative Threshold—MAX243

The MAX243 is pin compatible with the MAX232A, differing only in that RS-232 cable fault protection is removed on one of the two receiver inputs. This means that control lines such as CTS and RTS can either be driven or left unconnected without interrupting communication. Different cables are not needed to interface with different pieces of equipment.

The input threshold of the receiver without cable fault protection is -0.8V rather than +1.4V. Its output goes positive only if the input is connected to a control line that is actively driven negative. If not driven, it defaults to the 0 or "OK to send" state. Normally, the MAX243's other receiver (+1.4V threshold) is used for the data line (TD or RD), while the negative threshold receiver is connected to the control line (DTR, DTS, CTS, RTS, etc.).

Other members of the RS-232 family implement the optional cable fault protection as specified by EIA/TIA-232E specifications. This means a receiver output goes high whenever its input is driven negative, left unconnected, or shorted to ground. The high output tells the serial communications IC to stop sending data. To avoid this, the control lines must either be driven or connected with jumpers to an appropriate positive voltage level.

### Shutdown—MAX222-MAX242

On the MAX222, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241, all receivers are disabled during shutdown. On the MAX223 and MAX242, two receivers continue to operate in a reduced power mode when the chip is in shutdown. Under these conditions, the propagation delay increases to about 2.5 $\mu$ s for a high-to-low input transition. When in shutdown, the receiver acts as a CMOS inverter with no hysteresis. The MAX223 and MAX242 also have a receiver output enable input ( $\overline{EN}$  for the MAX242 and EN for the MAX223) that allows receiver output control independent of  $\overline{SHDN}$  ( $\overline{SHDN}$  for MAX241). With all other devices,  $\overline{SHDN}$  ( $\overline{SHDN}$  for MAX241) also disables the receiver outputs.

The MAX225 provides five transmitters and five receivers, while the MAX245 provides ten receivers and eight transmitters. Both devices have separate receiver and transmitter-enable controls. The charge pumps turn off and the devices shut down when a logic high is applied to the ENT input. In this state, the supply current drops to less than 25 $\mu$ A and the receivers continue to operate in a low-power receive mode. Driver outputs enter a high-impedance state (three-state mode). On the MAX225, all five receivers are controlled by the ENR input. On the MAX245, eight of the receiver outputs are controlled by the ENR input, while the remaining two receivers (RA5 and RB5) are always active. RA1-RA4 and RB1-RB4 are put in a three-state mode when ENR is a logic high.

### Receiver and Transmitter Enable Control Inputs

The MAX225 and MAX245-MAX249 feature transmitter and receiver enable controls.

The receivers have three modes of operation: full-speed receive (normal active), three-state (disabled), and low-power receive (enabled receivers continue to function at lower data rates). The receiver enable inputs control the full-speed receive and three-state modes. The transmitters have two modes of operation: full-speed transmit (normal active) and three-state (disabled). The transmitter enable inputs also control the shutdown mode. The device enters shutdown mode when all transmitters are disabled. Enabled receivers function in the low-power receive mode when in shutdown.

## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Tables 1a–1d define the control states. The MAX244 has no control pins and is not included in these tables.

The MAX246 has ten receivers and eight drivers with two control pins, each controlling one side of the device. A logic high at the A-side control input ( $\overline{\text{ENA}}$ ) causes the four A-side receivers and drivers to go into a three-state mode. Similarly, the B-side control input ( $\overline{\text{ENB}}$ ) causes the four B-side drivers and receivers to go into a three-state mode. As in the MAX245, one A-side and one B-side receiver (RA5 and RB5) remain active at all times. The entire device is put into shutdown mode when both the A and B sides are disabled ( $\overline{\text{ENA}} = \overline{\text{ENB}} = +5\text{V}$ ).

The MAX247 provides nine receivers and eight drivers with four control pins. The  $\overline{\text{ENRA}}$  and  $\overline{\text{ENRB}}$  receiver enable inputs each control four receiver outputs. The  $\overline{\text{ENTA}}$  and  $\overline{\text{ENTB}}$  transmitter enable inputs control four drivers. The ninth receiver (RB5) is always active. The device enters shutdown mode with a logic high on both  $\overline{\text{ENTA}}$  and  $\overline{\text{ENTB}}$ .

The MAX248 provides eight receivers and eight drivers with four control pins. The  $\overline{\text{ENRA}}$  and  $\overline{\text{ENRB}}$  receiver enable inputs each control four receiver outputs. The  $\overline{\text{ENTA}}$  and  $\overline{\text{ENTB}}$  transmitter enable inputs control four drivers each. This part does not have an always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both  $\overline{\text{ENTA}}$  and  $\overline{\text{ENTB}}$ .

The MAX249 provides ten receivers and six drivers with four control pins. The  $\overline{\text{ENRA}}$  and  $\overline{\text{ENRB}}$  receiver enable inputs each control five receiver outputs. The  $\overline{\text{ENTA}}$  and  $\overline{\text{ENTB}}$  transmitter enable inputs control three drivers each. There is no always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both  $\overline{\text{ENTA}}$  and  $\overline{\text{ENTB}}$ . In shutdown mode, active receivers operate in a low-power receive mode at data rates up to 20kb/s.

### Applications Information

Figures 5 through 25 show pin configurations and typical operating circuits. In applications that are sensitive to power-supply noise,  $V_{\text{CC}}$  should be decoupled to ground with a capacitor of the same value as C1 and C2 connected as close as possible to the device.

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

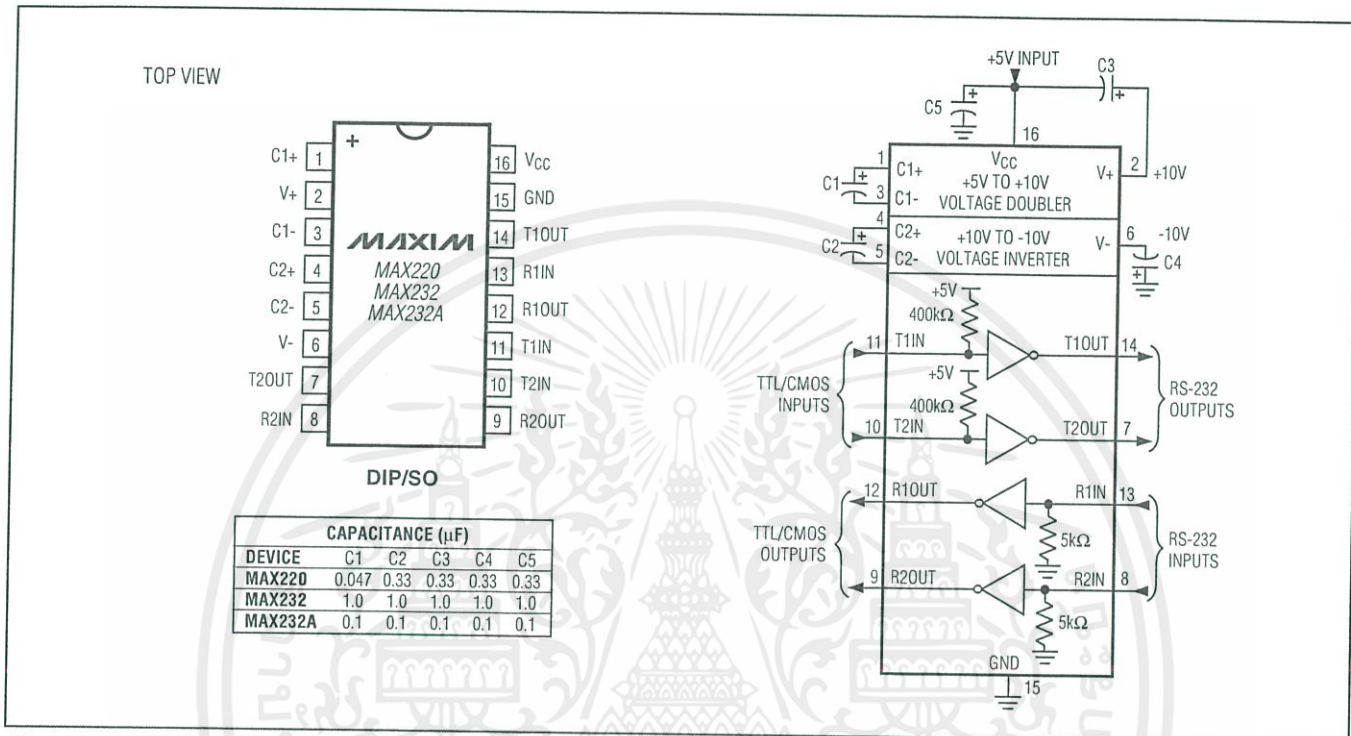


Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

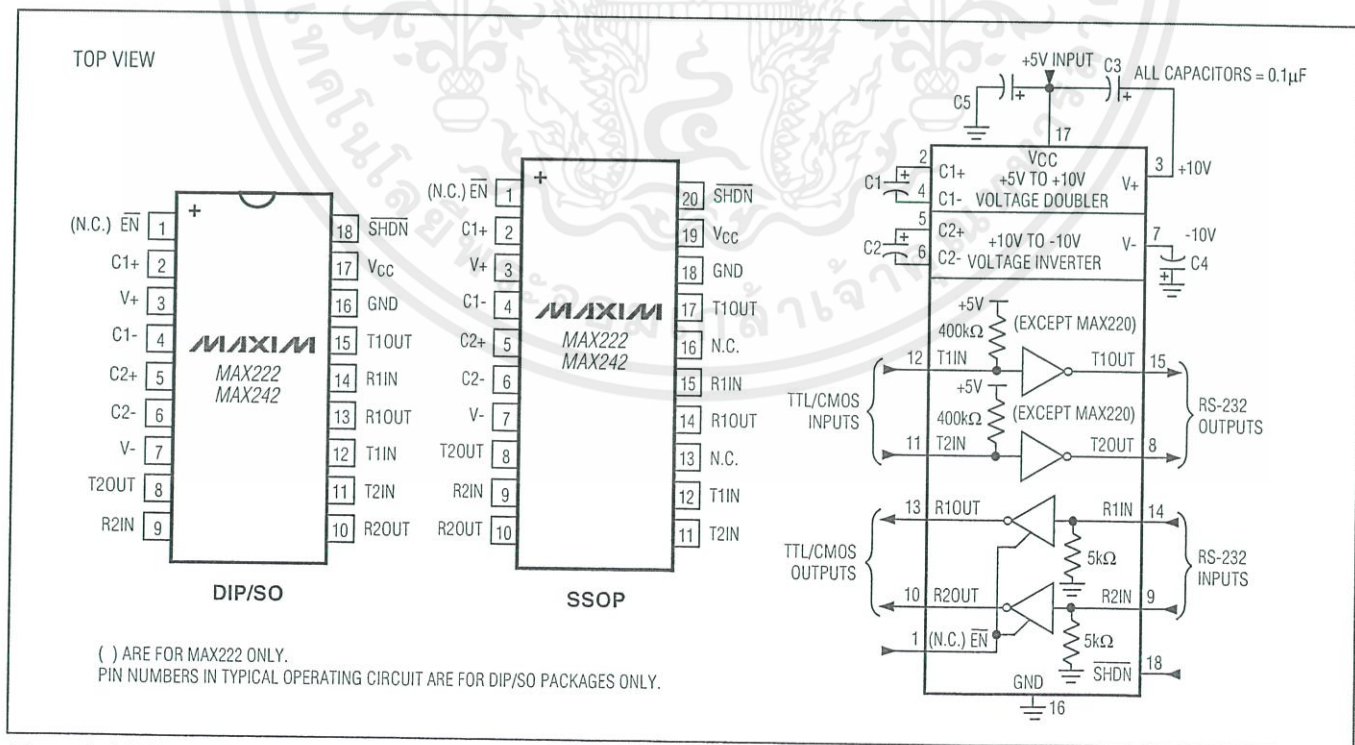


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

TOP VIEW

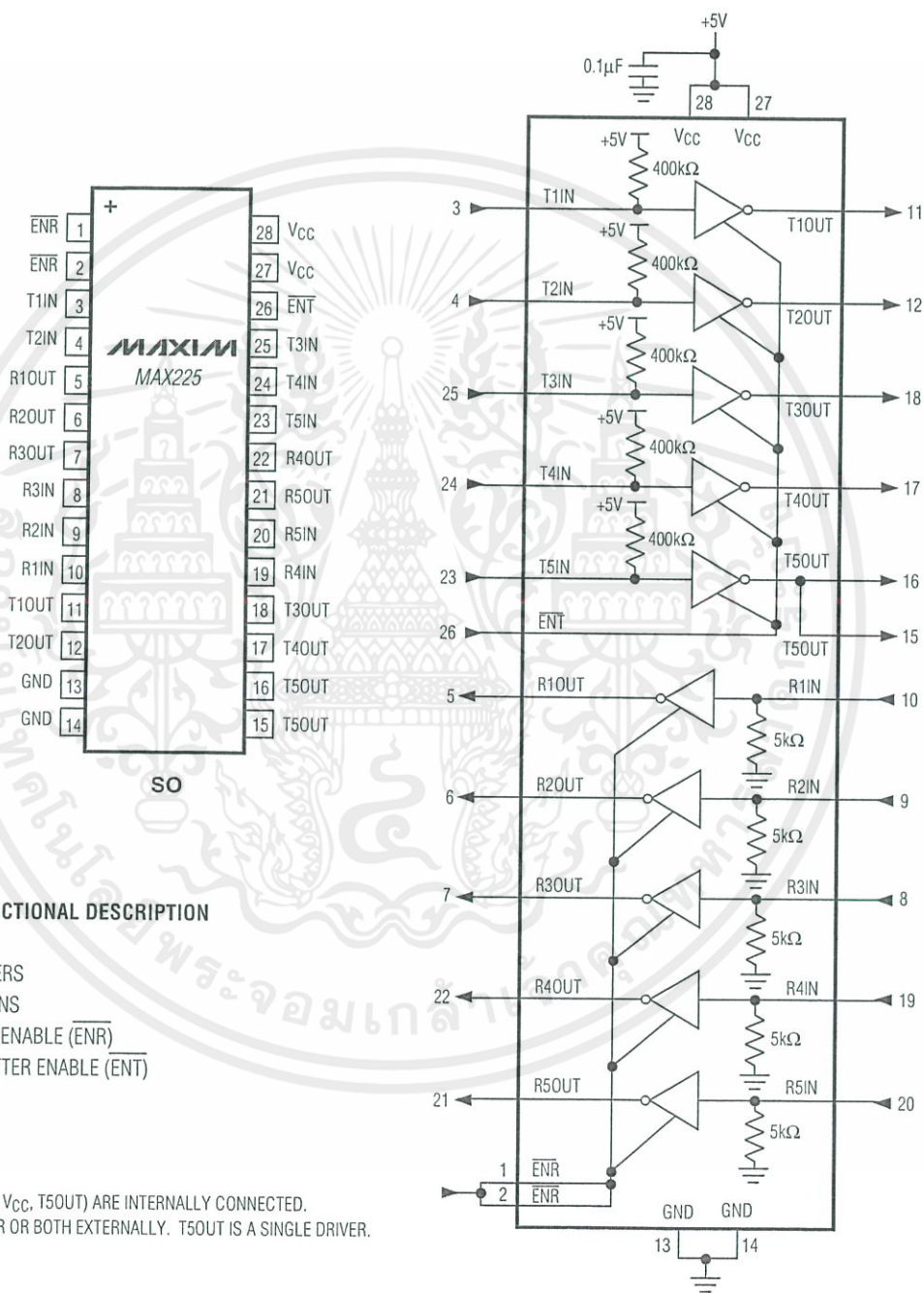


Figure 7. MAX225 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

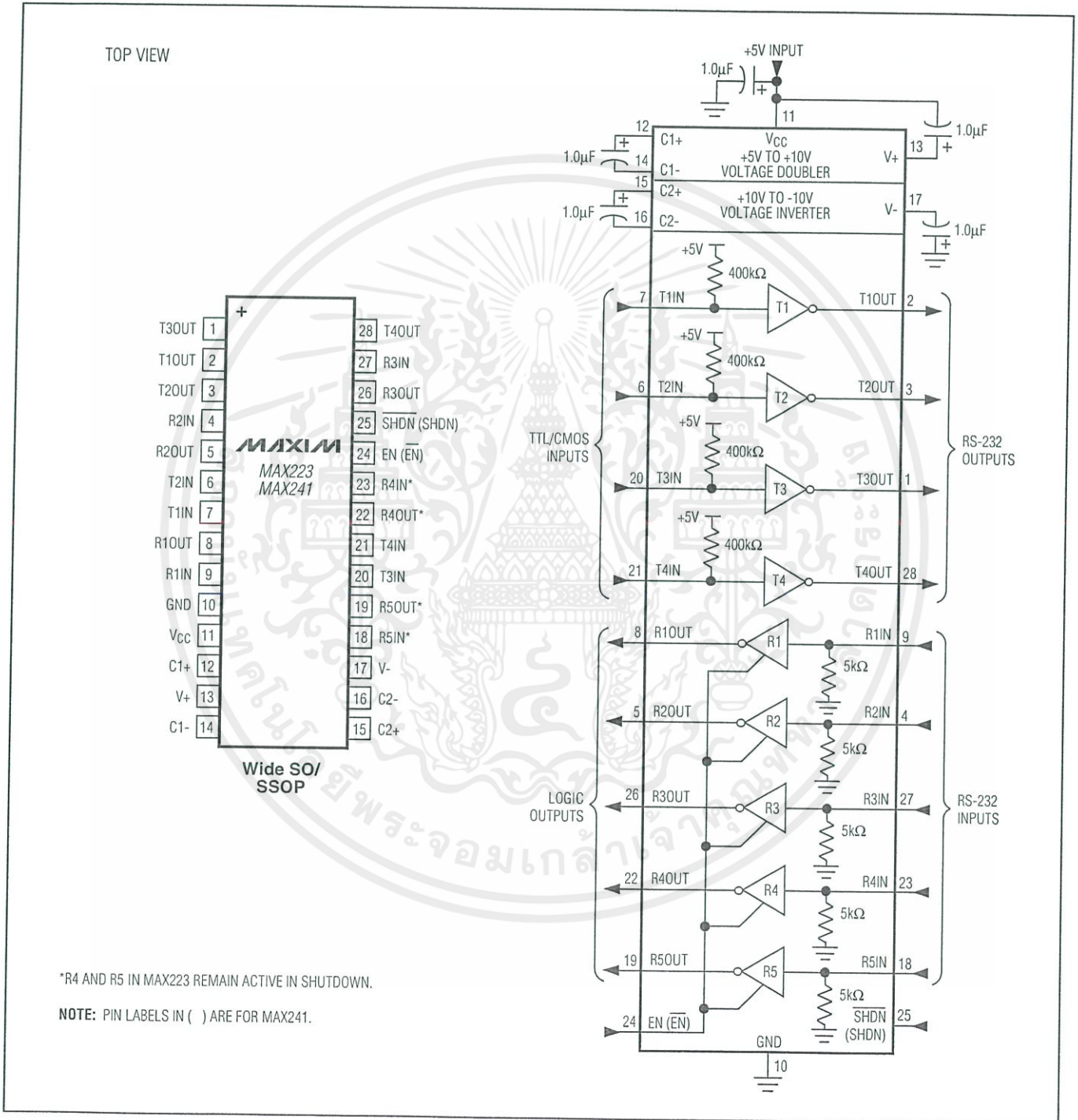


Figure 8. MAX223/MAX241 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

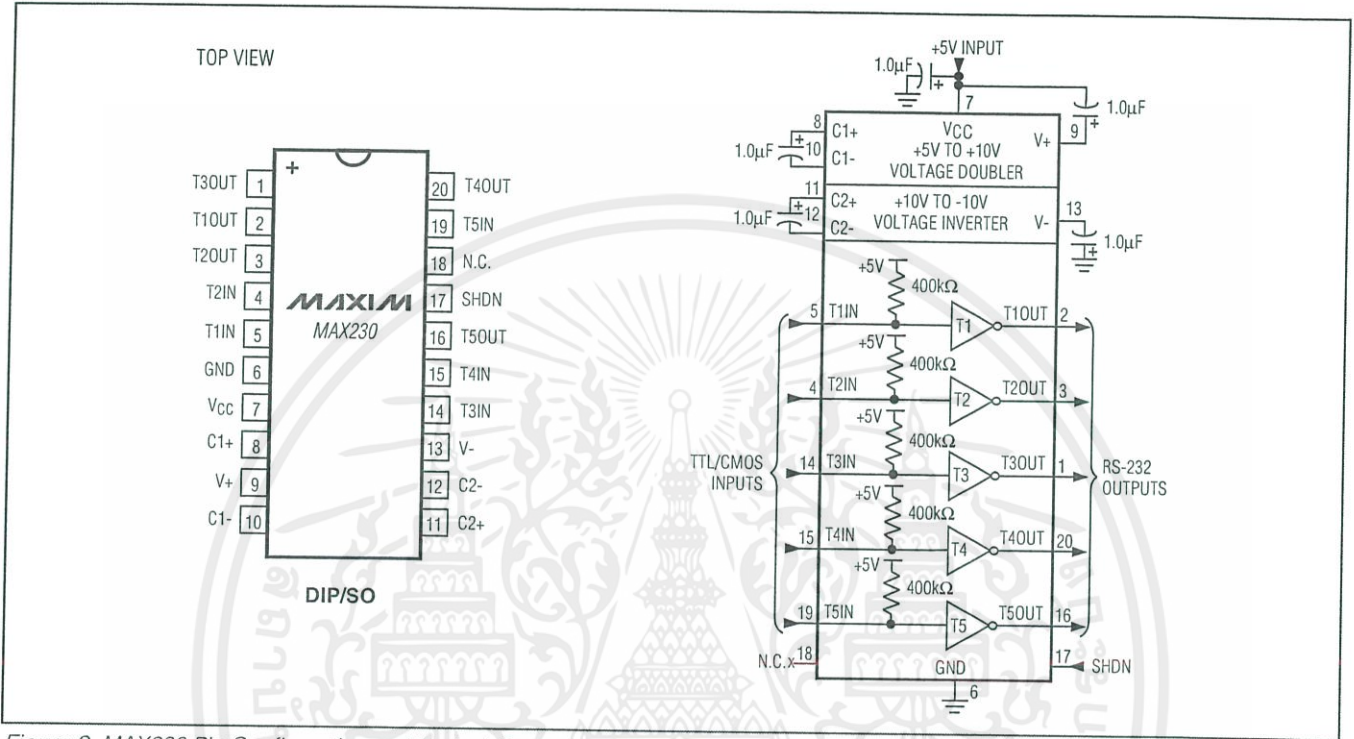


Figure 9. MAX230 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

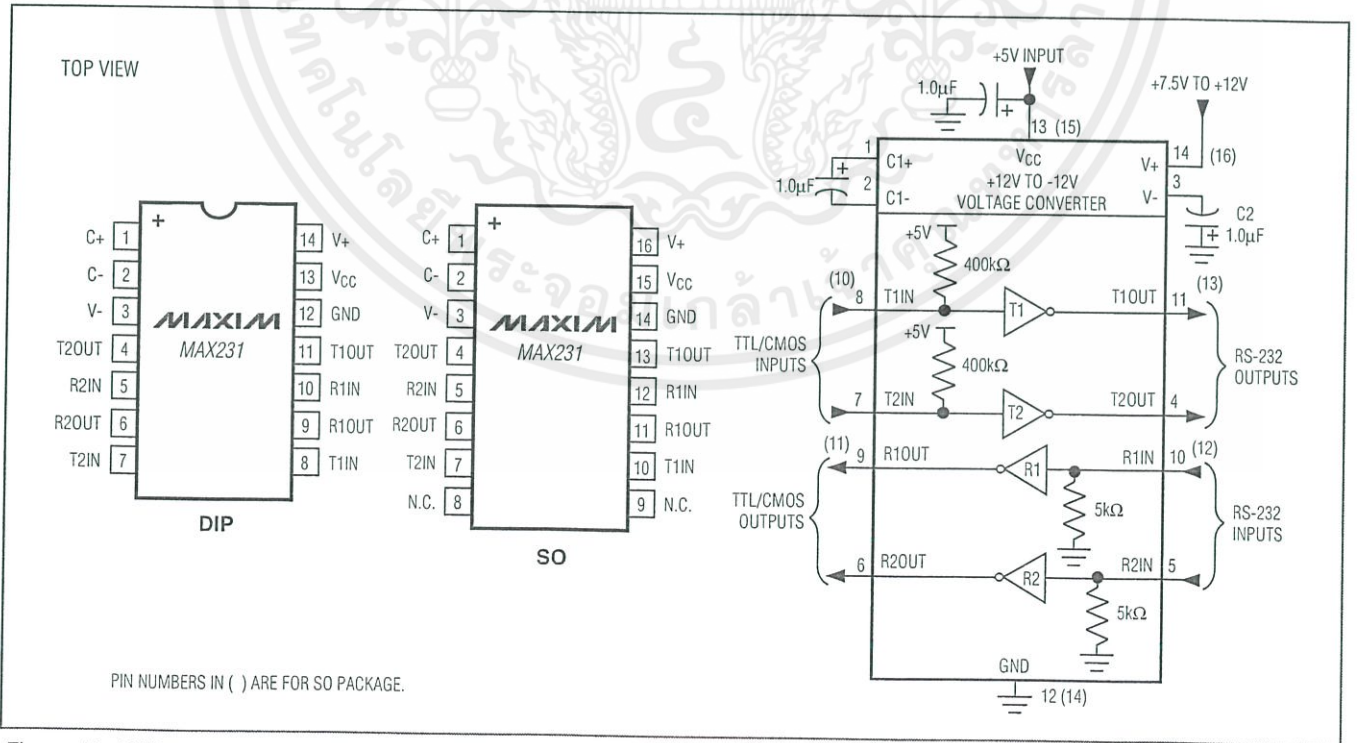
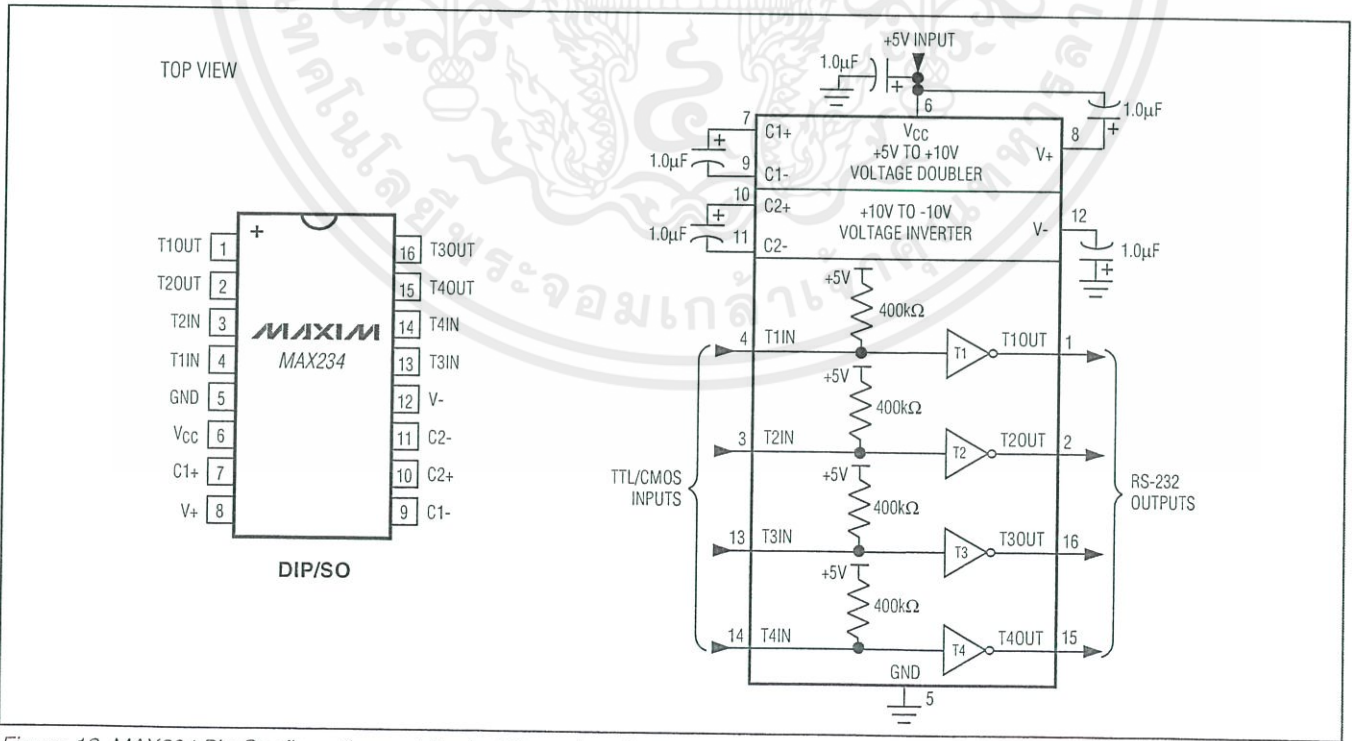
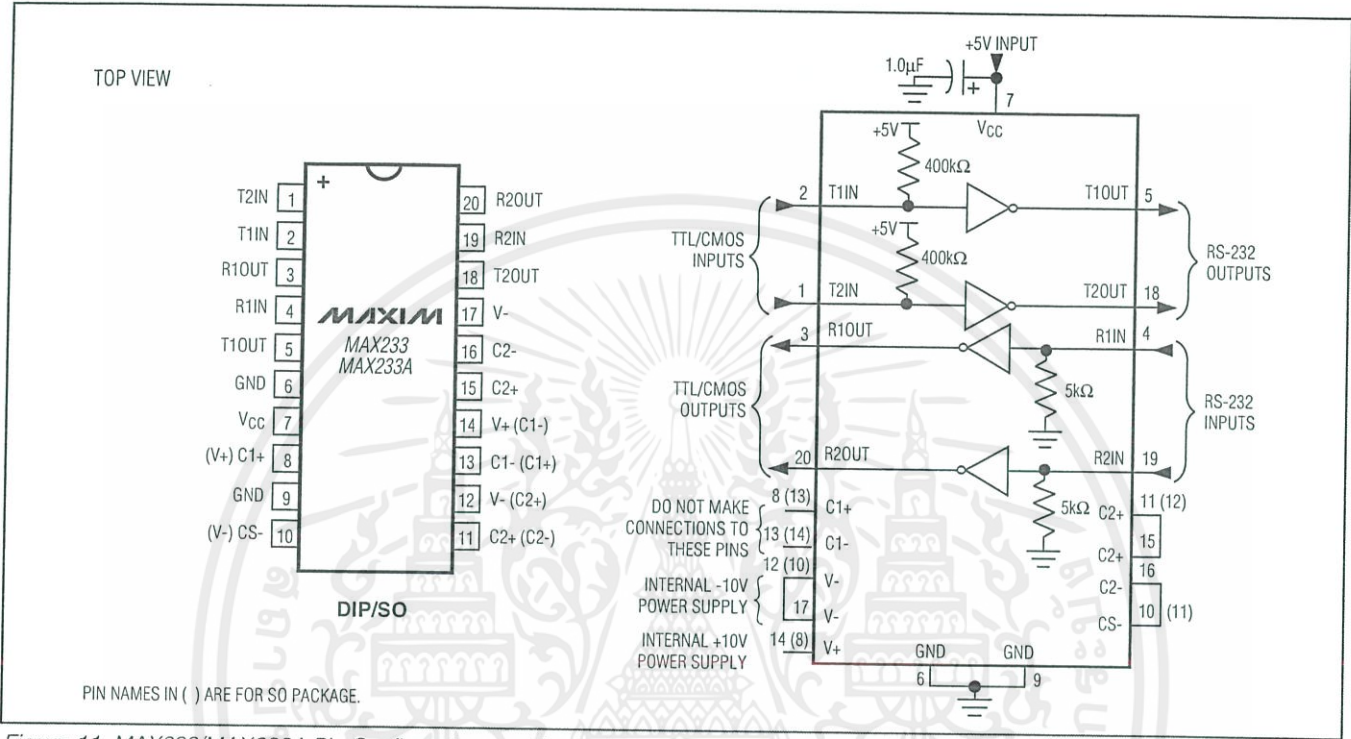


Figure 10. MAX231 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249



# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

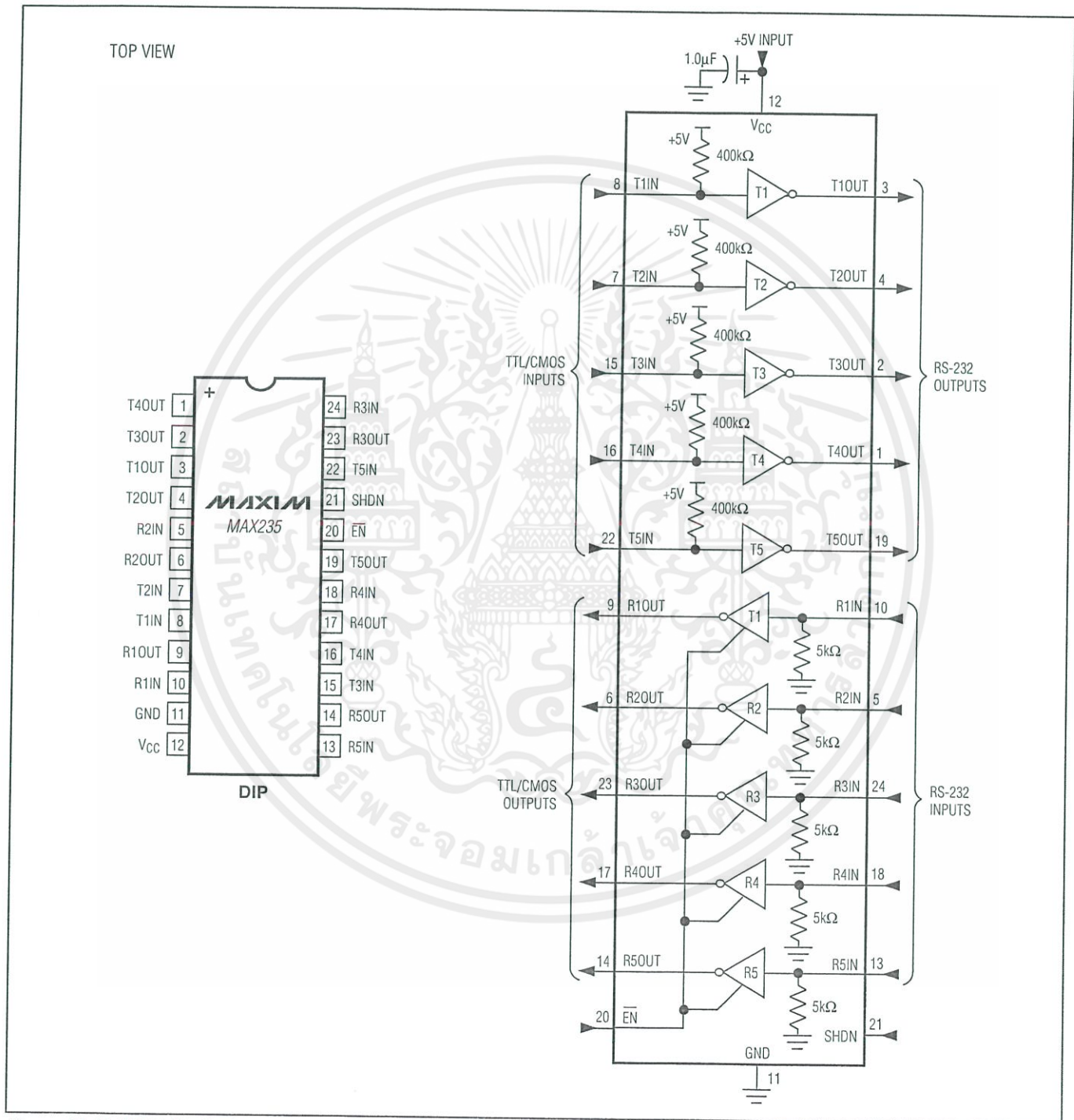


Figure 13. MAX235 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

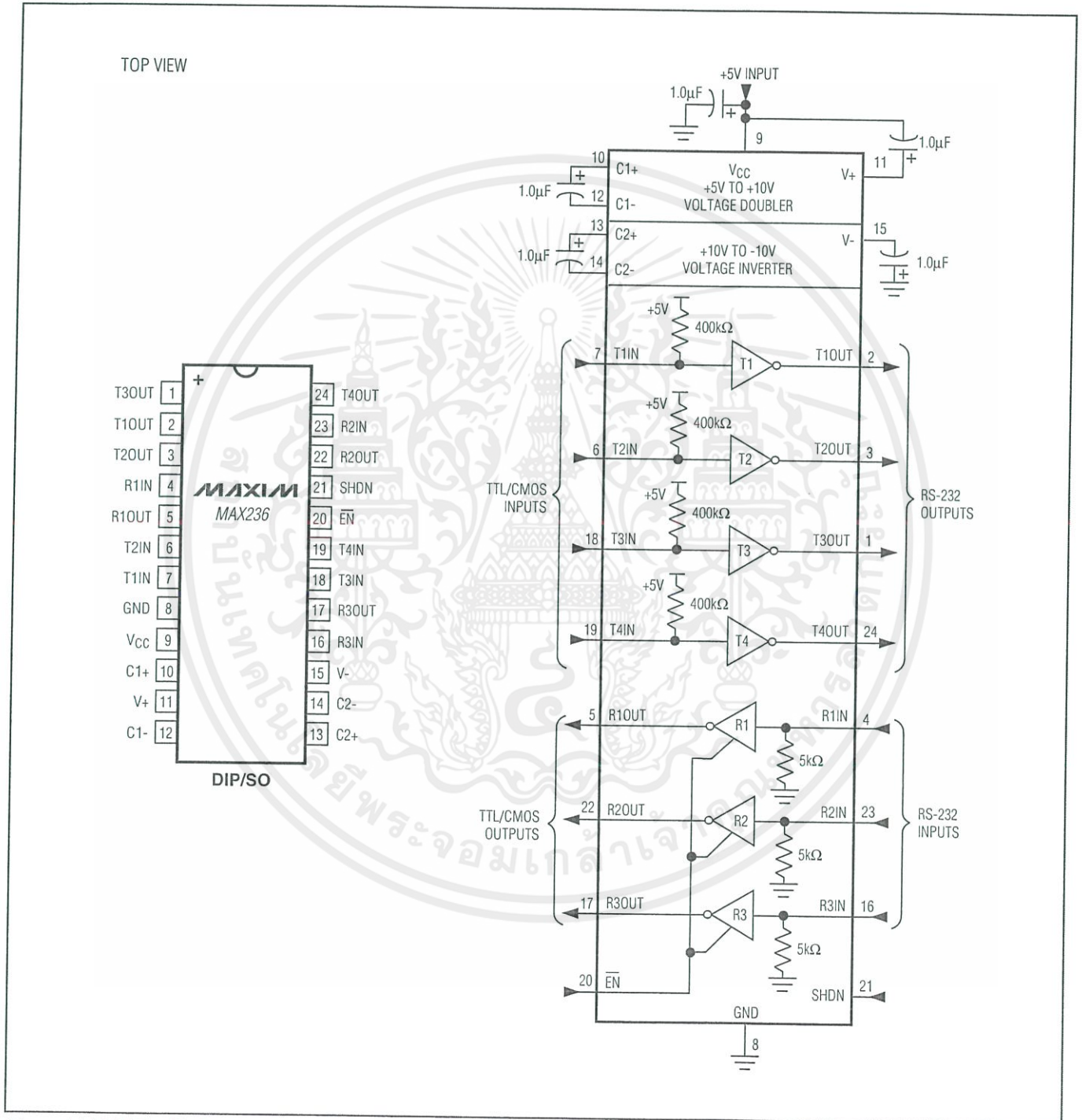


Figure 14. MAX236 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

TOP VIEW

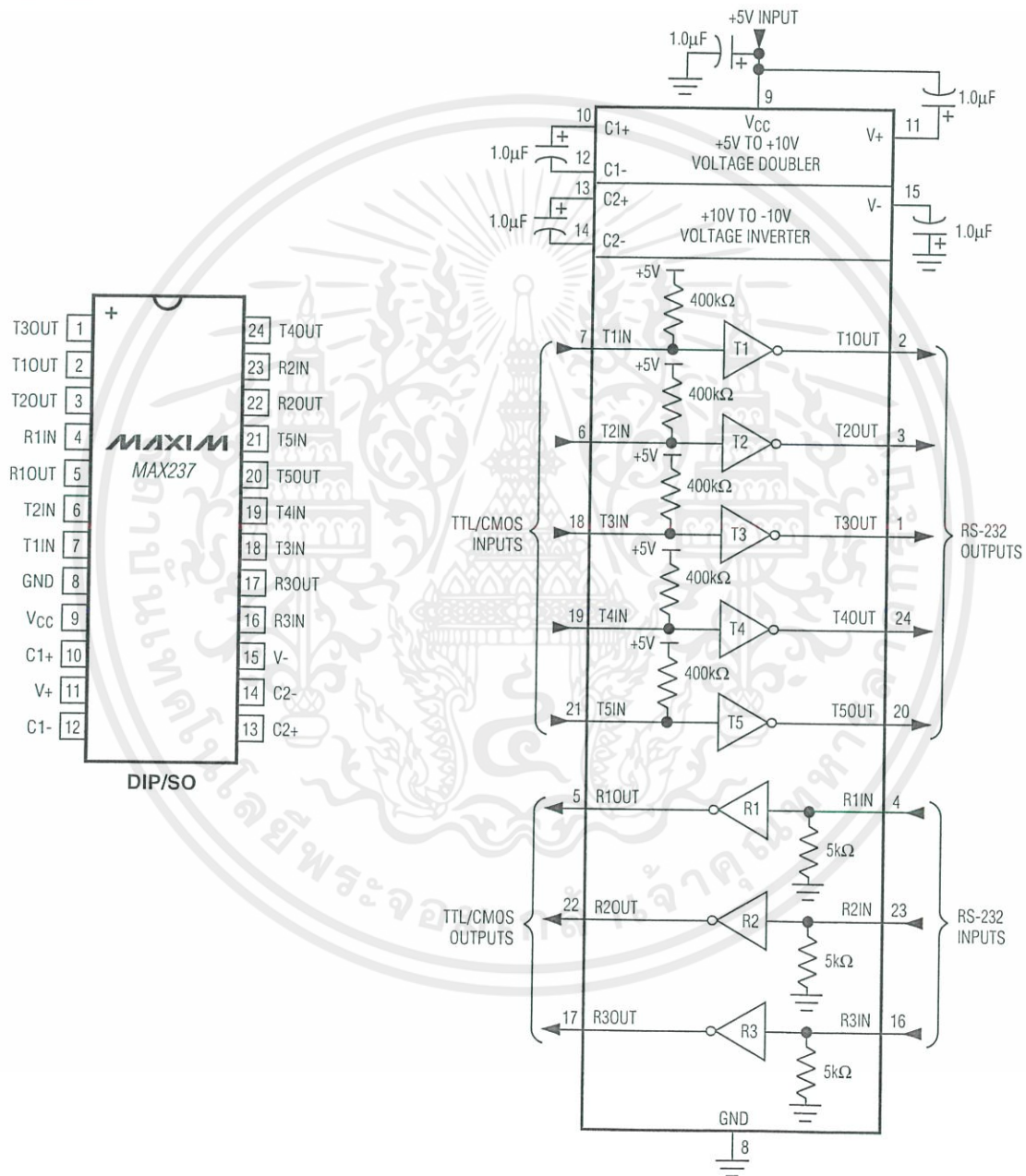


Figure 15. MAX237 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

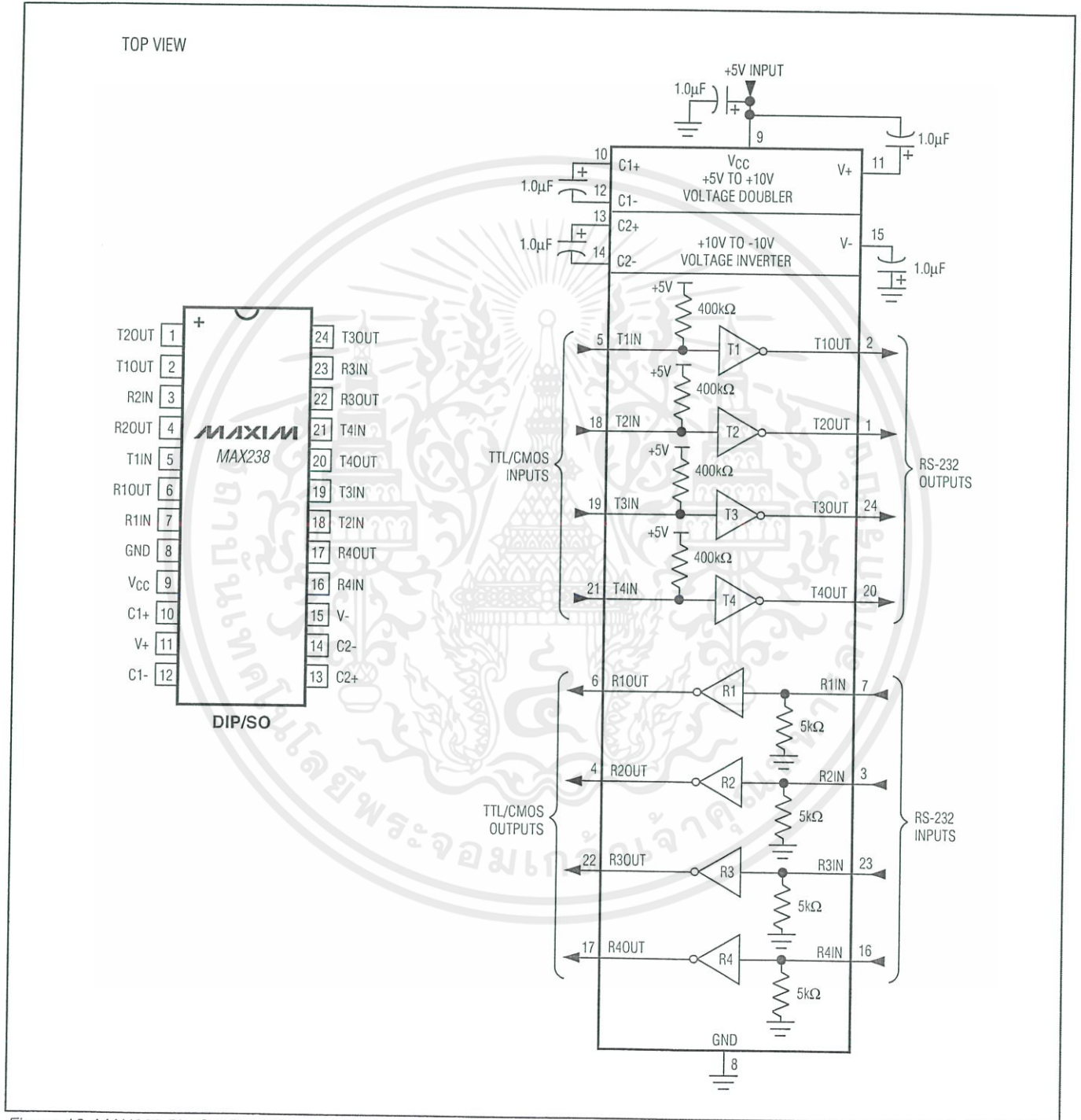


Figure 16. MAX238 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

TOP VIEW

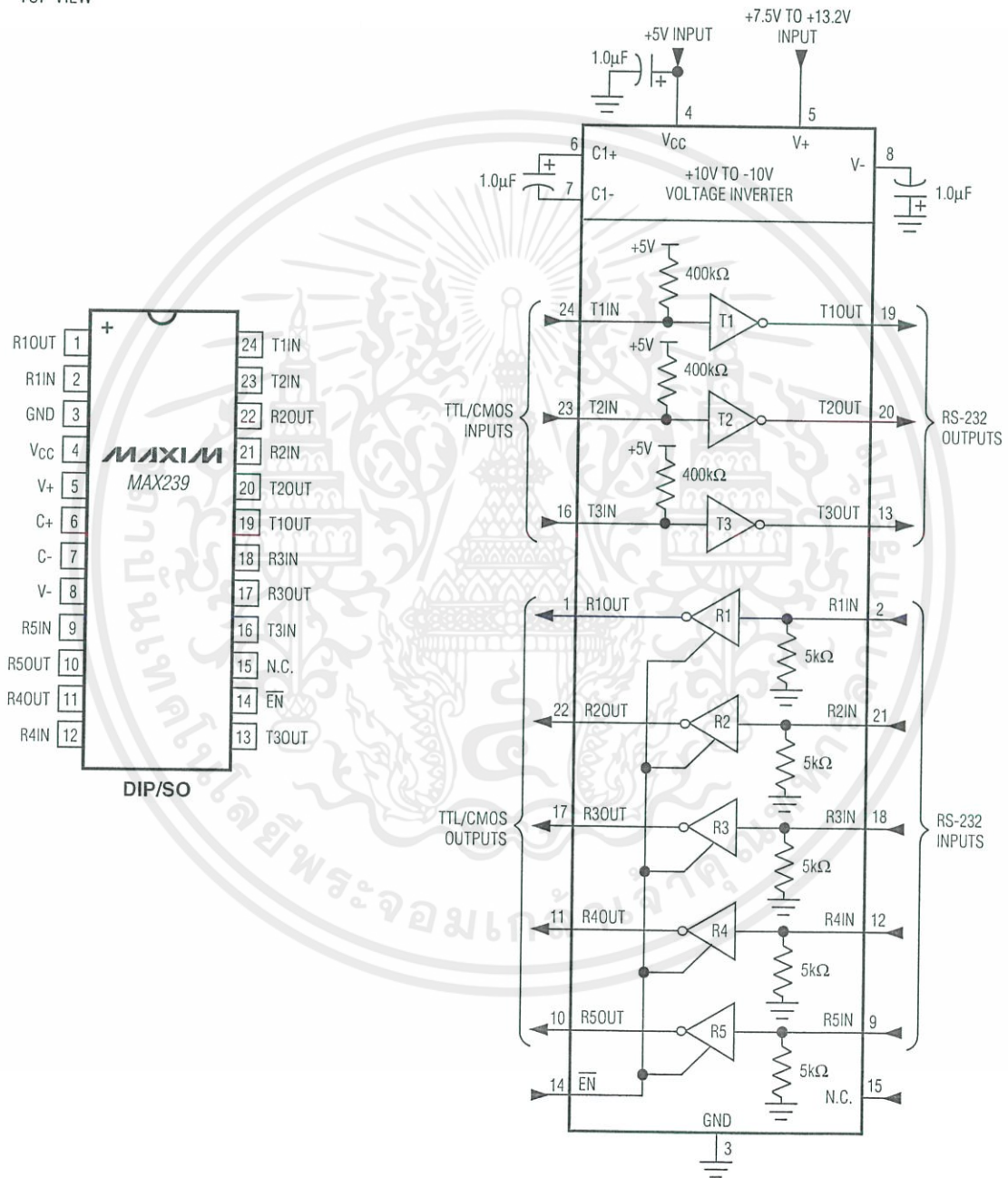


Figure 17. MAX239 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

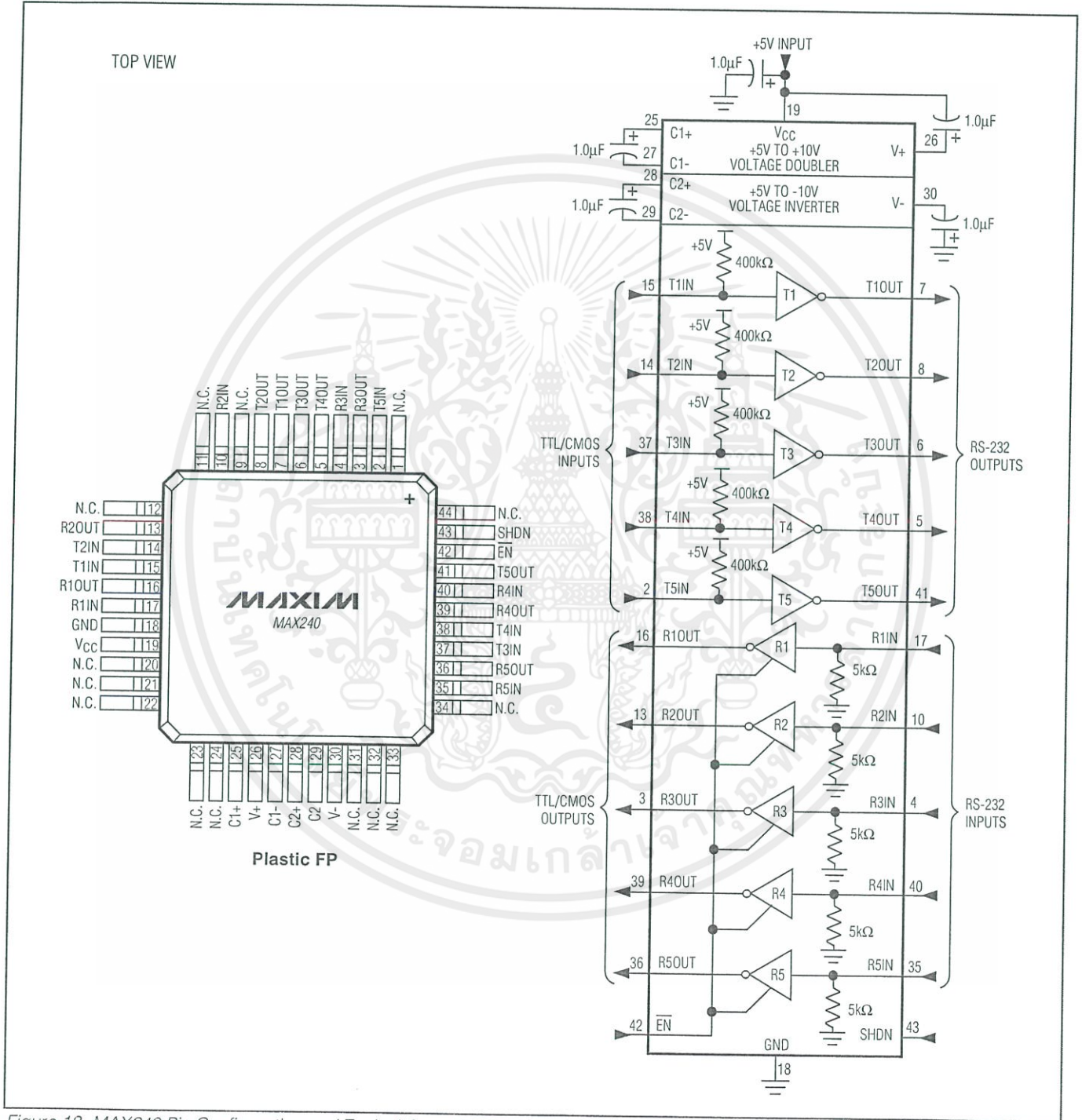


Figure 18. MAX240 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

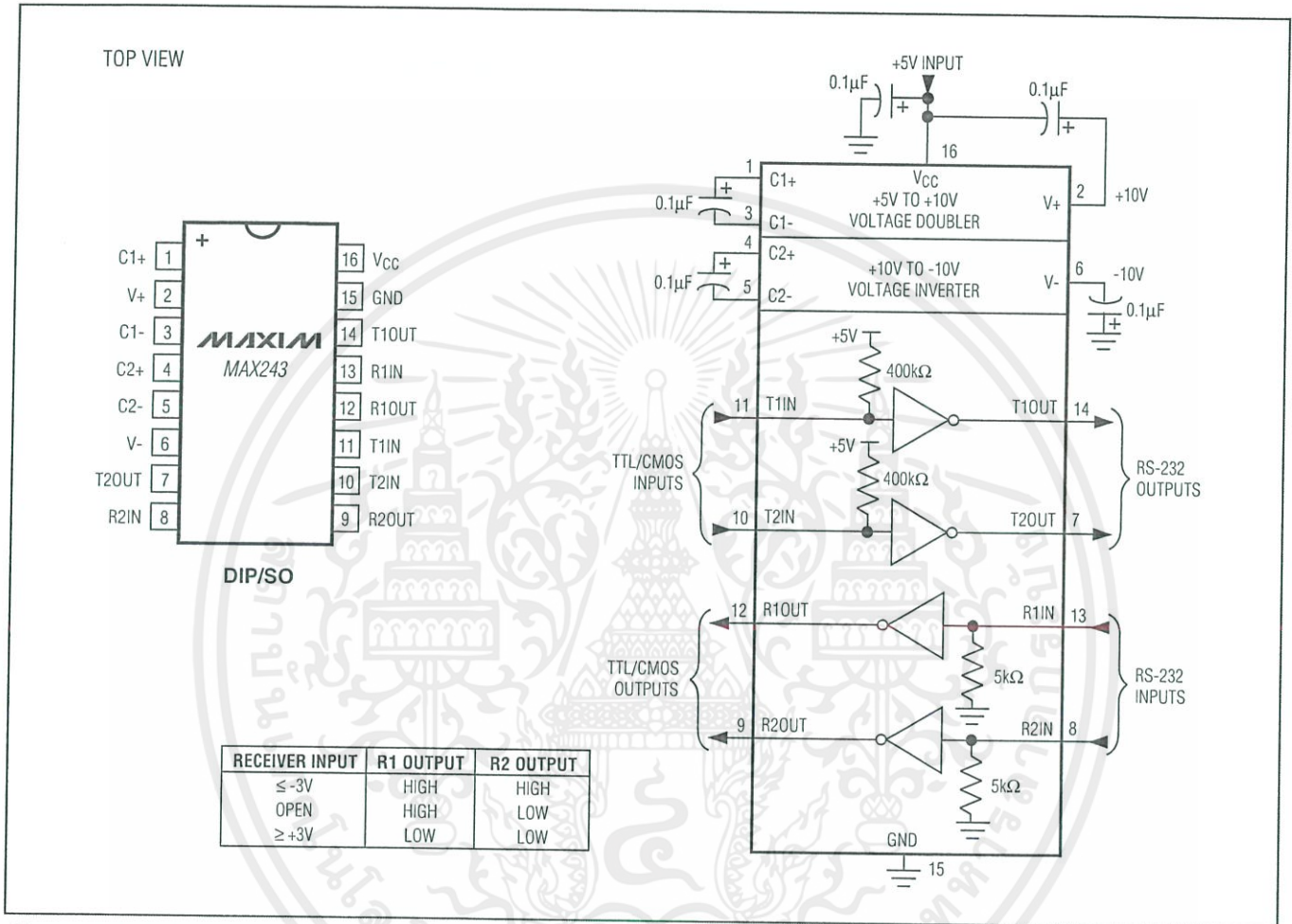


Figure 19. MAX243 Pin Configuration and Typical Operating Circuit



# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

TOP VIEW

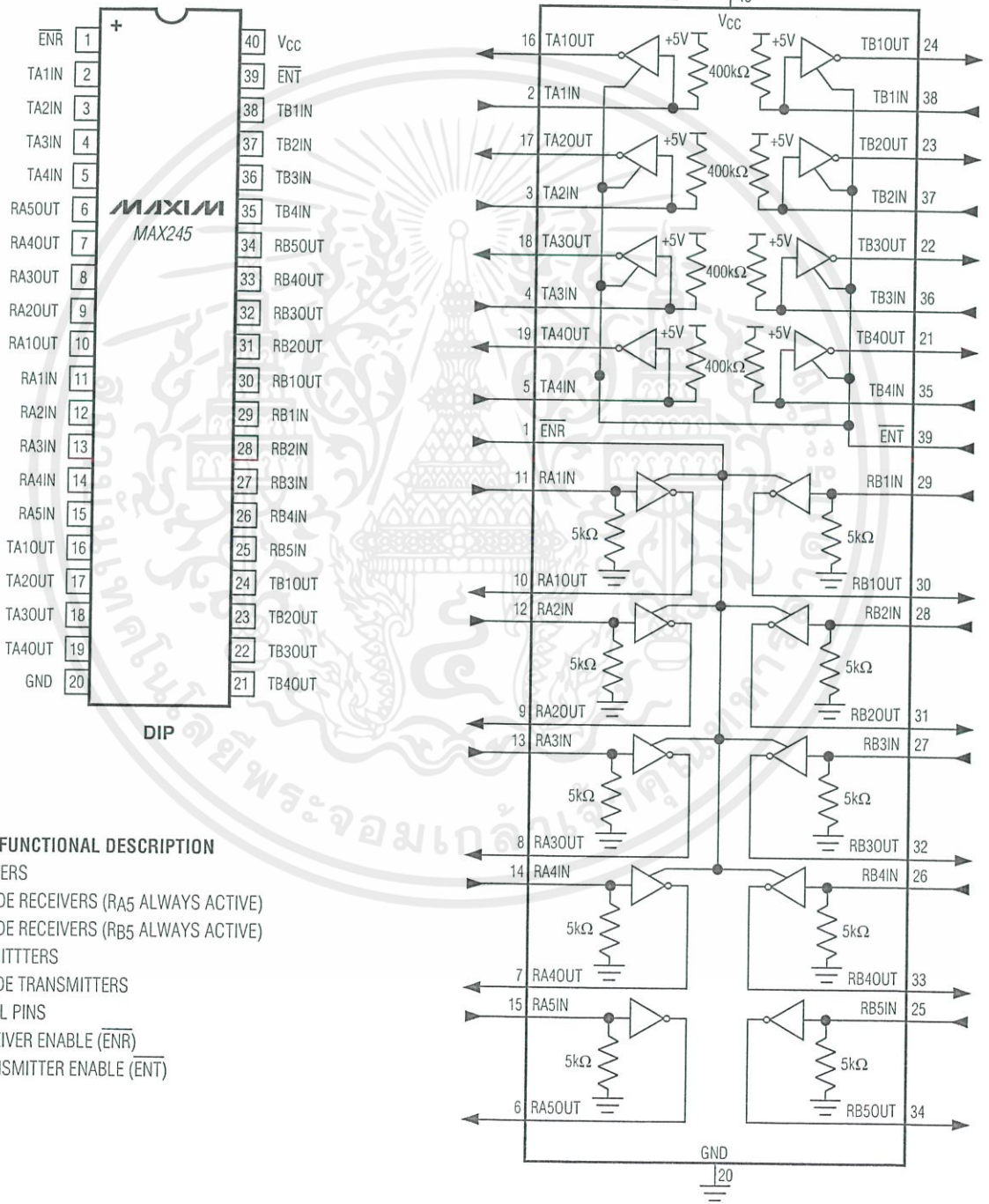


Figure 21. MAX245 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

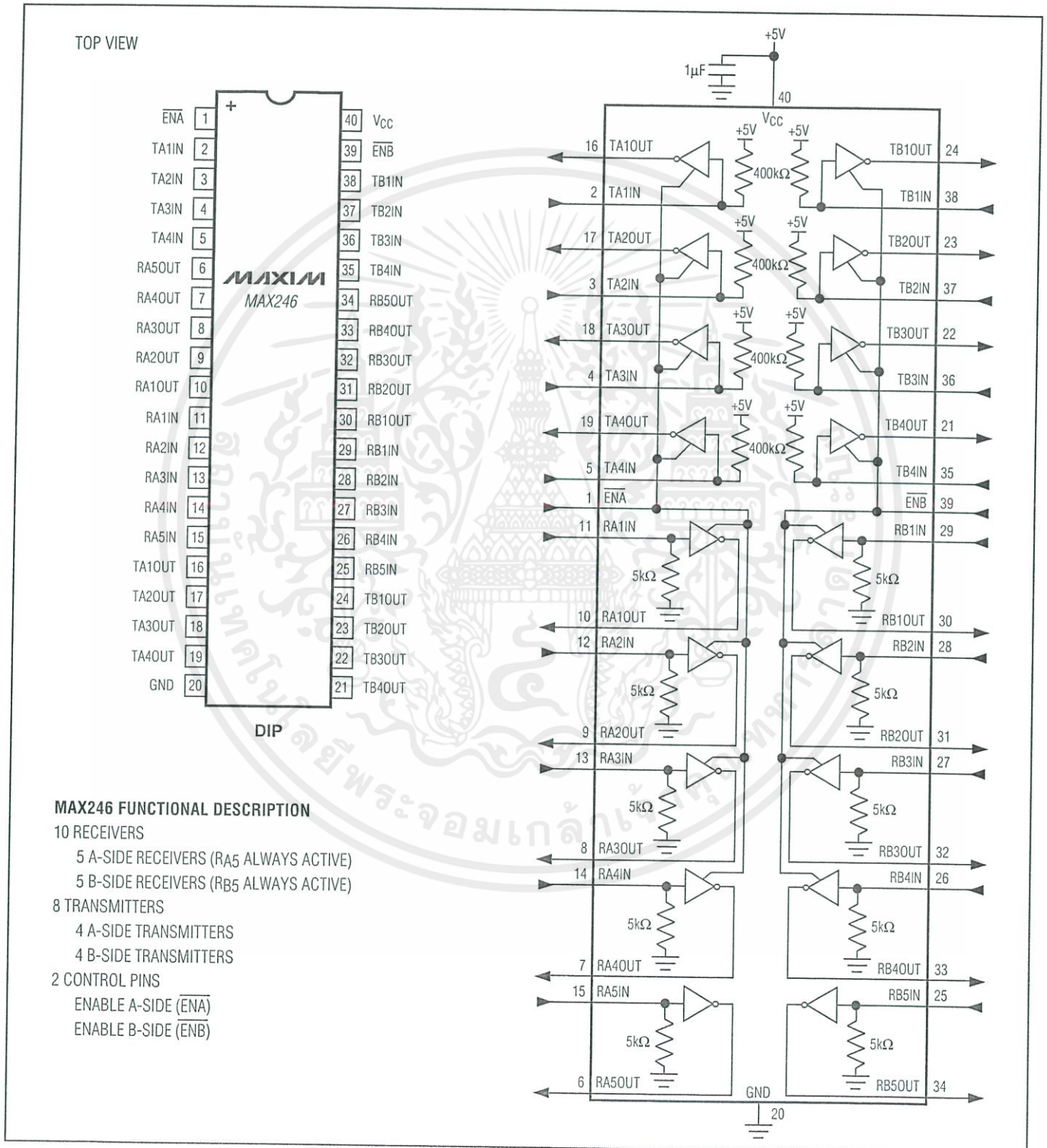


Figure 22. MAX246 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

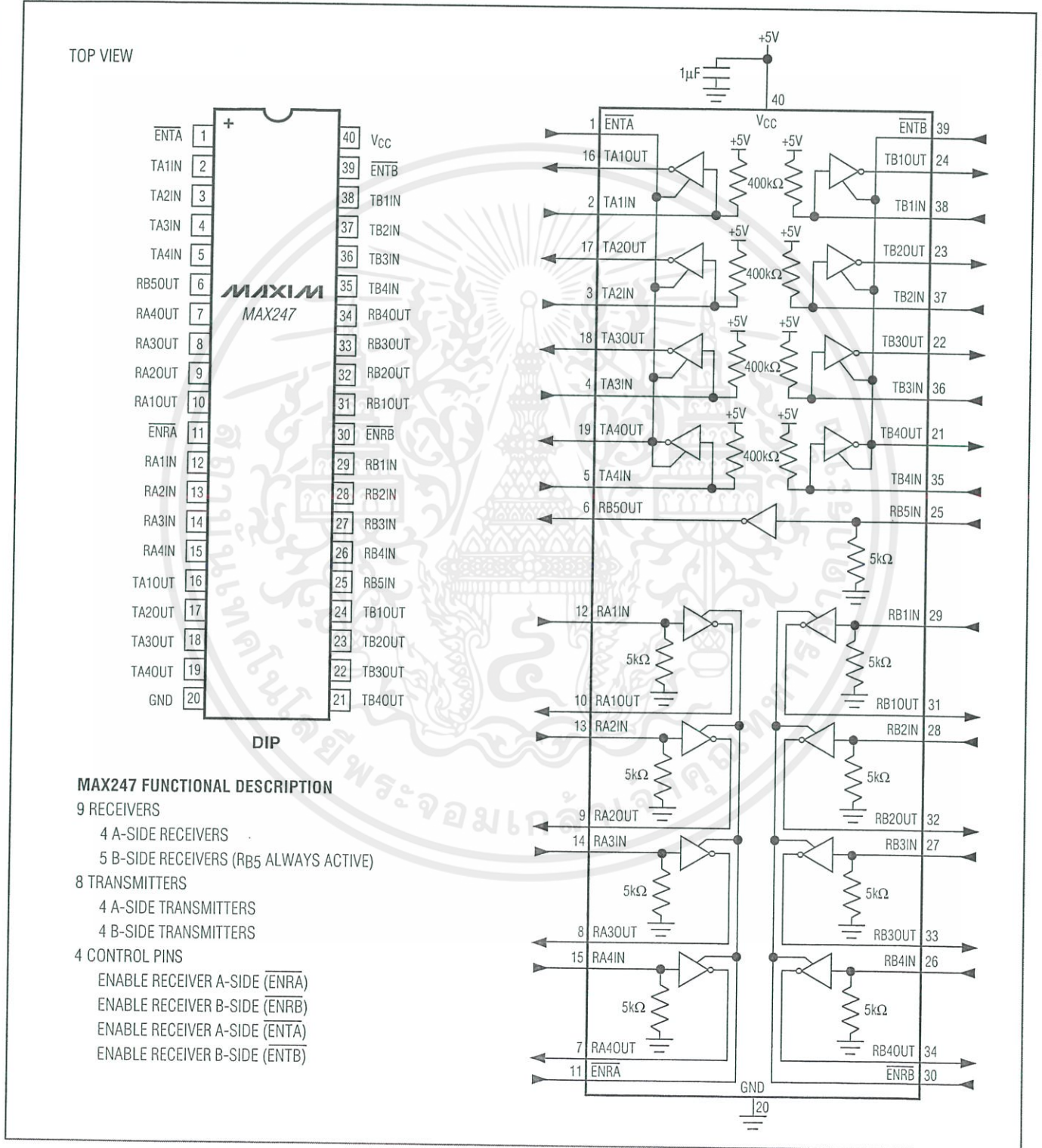


Figure 23. MAX247 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

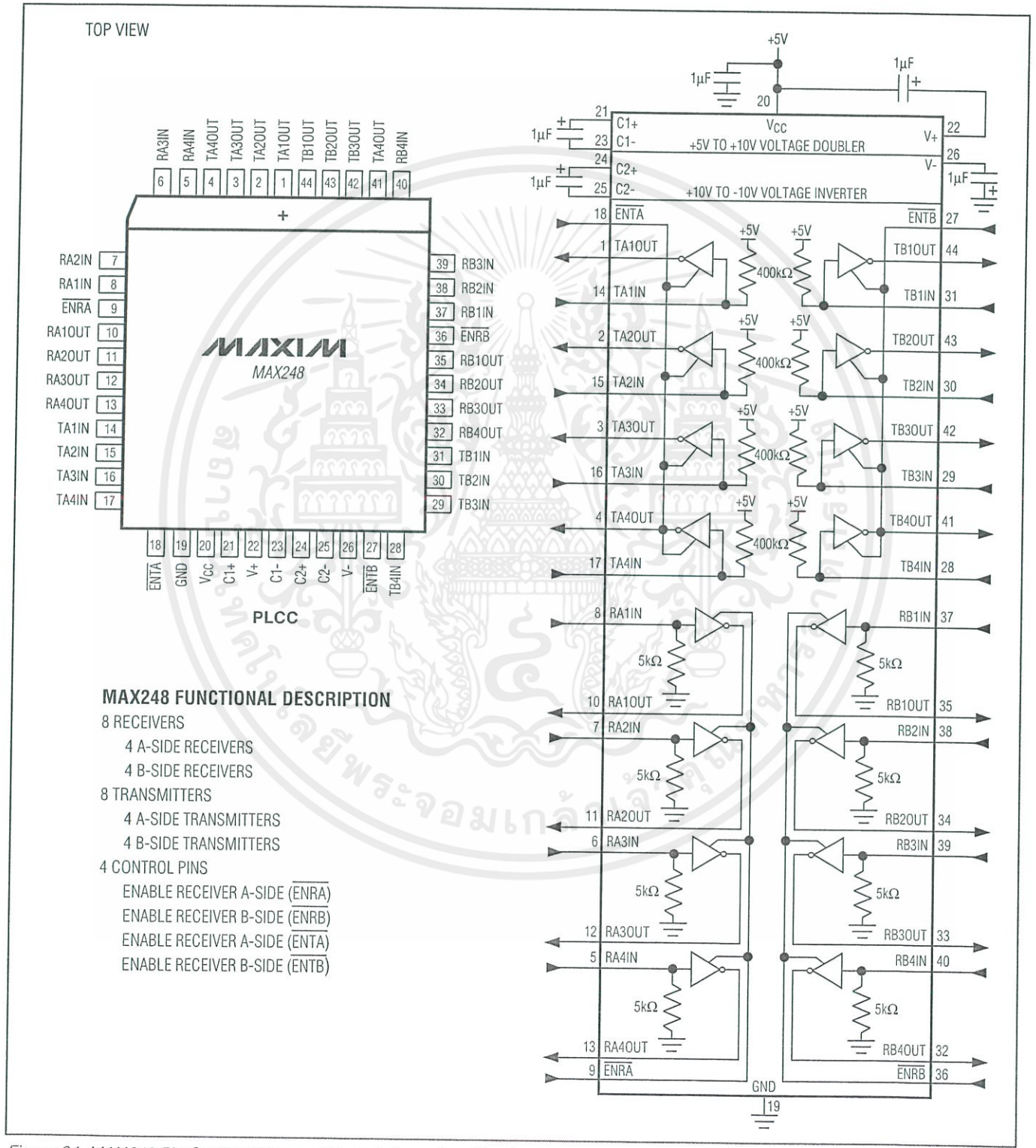


Figure 24. MAX248 Pin Configuration and Typical Operating Circuit



# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

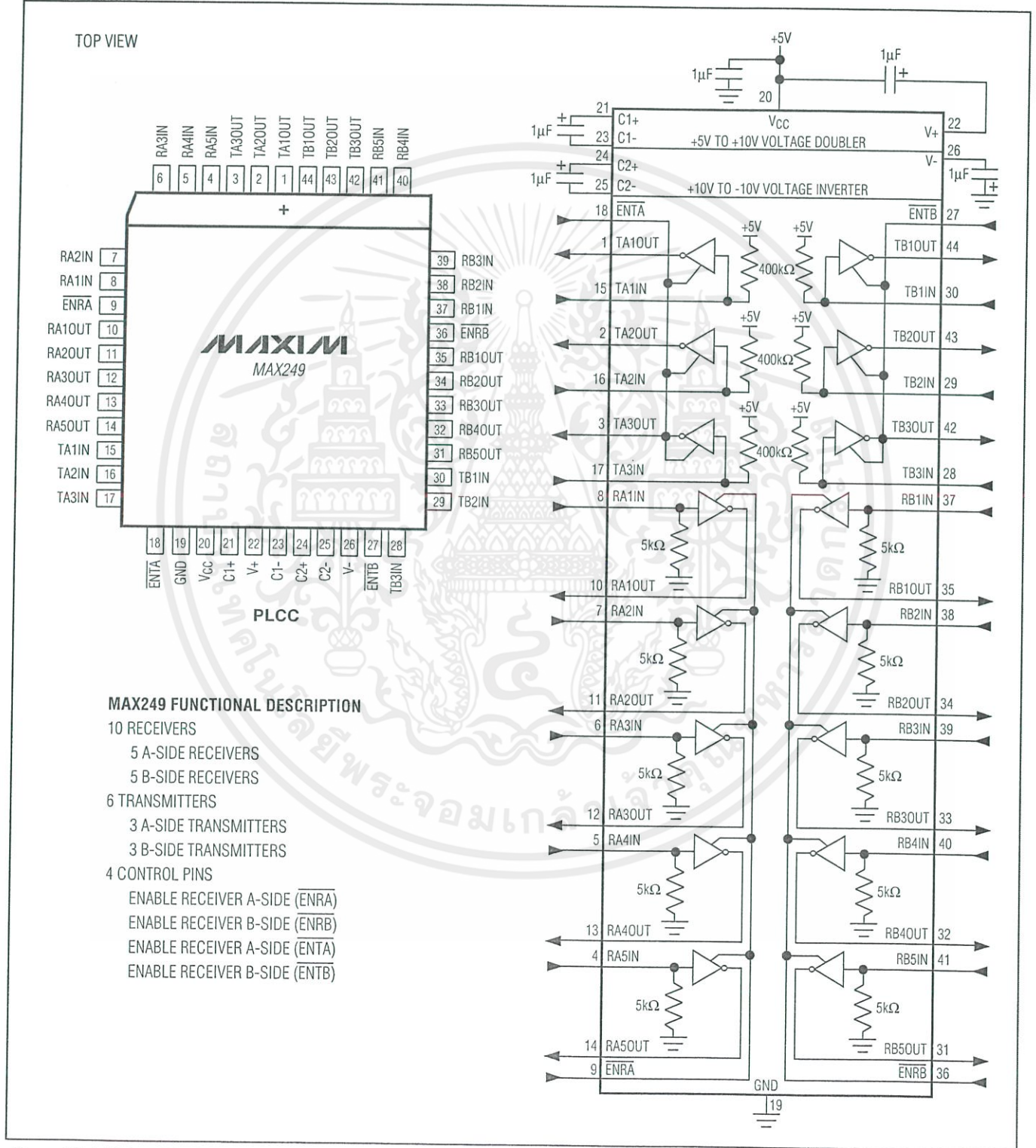


Figure 25. MAX249 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Ordering Information (continued)

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX222CPN+	0°C to +70°C	18 Plastic DIP
MAX222CWN+	0°C to +70°C	18 Wide SO
MAX222C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX222EPN+	-40°C to +85°C	18 Plastic DIP
MAX222EWN+	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX222EJN	-40°C to +85°C	18 CERDIP
MAX222MJN	-55°C to +125°C	18 CERDIP
MAX223CAI+	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX223CWI+	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX223C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX223EAI+	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX223EWI+	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX225CWI+	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX225EWI+	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX230CPP+	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX230CWP+	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX230C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX230EPP+	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX230EWP+	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX230EJP	-40°C to +85°C	20 CERDIP
MAX230MJP	-55°C to +125°C	20 CERDIP
MAX231CPD+	0°C to +70°C	14 Plastic DIP
MAX231CWE+	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX231CJD	0°C to +70°C	14 CERDIP
MAX231C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX231EPD+	-40°C to +85°C	14 Plastic DIP
MAX231EWE+	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX231EJD	-40°C to +85°C	14 CERDIP
MAX231MJD	-55°C to +125°C	14 CERDIP
MAX232CPE+	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232CSE+	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232CWE+	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX232C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232EPE+	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232ESE+	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232EWE+	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX232EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX232MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX232MLP+	-55°C to +125°C	20 LCC
MAX232ACPE+	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232ACSE+	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232ACWE+	0°C to +70°C	16 Wide SO

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX232AC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232AEPE+	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232AESE+	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232AEWE+	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX232AEJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX232AMJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX232AML+	-55°C to +125°C	20 LCC
MAX233CPP+	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX233EPP+	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX233ACPP+	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX233ACWP+	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX233AEPP+	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX233AEP+	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX234CPE+	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX234CWE+	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX234C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX234EPE+	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX234EWE+	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX234EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX234MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX235CPG+	0°C to +70°C	24 Wide Plastic DIP
MAX235EPG+	-40°C to +85°C	24 Wide Plastic DIP
MAX235EDG	-40°C to +85°C	24 Ceramic SB
MAX235MDG	-55°C to +125°C	24 Ceramic SB
MAX236CNG+	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX236CWG+	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX236C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX236ENG+	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX236EWG+	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX236ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX236MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX237CNG+	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX237CWG+	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX237C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX237ENG+	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX237EWG+	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX237ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX237MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX238CNG+	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX238CWG+	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX238C/D	0°C to +70°C	Dice*

+ Denotes a lead(Pb)-free/RoHS-compliant package.

\* Contact factory for dice specifications.

MAX220-MAX249

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Ordering Information (continued)

MAX220-MAX249

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX238ENG+	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX238EWG+	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX238ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX238MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
<b>MAX239CNG+</b>	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX239CWG+	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX239C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX239ENG+	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX239EWG+	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX239ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX239MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
<b>MAX240CMH+</b>	0°C to +70°C	44 Plastic FP
MAX240C/D	0°C to +70°C	Dice*
<b>MAX241CAI+</b>	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX241CWI+	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX241C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX241EAI+	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX241EWI+	-40°C to +85°C	28 Wide SO
<b>MAX242CAP+</b>	0°C to +70°C	20 SSOP
MAX242CPN+	0°C to +70°C	18 Plastic DIP
MAX242CWN+	0°C to +70°C	18 Wide SO
MAX242C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX242EPN+	-40°C to +85°C	18 Plastic DIP
MAX242EWN+	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX242EJN	-40°C to +85°C	18 CERDIP
MAX242MJN	-55°C to +125°C	18 CERDIP

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
<b>MAX243CPE+</b>	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX243CSE+	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX243CWE+	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX243C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX243EPE+	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX243ESE+	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX243EWE+	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX243EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX243MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
<b>MAX244CQH+</b>	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX244C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX244EQH+	-40°C to +85°C	44 PLCC
<b>MAX245CPL+</b>	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX245C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX245EPL+	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
<b>MAX246CPL+</b>	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX246C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX246EPL+	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
<b>MAX247CPL+</b>	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX247C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX247EPL+	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
<b>MAX248CQH+</b>	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX248C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX248EQH+	-40°C to +85°C	44 PLCC
<b>MAX249CQH+</b>	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX249EQH+	-40°C to +85°C	44 PLCC

+Denotes a lead(Pb)-free/RoHS-compliant package.

\*Contact factory for dice specifications.

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Package Information

For the latest package outline information and land patterns, go to [www.maxim-ic.com/packages](http://www.maxim-ic.com/packages). Note that a "+", "#", or "-" in the package code indicates RoHS status only. Package drawings may show a different suffix character, but the drawing pertains to the package regardless of RoHS status.

PACKAGE TYPE	PACKAGE CODE	OUTLINE NO.	LAND PATTERN NO.			
14 PDIP	P14+3	<u>21-0043</u>	—			
16 PDIP	P16+1					
16 PDIP	P16+2					
16 PDIP	P16+3					
18 PDIP	P18+5					
20 PDIP	P20+3					
20 PDIP	P20M+1					
24 PDIP	N24+3					
24 PDIP	P24M+1					
28 PDIP	P28+2			<u>21-0044</u>	—	
40 PDIP	P40+1					
40 PDIP	P40M+2	<u>21-0045</u>	—			
14 CERDIP	J14-3					
16 CERDIP	J16-3					
18 CERDIP	J18-2					
20 CERDIP	J20-2					
24 CERDIP	R24-4	<u>21-0042</u>	<u>90-0097</u>			
16 SO(N)	S16+3					
16 SO(N)	S16+5					
16 SO(W)	W16+1		<u>21-0041</u>	<u>90-0107</u>		
16 SO(W)	W16+2					
16 SO(W)	W16+3					
18 SO(W)	W18+1					
20 SO(W)	W20+3					
20 SO(W)	W20M+1					
24 SO(W)	W24+2					
28 SO(W)	W28+1					
28 SO(W)	W28+2					
28 SO(W)	W28M+1					
20 LCC	L20+3				<u>21-0658</u>	<u>90-0177</u>
20 SSOP	A20+1					
24 SSOP	A24+2					
28 SSOP	A28+1					
16 TSSOP	U16+1				<u>21-0056</u>	<u>90-0094</u>
16 FPCK	F16-3					
44 MQFP	M44+5					
44 PLCC	Q44+1	<u>21-0826</u>	<u>90-0110</u>			
44 PLCC	Q44+2					
44 PLCC	Q44+2	<u>21-0049</u>	<u>90-0095</u>			
44 PLCC	Q44+2					
44 PLCC	Q44+2	<u>21-0013</u>	—			
44 PLCC	Q44+2					
44 PLCC	Q44+2	<u>21-0049</u>	<u>90-0117</u>			
44 PLCC	Q44+2					
44 PLCC	Q44+2	<u>21-0049</u>	<u>90-0169</u>			
44 PLCC	Q44+2					
44 PLCC	Q44+2	<u>21-0049</u>	<u>90-0236</u>			
44 PLCC	Q44+2					

MAX220-MAX249

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Revision History

REVISION NUMBER	REVISION DATE	DESCRIPTION	PAGES CHANGED
15	1/06	Added part information to the lead temperature in the <i>Absolute Maximum Ratings</i> sections	2, 5, 8
16	7/10	Changed multiple packages to lead-free versions; updated/added notes 3, 4, 5, 7, and 8 to the <i>Electrical Characteristics</i> table; removed incorrect subscripting from all pin names in the <i>Electrical Characteristics</i> table and <i>Pin Configurations</i>	1, 2-9, 17-36



Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

38 \_\_\_\_\_ **Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600**

© 2010 Maxim Integrated Products สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น โปรดกล่าวหาไปที่ฝ่ายขายด้านการค้า Maxim is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้