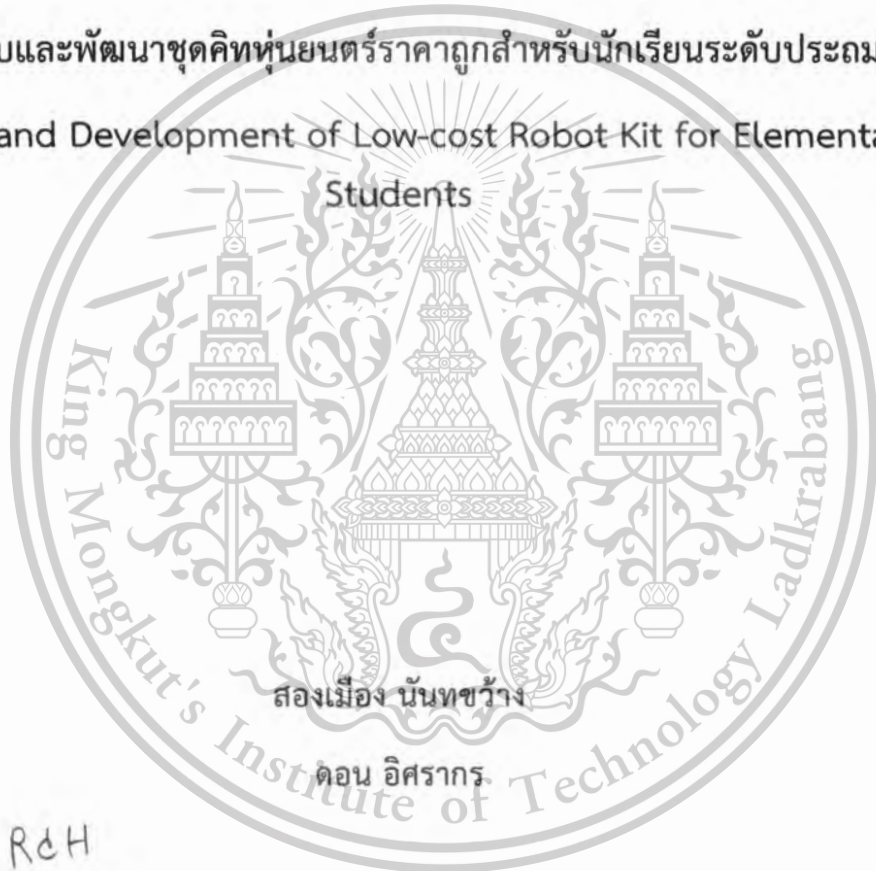




รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและพัฒนาชุดคิทหุ่นยนต์ราคาถูกลำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา

Design and Development of Low-cost Robot Kit for Elementary Students



สองเมือง นันทขว้าง

ดอน อิศรากร

R&H

ร 4๗๖๓

๒๕๕๖

เลขที่...
เลขทะเบียน 138260
วันเดือนปี - ๖ ต.ค. ๒๕๕๖

12๗09840

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากโครงการงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2556

คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในของหอสมุดที่ออกให้ท่านเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ชื่อโครงการ การออกแบบและพัฒนาชุดคิทหุ่นยนต์ราคาถูกสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา
แหล่งเงิน โครงการงบประมาณเงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ..... 2556..... จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน..... 80,000..... บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย..... 1..... ปี ตั้งแต่ ค.ศ. 55..... ถึง..... ก.ย. 56.....

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

หัวหน้าโครงการ นายสองเมือง นันทขว้าง สังกัดคณะวิศวกรรมศาสตร์

ผู้ร่วมโครงการ ดร. ดอน อิศรากร สังกัดคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้จะเป็นการนำเสนอชุดคิทหุ่นยนต์สำหรับเด็กระดับชั้นประถมศึกษาเพื่อใช้ในการเรียนรู้และสร้างรากฐานความเข้าใจในเทคโนโลยีหุ่นยนต์ให้กับเด็ก ในการวิจัยนี้จะเน้นไปที่การเลือกใช้วงจรนาฬิกาในการควบคุมหุ่นยนต์เพื่อให้ง่ายแก่การใช้งานและมีราคาถูกที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ โดยการทำงานของวงจรควบคุมจะใช้เซ็นเซอร์วัดแสงเป็นตัววัดทิศทางเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์และใช้วงจรเปรียบเทียบกับวงจรซีมมอเตอร์ในการทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้

คำสำคัญ : หุ่นยนต์, ชุดคิท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

Research Title: Design and Development of Low-cost Robot Kit for Elementary Students

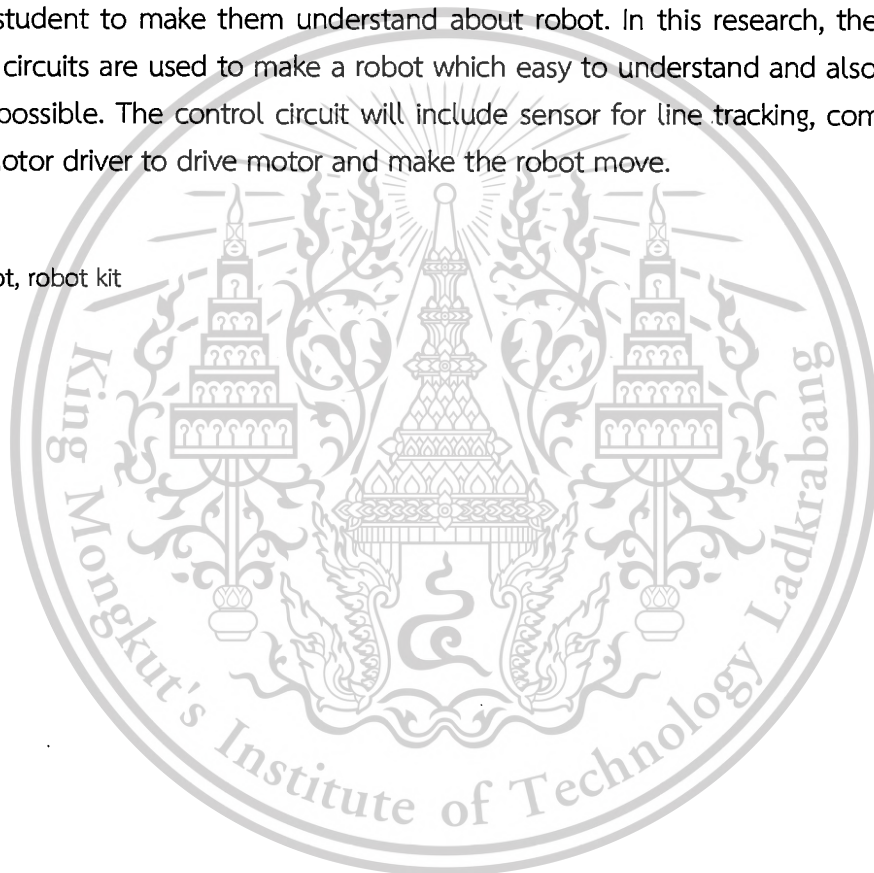
Researcher: Mr.Songmoung Nundrakwang, Dr.Don Isarakorn

Faculty:Engineer.....**Department:**Control.....

ABSTRACT

In this research, a low-cost robotic kit for elementary students is proposed. The purpose of this research is to publish the knowledge about robotic technology to elementary student to make them understand about robot. In this research, the analog type control circuits are used to make a robot which easy to understand and also have a lowest cost possible. The control circuit will include sensor for line tracking, comparator circuit and motor driver to drive motor and make the robot move.

Keyword : robot, robot kit



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ||| ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

กิตติกรรมประกาศ

ที่งานวิจัยนี้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้นั้นเกิดจากการที่คณะที่วิจัยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนโครงการงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2556 ทางทีมงานจึงต้องขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเป็นอย่างสูง

นายสองเมือง นันทขว้าง

ดร.ดอน อิศรากร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา IIII ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญ

หน้า

| | |
|--|-----|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | II |
| กิตติกรรมประกาศ..... | III |
| สารบัญ..... | IV |
| สารบัญตาราง..... | V |
| สารบัญภาพ..... | VI |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... | 1 |
| 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย..... | 1 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 2 |
| บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... | 3 |
| 2.1 ไดโอดเปล่งแสงช่วงอินฟราเรด..... | 3 |
| 2.2 เซนเซอร์แสง (Photo Sensor)..... | 5 |
| 2.3 วงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge(Transistor H-bridge DC Motor Driver)..... | 5 |
| 2.4 วงจรขับมอเตอร์แบบทรานซิสเตอร์ตัวเดียว (Single Transistor DC Motor Driver)..... | 7 |
| 2.5 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ (Comparator)..... | 7 |
| บทที่ 3 การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์และวงจรควบคุม..... | 9 |
| 3.1 โครงสร้างหลักหรือฐานของตัวหุ่นยนต์..... | 9 |
| 3.2 มอเตอร์และล้อ..... | 9 |
| 3.3 แหล่งพลังงาน..... | 11 |
| 3.4 วงจรควบคุมหุ่นยนต์..... | 11 |
| บทที่ 4 ผลการวิจัย..... | 14 |
| 4.1 หุ่นยนต์วิ่งตามเส้น..... | 14 |
| 4.2 รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้และราคาของหุ่นยนต์..... | 15 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... | 17 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย..... | 17 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ..... | 17 |
| เอกสารอ้างอิง..... | 18 |
| ภาคผนวก..... | 19 |
| ประวัตินักวิจัย..... | 41 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา IV จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 4.1 แสดงรายละเอียดส่วนประกอบและราคาของชิ้นส่วนต่างๆของหุ่นยนต์..... | 16 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **V** และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 2.1 ไดโอดเปล่งแสงช่วงอินฟราเรด..... | 3 |
| 2.2 สัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสงช่วงอินฟราเรด..... | 3 |
| 2.3 โครงสร้างของไดโอดเปล่งแสงช่วงอินฟราเรด..... | 4 |
| 2.4 ช่วงความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด..... | 4 |
| 2.5 ตัวอย่างเซนเซอร์แสง..... | 5 |
| 2.6 ตัวอย่างวงจร bipolar transistor h-bridge สำหรับการขับ DC motor..... | 6 |
| 2.7 ตัวอย่าง Pulse Width Modulation Diagram..... | 6 |
| 2.8 ตัวอย่างวงจร Single transistor สำหรับการขับ DC motor..... | 7 |
| 2.9 สัญลักษณ์ของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ..... | 7 |
| 3.1 โครงสร้างหลักของหุ่นยนต์..... | 9 |
| 3.2 มอเตอร์อัตราทด 1:48..... | 10 |
| 3.3 ล้อเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 7 ซม..... | 10 |
| 3.4 รางถ่านขนาด AA 2 ก้อน..... | 11 |
| 3.5 รูปแสดง ก). อีพิตอทรานซิสเตอร์ ข). อินฟราเรดแอลอีดี..... | 11 |
| 3.6 ไอซีเปรียบเทียบแรงดัน LM393N..... | 12 |
| 3.7 ทรานซิสเตอร์ PN2222 ใช้ในวงจรขับมอเตอร์..... | 12 |
| 3.8 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์..... | 13 |
| 3.9 รูปแสดงวงจรควบคุมหุ่นยนต์..... | 13 |
| 4.1 หุ่นยนต์วิ่งตามเส้นหลังจากที่ประกอบเสร็จแล้ว..... | 14 |
| 4.2 วงจรควบคุมหุ่นยนต์ที่ประกอบเข้ากับโครงสร้างของหุ่นยนต์แล้ว..... | 14 |
| 4.3 แสดงส่วนประกอบของหุ่นยนต์..... | 15 |
| 4.4 แสดงส่วนประกอบของวงจรควบคุมหุ่นยนต์..... | 15 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา **VI** และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในอดีตคนส่วนมากมักมองว่าหุ่นยนต์เป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจแต่เป็นเรื่องไกลตัวเนื่องจากการที่จะพัฒนาหุ่นยนต์ขึ้นมาจำเป็นต้องใช้ความรู้วิทยาศาสตร์หลายๆด้านและมีการพัฒนาแค่ในห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยหรือในหน่วยงานวิจัยเท่านั้น แต่ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาหุ่นยนต์ได้รับความสนใจและถูกนำมาเผยแพร่ให้แก่บุคคลทั่วไปมากขึ้น ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการจัดการแข่งขันหุ่นยนต์รายการต่างๆในหลายๆประเทศ ด้วยเหตุนี้บริษัทเอกชนหลายๆบริษัทจึงได้พัฒนาชุดคิทหุ่นยนต์หลากหลายรูปแบบออกมาในเชิงพาณิชย์ ทว่าส่วนมากนั้นจะมีราคาสูงและเหมาะสมกับการใช้งานในระดับอุดมศึกษาขึ้นไป ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการพัฒนาชุดคิทหุ่นยนต์สำหรับนักเรียนระดับประถมที่สามารถสร้างได้ง่าย มีราคาถูก ผู้สร้างรู้สึกสนุกไปกับการประกอบ และสามารถนำชุดคิทหุ่นยนต์ไปขยายเพิ่มส่วนต่างๆได้ต่อไป และนอกจากนี้คณะผู้วิจัยจะนำหุ่นยนต์ที่พัฒนาไปทดลองสอนในโรงเรียนต่างๆเพื่อเป็นการประเมินผล

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ออกแบบและพัฒนาชุดคิทหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการเรียนรู้เทคโนโลยีหุ่นยนต์สำหรับนักเรียนระดับประถม

1.2.2 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีไปสู่สังคมไทย (โรงเรียน) ที่ด้อยโอกาส โดยผู้วิจัยจะนำชุดคิทที่พัฒนาขึ้นไปสอนให้กับนักเรียนระดับชั้นประถมเพื่อเก็บข้อมูลและประเมินผล

1.2.3 เพื่อประชาสัมพันธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ไปสู่สาธารณะ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ออกแบบและพัฒนาชุดคิทหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการเรียนรู้เทคโนโลยีหุ่นยนต์สำหรับนักเรียนระดับประถม โดยต้องเป็นชุดคิทหุ่นยนต์ที่สามารถสร้างได้ง่าย ผู้สร้างรู้สึกสนุกในการสร้างและประกอบง่ายในการนำชุดคิทหุ่นยนต์ไปขยายส่วนต่างๆเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน นักเรียนสามารถเข้าใจพื้นฐานหุ่นยนต์ได้ง่าย และชุดคิทหุ่นยนต์ต้องมีราคาถูก

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เริ่มจากการออกแบบหุ่นยนต์ที่สามารถสร้างได้ง่าย โดยจะออกแบบโครงสร้างโดยใช้ชิ้นส่วนให้น้อยชิ้น และเลือกชิ้นส่วนที่สามารถนำมาประกอบกันได้โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มเติมมากนัก จากนั้นจึงเป็นการออกแบบวงจรควบคุมแบบอนาล็อกซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนของเซ็นเซอร์ วงจรควบคุม และวงจรขับเคลื่อน ในขั้นสุดท้ายจึงเป็นการเลือกอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ทำหุ่นยนต์ให้เหมาะสมที่สุดโดยเลือกให้มีราคาถูก จากนั้นจึงนำผลงานวิจัยที่สร้างขึ้นไปถ่ายทอดให้กับเด็กประถมเพื่อเก็บข้อมูลและประเมินผลการทำงานของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ชุดคิฟุ่่นย่นดที่พัฒนาขึ้นสามารถต่อยอดการพัฒนาไปสู่เชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

1.5.2 เปิดโอกาสการเรียนรู้เทคโนโลยีฟุ่่นย่นดให้กับนักเรียนชั้นประถม

1.5.3 เพื่อประชาสัมพันธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบังไปสู่สาธารณะ

1.5.4 เปิดโอกาสให้นักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ที่เข้าร่วมโครงการมีโอกาสได้ทำประโยชน์กับสังคม ซึ่งเป็นการส่งเสริมคุณธรรมและจริยธรรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไดโอดเปล่งแสงช่วงอินฟราเรด (Infrared Light-emitting diode)

เป็นอุปกรณ์ที่จัดอยู่ในจำพวกไดโอด (รูปที่ 2.1) ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำคือ Gallium arsenide (GaAs) และ Aluminium gallium arsenide (AlGaAs) สามารถเปล่งแสงในช่วงสเปกตรัมแคบเมื่อถูกไบอัสทางไฟฟ้าในทิศทางไปข้างหน้า (Forward Bias) แต่เมื่อต่อไบอัสกลับ (Reverse Bias) ไดโอดจะไม่สามารถเปล่งแสงออกมาได้ ปรากฏการณ์นี้อยู่ในรูปของ Electroluminescence โดยสีของแสงที่เปล่งออกมานั้นอยู่ในช่วงอินฟราเรด มีความยาวคลื่นมากกว่า 760 nm ($\lambda > 760$) [1] สามารถแสดงสัญลักษณ์ได้ดังรูป 2.2



รูปที่ 2.1 ไดโอดเปล่งแสงช่วงอินฟราเรด [2]

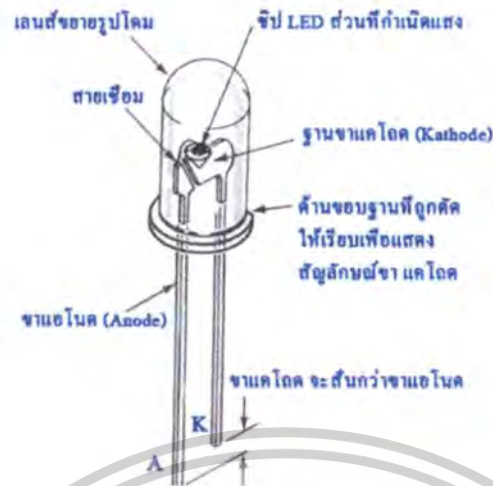
รูปที่ 2.2 สัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสงช่วงอินฟราเรด [3]

ไดโอดเปล่งแสงช่วงอินฟราเรด เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ทำงานโดยการเปล่งแสงออกมา ส่วนใหญ่แล้วจะถูกนำไปใช้งานสำหรับแสดงผลสถานะการทำงานของระบบต่าง ๆ ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ [3] โครงสร้างของไดโอดเปล่งแสงแสดงได้ดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

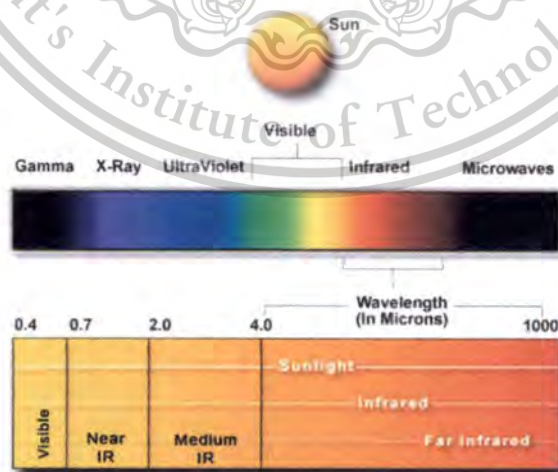
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของไดโอดเปล่งแสงช่วงอินฟราเรด [3]

คลื่นรังสีอินฟราเรด (Infrared (IR)) มีหรือคลื่นรังสีความร้อน หรือรังสีได้แดงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ชนิดหนึ่งแผ่มาจากดวงอาทิตย์ ถูกค้นพบจากการทดลองวัดอุณหภูมิของแถบสีต่างๆ ที่เปล่งออกมาเป็นสีรุ้งจาก ปริซึม และพบว่าอุณหภูมิความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามลำดับและสูงสุดที่แถบสีสีแดง การเลื่อนเทอร์โมมิเตอร์จากแถบสีที่ไม่สว่างไปยัง แถบสีสีแดง ซึ่งเป็นแถบสีที่สิ้นสุดของสเปกตรัมและอุณหภูมิสูงขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งขอบเขตดังกล่าวนี้เรียกว่า "อินฟราเรด" (ของเขตที่ต่ำกว่าแถบสีแดง) (รูปที่ 2.4) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร – 1 มิลลิเมตร ถี่ในช่วง 10¹¹ – 10¹⁴ เฮิร์ตซ์ มีความถี่ไม่เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ความถี่ยิ่งสูงมากขึ้น พลังงานก็สูงขึ้นตามไปด้วย เป็นคลื่นที่มีความถี่ต่ำกว่าความถี่ของสีแดงลงมา [4]



รูปที่ 2.4 ช่วงความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.2 เซนเซอร์แสง (Photo Sensor)

เซนเซอร์แสงเป็นเซนเซอร์ที่นิยมใช้ในเครื่องพิมพ์ทุกระบบ (รูปที่ 7) เช่น ดอตแมทริกซ์, อิงค์เจ็ท และเลเซอร์ ซึ่งจะมีข้อดีชดเชยข้อเสียของเซนเซอร์แบบหน้าสัมผัส กล่าวคือจะไม่เกิดอาการ Bad Contact

เซนเซอร์แสงจะมีอุปกรณ์ 2 ตัวคือ

1 ตัวส่งแสง จะใช้ LED. (Light Emitting Diode) ซึ่งเป็นไดโอดเปล่งแสงประเภทหนึ่ง (infrared) จะมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า

2 ตัวรับแสง จะใช้ Photo Transistor ซึ่งจะทำงานเป็น สวิตช์ ปิด/เปิด กล่าวคือ ถ้าได้รับแสง จากไดโอด สวิตช์ = ปิด และในทางตรงกันข้าม ถ้า Photo ไม่ได้รับแสง (ถูกบังแสง) สวิตช์ = เปิด อีกนัย หนึ่งเสมือนว่า Photo Transistor เป็น สวิตช์ อิเล็กทรอนิกส์ จึงไม่เกิดหน้าสัมผัสสกปรก หรือ Bad Contact แต่จะมีข้อเสียคือ ฝุ่นละอองบังที่หน้าเลนส์แทน ทำให้มีปัญหาในการทำงานของเครื่องพิมพ์ได้



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างเซนเซอร์แสง [6]

การทำงานของเซนเซอร์แบบแสง โดยปกติจะต้องมีตัวกระทำให้เกิดการปิดเปิดแสงเช่นถ้าเป็น เซนเซอร์กระดาษจะมีกระดิ่งปิดเปิดแสง หรือ ถ้าเป็นเซนเซอร์ โฮมโปสิชัน (Home Position Sensor) จะมีครีบบนฐานหัวพิมพ์ เพื่อเป็นตัวปิดเปิดแสง เพื่อเป็นการตั้งค่าเริ่มต้นการทำงานใหม่ทุกครั้งที่มีการ เปิดเครื่องใช้งาน ดังนั้น ในจังหวะปิด หรือ เปิด แสง ให้ผ่านช่องทาง photo นี้ ในวงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เมนบอร์ด จะตีความหมายเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามหลักโลจิกในทางดิจิทัล Hi,Low (High=สูง=Hi=H=5 โวลท์),(Low=ต่ำ=Lo=L=0โวลท์) [7]

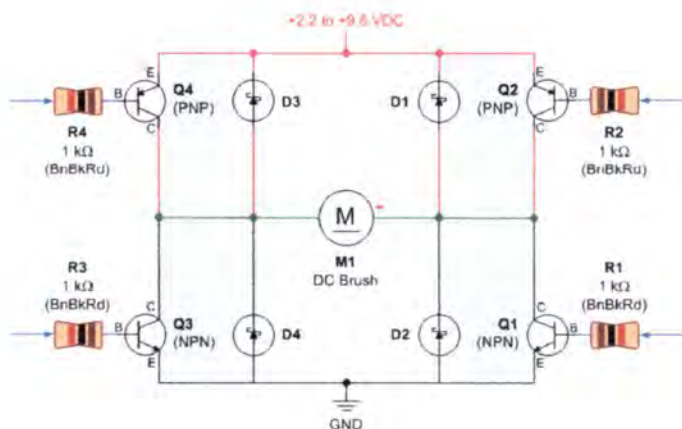
2.3 วงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge (Transistor H-bridge DC Motor Driver)

การต่อทรานซิสเตอร์แบบ H-bridge (รูปที่2.6) เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานพื้นฐานของ DC motor คือการอนุญาตให้ Microcontroller, logic chip หรือ remote control สามารถสั่งการให้ มอเตอร์ไปข้างหน้า ย้อนกลับ หรือหยุด เป็นต้น H-bridge ซึ่งมีประโยชน์สำหรับการทำหุ่นยนต์ทุกระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

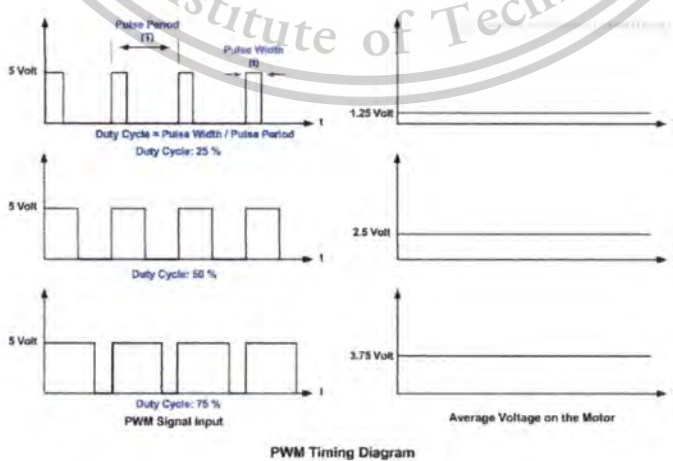
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างวงจร bipolar transistor h-bridge สำหรับการขับ DC motor [8]

- Q1, Q3 คือ NPN transistor ต่อมอเตอร์กับground (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
- Q2, Q4 คือ PNP transistor ต่อมอเตอร์กับแบตเตอรี่ +2.2V ถึง +9.6V (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
- R1 – R4 คือ ตัวต้านทานไว้ป้องกันกระแสไฟฟ้าที่มากเกินไป ซึ่งจะผ่านขา B ของtransistor
- D1 – D4 คือ ไดโอดใช้สำหรับป้องกันพลังงานจากมอเตื่อย้อนกลับไปที่แบตเตอรี่ เมื่อมอเตอร์ถูกสั่งให้หยุด
- M1 คือ มอเตอร์กระแสตรง

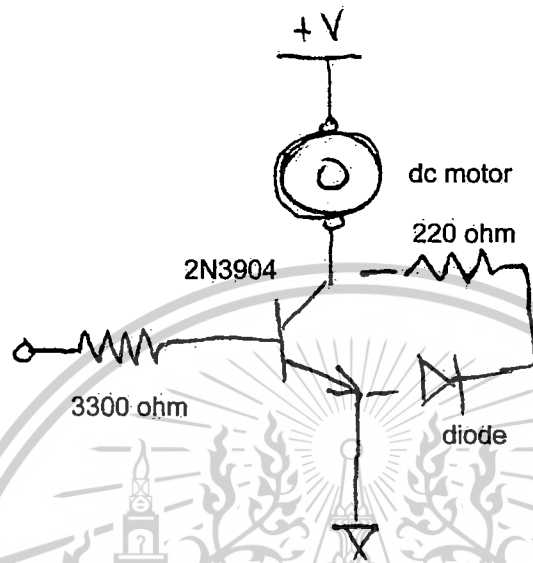
Pulse Width Modulation (PWM) เป็นเทคนิคการปรับความกว้างของสัญญาณพัลส์ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการควบคุมความเร็วของ DC Motor โดยให้สัญญาณพัลส์ แล้วปรับความกว้างของสัญญาณพัลส์เพื่อปรับความถี่ของตัวมอเตอร์ (รูปที่ 2.7) โดยความถี่ของสัญญาณจะคงที่ตลอด ถ้าความกว้างของสัญญาณน้อยความเร็วก็จะน้อย ถ้าเพิ่มความกว้างมากขึ้นความเร็วก็จะมากขึ้น [9]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานที่ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.7 ตัวอย่าง Pulse Width Modulation Diagram [10]
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วงจรขับมอเตอร์แบบทรานซิสเตอร์ตัวเดียว (Single Transistor DC Motor Driver)

การควบคุมมอเตอร์โดยทรานซิสเตอร์เพียงตัวเดียว คือ การควบคุมโดย Pulse Width Modulated (PWM) ซึ่งสามารถควบคุมมอเตอร์ให้ช้าหรือเร็วได้ ตัวอย่างวงจรดังรูป 2.8



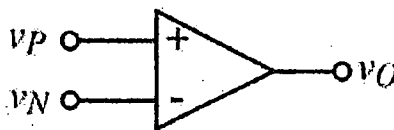
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างวงจร Single transistor สำหรับการขับ DC motor [11]

2.5 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ (Comparator)

วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ คือ วงจรที่เปรียบเทียบระดับแรงดัน Analog input 2 ค่า แล้วให้แรงดัน Digital output เป็น 1 หรือ 0 โดยขึ้นกับค่าแรงดันอินพุตทั้งสอง หรือ อาจกล่าวได้ว่า วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ คือ วงจรแปลงสัญญาณ Analog เป็น Digital แบบ 1 bit สัญลักษณ์ของวงจрдังรูปที่ 2.9

วงจรเปรียบเทียบสัญญาณสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท

- แบบลูปเปิด
- แบบรีเจนเนอเรทีฟ (regenerative) ซึ่งใช้การป้อนกลับแบบบวก หรือ วงจร latch
- แบบลูปเปิด และแบบรีเจนเนอเรทีฟรวมกัน



รูปที่ 2.9 สัญลักษณ์ของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

คุณสมบัติของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ

- คุณสมบัติสถิต (static characteristics) ได้แก่ อัตราขยาย (gain) แรงดันoutputสูงและต่ำ ช่วงความละเอียดของinput(input resolution) ค่าออฟเซ็ท(offset) และสัญญาณรบกวน (noise)
- คุณสมบัติพลวัต (dynamic characteristics) ได้แก่ ค่าหน่วงในการผ่านสัญญาณ (propagation delay) อัตราสลูว์(slew rate) ค่าหน่วงเวลาในการผ่านสัญญาณ (propagation delay, t_p) คือเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระดับเอาต์พุตหลังจากอินพุตเปลี่ยน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 3

การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์และวงจรควบคุม

เป้าหมายของการวิจัยนี้คือการสร้างชุดคิทหุ่นยนต์สำหรับนักเรียนประถม ซึ่งหุ่นยนต์ดังกล่าวจะเป็นหุ่นยนต์มีล้อที่สามารถวิ่งตามเส้นสีดำได้ด้วยตัวหุ่นยนต์เอง ในการออกแบบโครงสร้างจะเริ่มจากการเลือกอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ประกอบเป็นโครงสร้างหลักของหุ่นยนต์ดังนี้

3.1 โครงสร้างหลักหรือฐานของตัวหุ่นยนต์

โครงสร้างหลักของหุ่นยนต์ที่ได้เลือกมาใช้ในการวิจัยนี้เป็นโครงสร้างที่ทำจากพลาสติกและมีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร อยู่ทั่วบริเวณของแผ่นพลาสติก ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยรูดังกล่าวจะมีประโยชน์ในการใช้ประกอบส่วนชิ้นส่วนต่างโดยอาศัยสกรูขนาด 4 มิลลิเมตรในการประกอบเป็นหลัก



รูปที่ 3.1 โครงสร้างหลักของหุ่นยนต์

3.2 มอเตอร์และล้อ

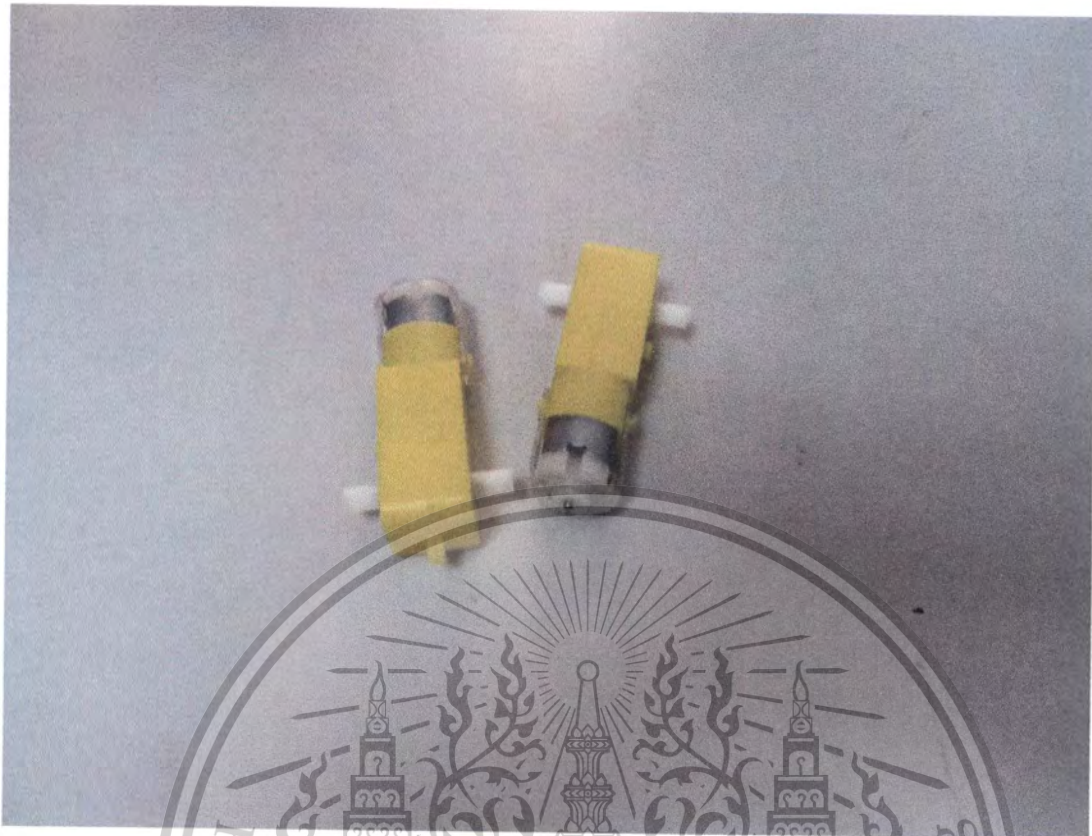
มอเตอร์ของหุ่นยนต์จะใช้เป็นมอเตอร์ DC ใช้แรงดัน 3 Vdc และใช้ชุดเกียร์ที่มีอัตราทดเป็น 1:48 ดังแสดงในรูปที่ 3.2 โดยชุดเกียร์ใช้เพื่อลดความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ในขณะที่เพิ่มแรงบิดให้มากพอสำหรับการขับเคลื่อนตัวหุ่นยนต์ ในส่วนของล้อจะใช้ล้อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 ซม. (รูปที่ 3.3) เพื่อให้

ความเร็วมีค่าลดลงและตัวล้อยังสามารถประกอบเข้ากับชุดมอเตอร์ได้ง่ายโดยใช้เพียงสกรูเพียง 1 ตัวขันเข้ากับชุดมอเตอร์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 3.2 มอเตอร์อัตราทด 1:48



รูปที่ 3.3 ล้อเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 7 ซม.

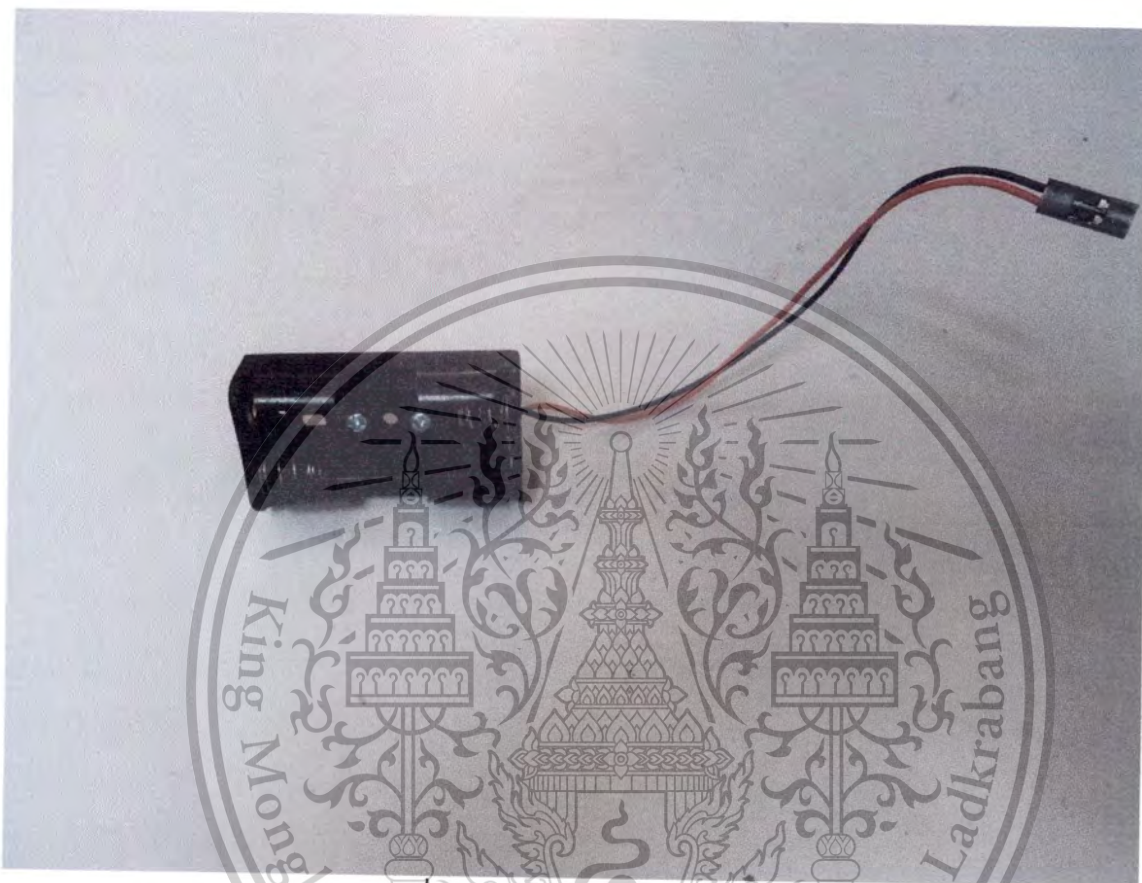
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ส่วนบุคคลเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.3 แหล่งพลังงาน

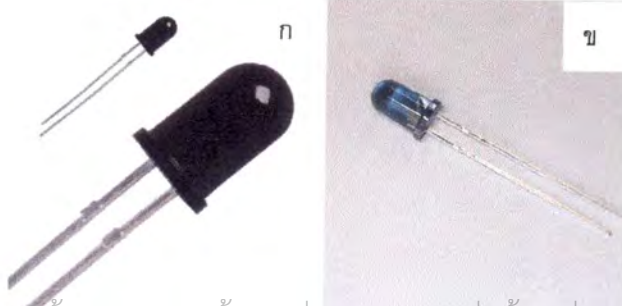
แหล่งพลังงานของหุ่นยนต์จะใช้แบตเตอรี่ที่เป็นถ่าน AA จำนวน 2 ก้อนต่ออนุกรมกันให้ได้แรงดันถึง 3 Vdc โดยจะใส่อยู่ในรางถ่าน ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่งสามารถประกอบกับตัวโครงสร้างหลักได้โดยการใช้สกรูขนาด 4 มิลลิเมตรในการประกอบ



รูปที่ 3.4 รางถ่านขนาด AA 2 ก้อน

3.4 วงจรควบคุมหุ่นยนต์

วงจรที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์เป็นวงจรรอานาล็อกโดยจะแยกองค์ประกอบออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือส่วนของเซ็นเซอร์ และส่วนของวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ โดยในส่วนของเซ็นเซอร์จะใช้เป็นเซ็นเซอร์แสงโดยจะมีหลอดอินฟราเรดแอลอีดีเป็นแหล่งกำเนิดแสง และมีออปโตทรานซิสเตอร์ (รูปที่ 3.5) เป็นเซ็นเซอร์รับแสงจากอินฟราเรดแอลอีดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 3.5 รูปแสดง ก) ออปโตทรานซิสเตอร์ ข) อินฟราเรดแอลอีดี
 อนุญาตให้ท่านได้ศึกษาการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ในส่วนของวงจรที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนย่อย คือวงจรเปรียบเทียบ และวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ ในการวิจัยนี้ได้เลือกใช้วงจรเปรียบเทียบโดยใช้ ไอซีเปรียบเทียบเบอร์ LM393N Dual Comparator (รูปที่ 3.6) ด้วยเหตุผลที่ว่า เป็นวงจรไอซีเปรียบเทียบที่มีราคาถูก สามารถหาได้ง่าย และมีวงจรเปรียบเทียบภายในตัว 2 วงจรในไอซีตัวเดียว ซึ่งเหมาะกับการนำมาใช้งานในหุ่นยนต์นี้เพราะต้องการใช้วงจรเปรียบเทียบ 2 วงจร ในส่วนของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์จะเลือกใช้ทรานซิสเตอร์รุ่น PN2222 (รูปที่ 3.7) ตัวเดียวในการขับเคลื่อนเนื่องจากมีราคาถูก และใช้งานได้ง่าย จากนั้นวงจรทั้งหมดจะถูกนำมาต่อรวมกันเป็นวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ดังแสดงในรูปที่ 3.8



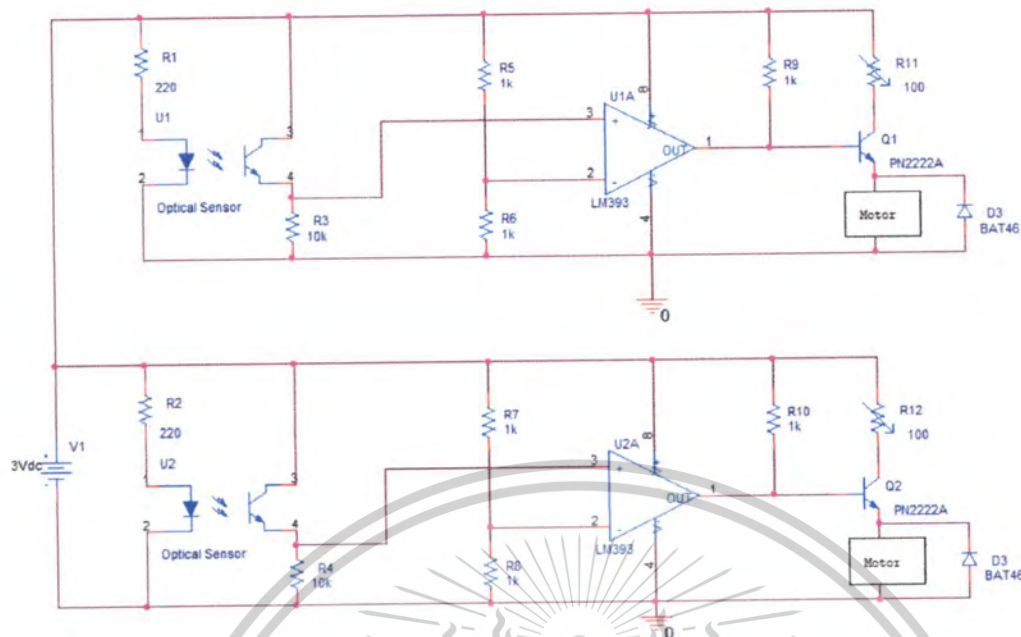
รูปที่ 3.6 ไอซีเปรียบเทียบแรงดัน LM393N

รูปที่ 3.7 ทรานซิสเตอร์ PN2222 ใช้ในวงจรขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

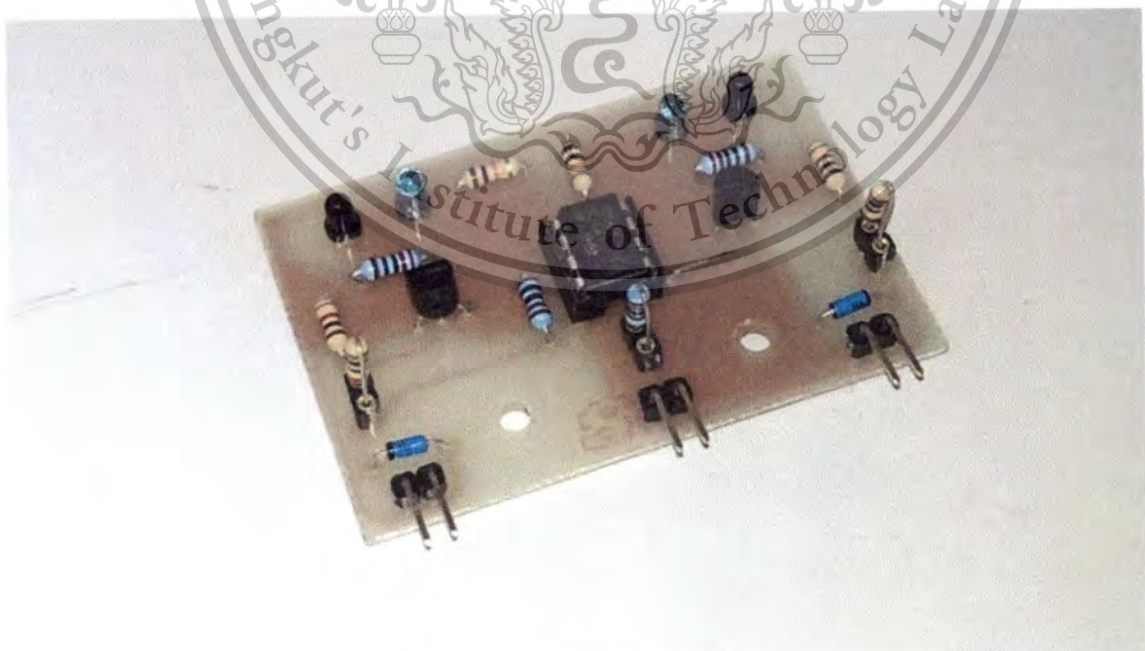
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

จากรูปที่ 3.8, R1 และ R2 จะทำหน้าที่จำกัดกระแสที่จะเข้าไปยังอินพุตของออปติคัลเซ็นเซอร์ R3 และ R4 จะทำหน้าที่แบ่งแรงดันเพื่อวัดค่าแสงที่เข้าไปยังเซ็นเซอร์ออปติคัลทรานซิสเตอร์ R5,R6,R7 และ R8 ทำหน้าที่แบ่งแรงดันเพื่อนำไปใช้ป้อนเป็นแรงดันอ้างอิงให้กับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน R9 และ R10 ทำหน้าที่ Pull up เอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน R11 และ R12 ใช้เพื่อปรับความเร็วของมอเตอร์โดยการลดแรงดันที่เข้ามอเตอร์ ซึ่งวงจรจริงที่นำมาต่อจะแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 รูปแสดงวงจรควบคุมหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 4 ผลการวิจัย

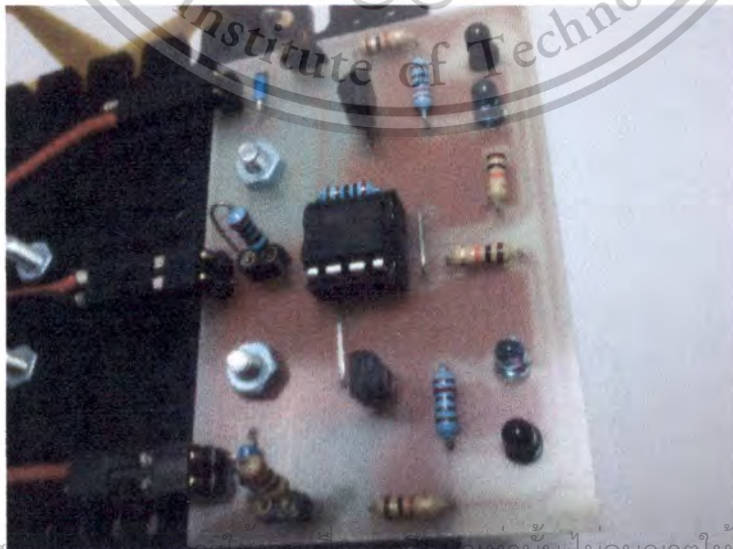
ในบทนี้ จะกล่าวถึงผลของการวิจัยซึ่งก็คือหุ่นยนต์วิ่งตามเส้นที่จะนำไปใช้ในการสอนนักเรียนชั้นประถมศึกษา และจากนั้นจะกล่าวถึงรายละเอียดราคาของอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์

4.1 หุ่นยนต์วิ่งตามเส้น

จากการนำส่วนประกอบต่างๆที่ได้กล่าวไปในบทที่ 3 มาประกอบรวมกันจะได้เป็นหุ่นยนต์วิ่งตามเส้นดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยวงจรการทำงานจะถูกติดตั้งไปที่ด้านใต้ของโครงสร้างหลักของตัวหุ่นยนต์โดยใช้สกรูขนาด 4 มิลลิเมตร 2 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 หุ่นยนต์วิ่งตามเส้นหลังจากที่ประกอบเสร็จแล้ว

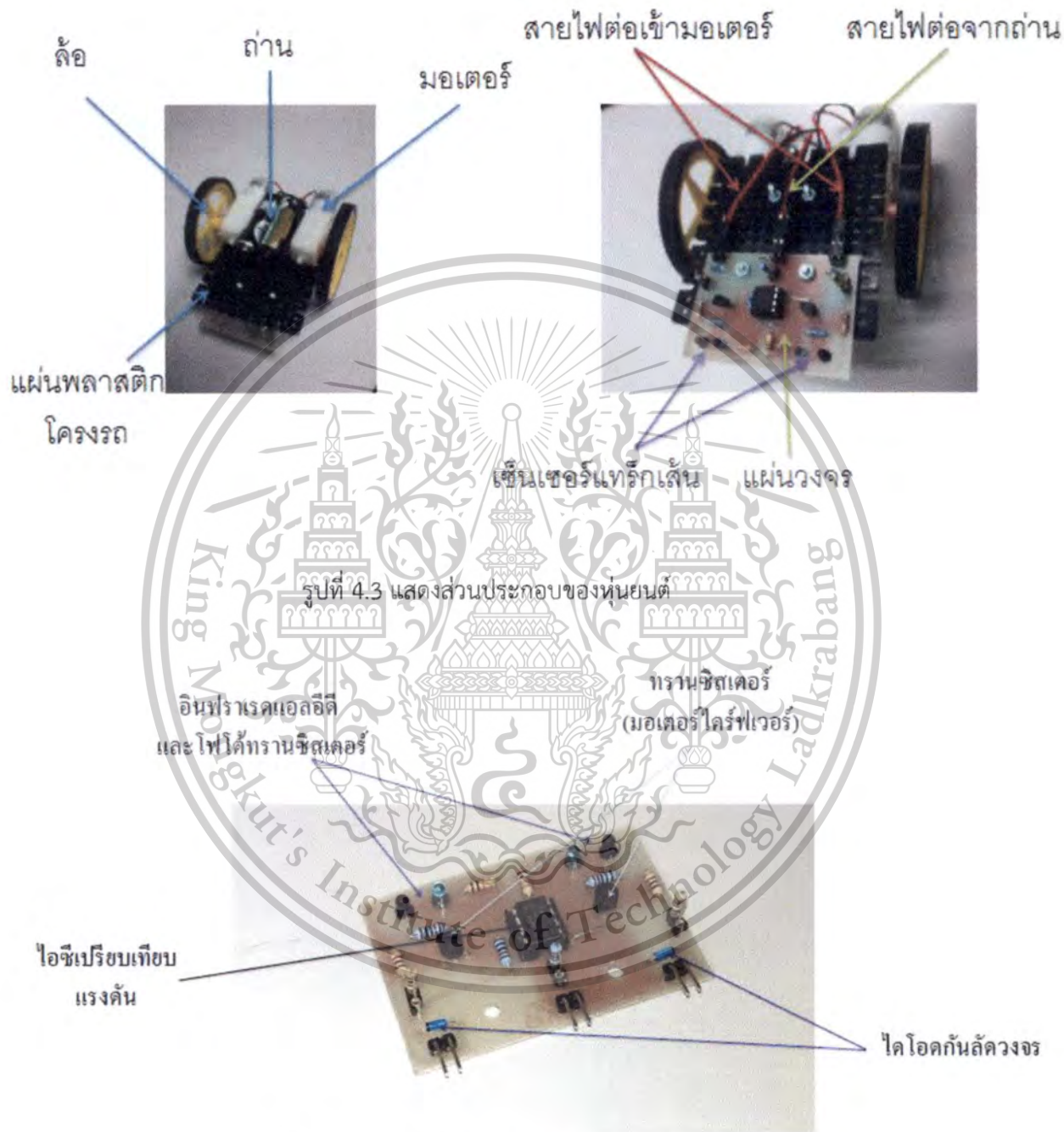


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการใช้เอกสารนี้เพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.2 วงจรควบคุมหุ่นยนต์ที่ประกอบเข้ากับโครงสร้างของหุ่นยนต์แล้ว
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

โดยรายละเอียดส่วนประกอบต่างๆของหุ่นยนต์และวงจรควบคุมจะถูกแสดงอยู่ในรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 แสดงส่วนประกอบของวงจรควบคุมหุ่นยนต์

4.2 รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้และราคาของหุ่นยนต์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์ทั้งหมดและราคาของส่วนประกอบต่างๆได้ถูกแสดงไว้ในตารางที่

4.1 ซึ่งสามารถสังเกตได้ว่าราคาของหุ่นยนต์ส่วนมากจะอยู่ที่ส่วนของฮาร์ดแวร์ของหุ่นยนต์เช่น มอเตอร์, อากาศยาน, อากาศยานที่ส่งงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นว่าไปเซปรีเซชันดานการคา พร้อมชุดเกียร์และล้อ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดส่วนประกอบและราคาของชิ้นส่วนต่างๆของหุ่นยนต์

| อุปกรณ์ | จำนวน | ราคา (บาท) |
|-----------------------|-------|---------------|
| ไดโอด | 2 | 1 |
| ทรานซิสเตอร์ | 2 | 1.72 |
| ตัวต้านทาน | 9 | 2 |
| ไอซีเปรียบเทียบแรงดัน | 1 | 2.46 |
| อินฟราเรดแอลอีดี | 2 | 4.8 |
| ออปโตทรานซิสเตอร์ | 2 | 5.14 |
| น็อตและสกรู | 7 | 6 |
| แผ่นพีซีบี | 1 | 18 |
| แบตเตอรี่ | 2 | 15 |
| สายไฟและหัวต่อ | 6 | 19.46 |
| แผ่นโครงรถ | 1 | 20 |
| ล้อ | 2 | 50 |
| มอเตอร์และชุดเกียร์ | 2 | 130 |
| | | 275.58 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยได้ทำการพัฒนาหุ่นยนต์วิ่งตามเส้นที่มีราคาต้นทุนต่ำ โดยวงจรที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์นั้นได้เลือกใช้อุปกรณ์ที่ทำงานแบบอนาล็อกแทนการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้มีราคาต้นทุนต่ำที่สุด โดยการทำงานของวงจรควบคุมนั้นจะทำงานโดยใช้ Infrared LED กับ Photo Transistor เป็นเซ็นเซอร์และค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์นั้นจะถูกนำไปเข้า IC Comparator เพื่อสร้างลอจิกที่จะนำไปใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ของหุ่นยนต์ผ่าน Transistor ให้หุ่นยนต์สามารถวิ่งตามเส้นที่วางไว้ได้ ค่าใช้จ่ายต้นทุนในการทำหุ่นยนต์ต่อตัวนั้นเท่ากับประมาณ 276 บาทโดยแบ่งเป็นต้นทุนของโครงสร้างหุ่นยนต์ 221 บาท และ ต้นทุนของวงจรควบคุม 55 บาท

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลรวมของราคาจะเห็นว่าราคาต้นทุนของหุ่นทั้งตัวคือ 276 บาท โดยราคาต้นทุนของโครงสร้างหุ่นยนต์คือ 221 ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง (ประมาณ 80% ของราคาหุ่นทั้งตัว) ซึ่งราคาในส่วนนี้สามารถลดลงได้อีกหากสร้างหุ่นเป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

เอกสารอ้างอิง

- [1]<http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%84%E0%B8%94%E0%B9%82%E0%B8%AD%E0%B8%94%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%AA%E0%B8%87>
- [2]<http://letsmakerobots.com/node/22720>
- [3]http://202.143.156.146/~bse/4_2_electronic_device/4_2_3diode_LED.html
- [4]<http://www.flir.in.th/infrared-knowledge2.html>
- [5]http://www.ostc.thaiembdc.org/test2012/stnews_Mar12_3
- [6]http://www.omron-ap.co.th/product_info/E2EQ/index.asp
- [7]http://youwaycenter.com/index.php?option=com_content&view=article&id=89:-light-photo-sensor&catid=31:general&Itemid=44
- [8]<http://www.robotroom.com/BipolarHBridge.html>
- [9]<http://www.atriumtech.com/cgiin/hilightcgi?Home=/home/InterWeb2000&File=/home2/searchdata/Forums/http/www.pantip.com/tech/electronics/topic/EM1973301/EM1973301.html>
- [10]<http://www.ermicro.com/blog/?p=706>
- [11] <http://www.instructables.com/id/QuickStart-one-transistor-DC-motor-controller/>
- [12]<http://www.kmitl.ac.th/~ktapinun/teaching/file/book7.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



TAIWAN OASIS LED DATA SHEET (FOR INFRARED)

PART NO. : TOIR-30a94cXAa

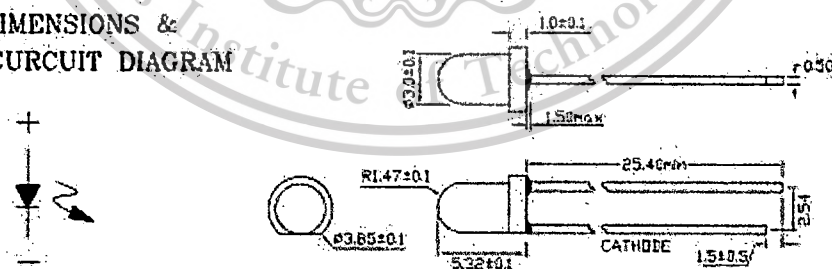
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS AT TA=25°C

| PARAMETER | SYMBOL | DATA | UNIT |
|--|----------|------------------|------|
| Forward Current | I_{FM} | 100 | mA |
| Peak Forward Current (duty=1:100, f=100KHZ) | I_{FP} | 1000 | mA |
| Reverse Voltage | V_R | 6 | V |
| Power Dissipation | P_D | 150 | mW |
| Operating Temperature Range | | -25 to +85 | °C |
| Storage Temperature Range | | -30 to +85 | °C |
| Lead Solder Temperature (1/10 Inch Below Seating Plane) | | 260°C for 3 sec. | |

ELECTRICAL/OPTICAL CHARACTERISTICS AT TA=25°C

| PARAMETER | SYMBOL | DATA | UNIT | TEST CONDITION |
|------------------------------|-----------------|------------------------|---------|--|
| Radiated Intensity | I_e (typ.) | 20 | mW/sr | Distance: 10cm $I_F=50mA$ Detector Area: $1cm^2$ |
| Forward Voltage | V_F | TYP: 1.30 MAX: 1.50 | V | $I_F=50mA$ |
| Wavelength | λ_P | 940 | nm | $I_F=50mA$ |
| Spectrum Width of Half Value | $\Delta\lambda$ | 50 | nm | $I_F=50mA$ |
| Reverse Current | I_R | 10 | μA | $V_R=5V$ |
| Full Viewing Angle | $2\theta_{1/2}$ | 20 | ° | $I_F=20mA$ |
| Lens | | Blue Transparent | | |
| Radiation Material | | GaAs/GaAs | | |

PACKAGE DIMENSIONS &
INTERNAL CURCUIT DIAGRAM



| | | | | | | | | | |
|------|-----------|-----------|-------|-------------|-----------------------|----------|---------|----------|--|
| DATE | 08/21/00' | SCALE | 2.5:1 | TOLERANCE | ± 0.20 ASME 19 | DRAWN | M.L.Hua | CHECKED | |
| UNIT | M/M | SHEET NO. | 1/2 | DRAWING NO. | S-30a94cXA-A | CUSTOMER | | APPROVED | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TAIWAN OASIS LED DATA SHEET

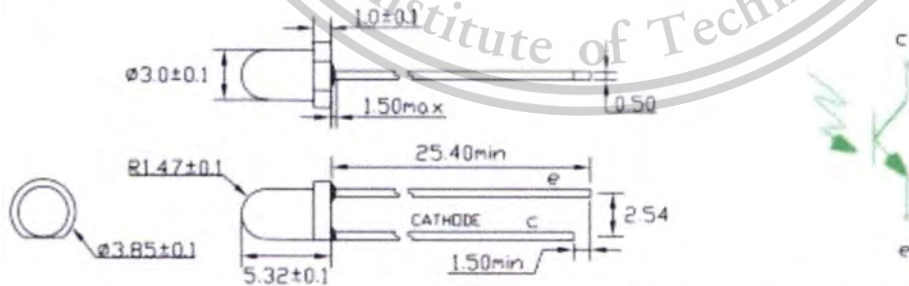
PART NO. : TOPS-030aTB₂

ABSOLUTE MAXIMUM RATING (T_a = 25°C)

| Parameter | Symbol | Data | Unit | Test Condition |
|-------------------------------------|--------------------------------|----------|------|---|
| Collector-Emitter Breakdown Voltage | BV _{ceo} | 30 | v | I _c =100uA I _b =0 |
| Emitter-Collector Breakdown Voltage | BV _{eco} | 5 | v | I _e =100uA I _b =0 |
| Collector Dark Current | I _d | 0.3 | uA | V _{ce} =10v H=0mW/cm ² |
| Collector Light Current | I _L | 4 | mA | V _{ce} =10v 2856k 100lx |
| Collect Power Dissipation | P _{em} | 100 | mW | |
| Rise/Fall Time | T _r /T _f | 5 | uS | R=50 2856k 100lx |
| Life Time | H | 100 000 | Hrs | V _{ce} =10v |
| Peak collection Wavelength | λ _p | 900 | nm | |
| Spectral Range | | 750~1050 | nm | |
| Operating Temperature Rang | | -25°C | to | 70°C |
| Storage Temperature Range | | -30°C | to | 100°C |
| Lens Color | | Black | | |

PACKAGE DIMENSIONS:

INTERNAL CIRCUIT DIAGRAM:



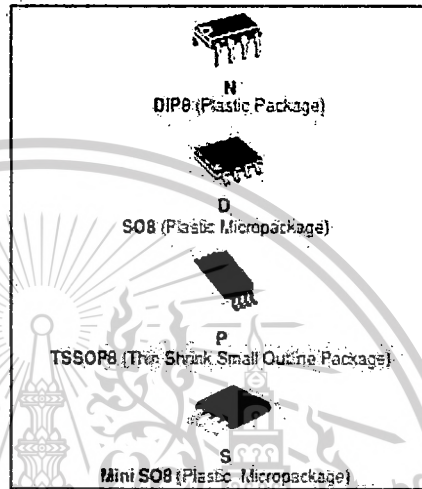
| | | | | | | | | | |
|------|----------|-----------|-------|-------------|--------------------------|----------|-----|----------|--|
| DATE | 09/18/00 | SCALE | 2.5:1 | TOLERANCE | ±0.25 ANGLE 10° | DRAWN | 华明亮 | CHECKED | |
| UNIT | M/M | SHEET NO. | 1/1 | DRAWING NO. | S-030aTB ₂ -A | CUSTOMER | | APPROVED | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LOW POWER DUAL VOLTAGE COMPARATORS

- WIDE SINGLE SUPPLY VOLTAGE RANGE OR DUAL SUPPLIES : +2V TO +36V OR ±1V TO ±18V
- VERY LOW SUPPLY CURRENT (0.4mA) INDEPENDENT OF SUPPLY VOLTAGE (1mW/comparator at +5V)
- LOW INPUT BIAS CURRENT : 25nA TYP
- LOW INPUT OFFSET CURRENT : ±5nA TYP
- LOW INPUT OFFSET VOLTAGE : ±1mV TYP
- INPUT COMMON-MODE VOLTAGE RANGE INCLUDES GROUND
- LOW OUTPUT SATURATION VOLTAGE : 250mV TYP (I_o = 4mA)
- DIFFERENTIAL INPUT VOLTAGE RANGE EQUAL TO THE SUPPLY VOLTAGE
- TTL, DTL, ECL, MOS, CMOS COMPATIBLE OUTPUTS

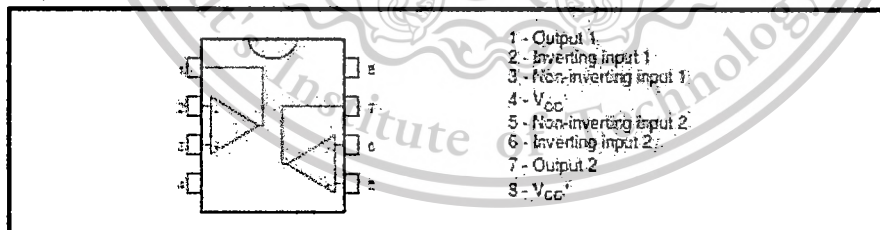


DESCRIPTION

These devices consist of two independent low voltage comparators designed specifically to operate from a single supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible.

These comparators also have a unique characteristic in that the input common-mode voltage range includes ground even though operated from a single power supply voltage.

PIN CONNECTIONS (top view)



- 1 - Output 1
- 2 - Inverting input 1
- 3 - Non-inverting input 1
- 4 - V_{cc}
- 5 - Non-inverting input 2
- 6 - Inverting input 2
- 7 - Output 2
- 8 - V_{cc}

ORDER CODE

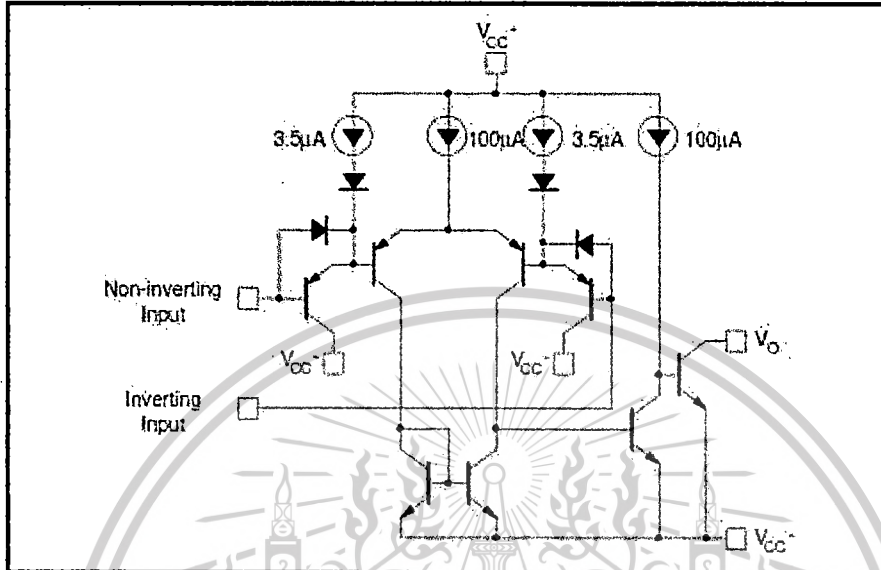
| Part Number | Temperature Range | Package | | | |
|-------------|-------------------|---------|---|---|---|
| | | N | D | P | S |
| LM193 | -55°C, +125°C | • | • | • | • |
| LM293 | -40°C, +105°C | • | • | • | • |
| LM393 | 0°C, +70°C | • | • | • | • |

Example : LM393D

N = Dual In-Line Package (DIP)
 D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (D T)
 P = Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP) - only available in Tape & Reel (P T)
 S = Mini SO Package (MiniSO) - only available in Tape & Reel (S T)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHEMATIC DIAGRAM (1/2 LM193)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| Symbol | Parameter | Value | Unit |
|------------------|--|--|------|
| V _{CC} | Supply voltage | ±18 or 36 | V |
| V _{id} | Differential Input Voltage | ±36 | V |
| V _i | Input Voltage | -0.3 to +36 | V |
| | Output Short-circuit to Ground - note 1) | Infinite | |
| P _Q | Power Dissipation 2) | DIP8: 1250 SO8: 710 TSSOP8: 625 Mini SO8: 580 | mW |
| T _{stg} | Storage Temperature Range | -65 to +150 | °C |

1. Start signals from the output to V_{CC}⁺ can cause excessive heating and eventual destruction. The maximum output current is approximately 30mA independent of the magnitude of V_{CC}⁺.
2. P_Q is calculated with T_{amb} = +25°C, T_{case} = +100°C and R_{th(j-c)} = 100°C/W for DIP8 package
 = 177°C/W for SO8 package
 = 230°C/W for TSSOP8 package
 = 210°C/W for Mini SO8 package

OPERATING CONDITIONS

| Symbol | Parameter | Value | Unit |
|------------------|--------------------------------------|---|------|
| V _{cmr} | Common Mode Input Voltage Range | 0 to V _{CC} ⁺ - 1.5 | V |
| T _{opr} | Operating Free-Air Temperature range | LM193: -55 to +125 LM293: -40 to +125 LM393: 0 to +70 | °C |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS
 $V_{OS} = +5V$, $V_{CC} = 0V$, $T_{amb} = +25^{\circ}C$ (unless otherwise specified)

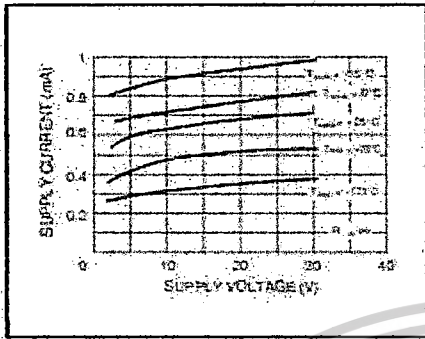
| Symbol | Parameter | Min | Typ. | Max. | Unit |
|-----------|--|--------|----------|--------------------------------|---------------|
| V_{IO} | Input Offset Voltage - note 1) $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ | | 1 | 5 9 | mV |
| I_{IO} | Input Bias Current - note 2) $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ | | 25 | 250 400 | nA |
| I_{IO} | Input Offset Current $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ | | 5 | 50 150 | nA |
| A_{VO} | Large Signal Voltage Gain $V_{CC} = 15V$, $R_L = 15k\Omega$, $V_O = 1V$ to $11V$ | 50 | 200 | | V/mV |
| I_{CC} | Supply Current (all comparators) $V_{CC} = 5V$, no load $V_{CC} = 30V$, no load | | 0.4 1 | 1 2.5 | mA |
| V_{ICM} | Input Common Mode Voltage Range - note 3) $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ | 0 0 | | $V_{CC} - 1.5$ $V_{CC} - 2$ | V |
| V_{ID} | Differential Input Voltage - note 3) | | | $V_{CC} - 1$ | V |
| I_{OSK} | Output Sink Current $V_{ID} = 1V$, $V_O = 1.5V$ | 6 | 16 | | mA |
| V_{OL} | Low Level Output Voltage $V_{ID} = -1V$, $I_{OL} = 4mA$ $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ | | 250 | 400 700 | mV |
| I_{OH} | High Level Output Current ($V_{ID} = 1V$) $V_{ID} = 1V$, $V_{CC} = V_O = 30V$ $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ | | 0.1 | 1 | nA μA |
| t_{IC} | Response Time - note 3) $R_L = 5.1k\Omega$ to V_{CC} | | 1.3 | | ps |
| t_{ra} | Large Signal Response Time $V_I = TTL$, $V_{ref} = +1.4V$, $R_L = 5.1k\Omega$ to V_{CC} | | 300 | | ns |

- At output switch point, $V_{ID} = 1.4V$, $R_L = 0$ with V_{CC} from 5V to 35V, and over the full common-mode range (0V to $V_{CC} - 1.5V$).
- The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is extremely constant independent of the state of the output, so no loading error exists on the reference V_I input lines.
- The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is $V_{CC} - 1.5V$, but either or both inputs can go to +30V without damage.
- Positive excursions of input voltage may exceed the power supply level. As long as the other voltage remains within the common-mode range, the comparator will provide a proper output state. The low input voltage state must not be less than 0.3V (or 0.3V below the negative power supply, if used).
- The response time specified is for a 100mV input step with 5mV overdrive. For larger overdrive signals 300ns can be obtained.

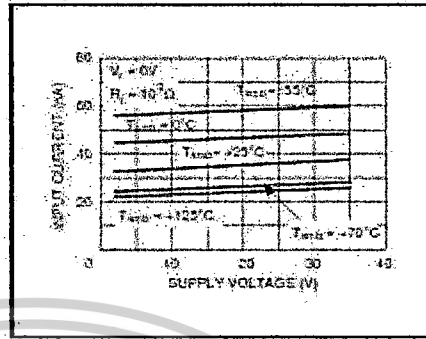


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

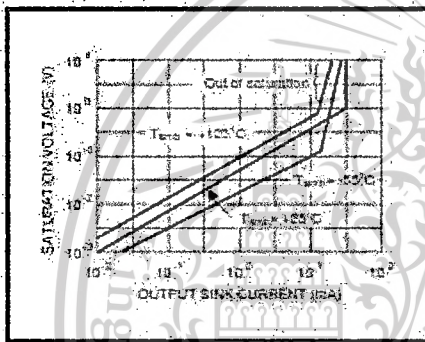
SUPPLY CURRENT versus SUPPLY VOLTAGE



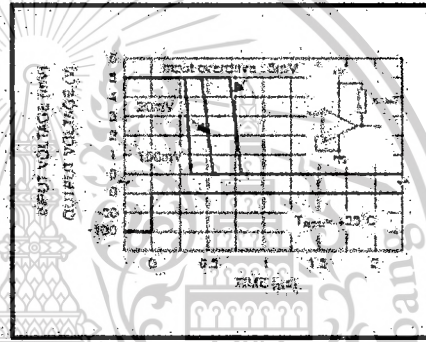
INPUT CURRENT versus SUPPLY VOLTAGE



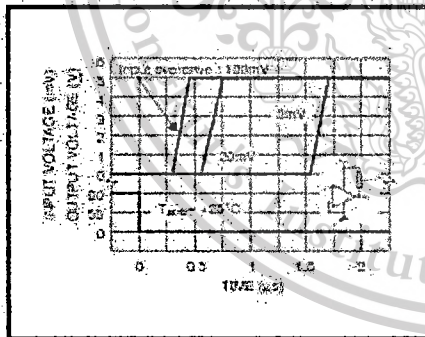
OUTPUT SATURATION VOLTAGE versus OUTPUT CURRENT



RESPONSE TIME FOR VARIOUS INPUT OVERDRIVES - NEGATIVE TRANSITION



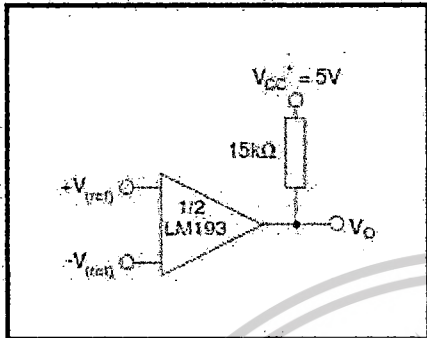
RESPONSE TIME FOR VARIOUS INPUT OVERDRIVES - POSITIVE TRANSITION



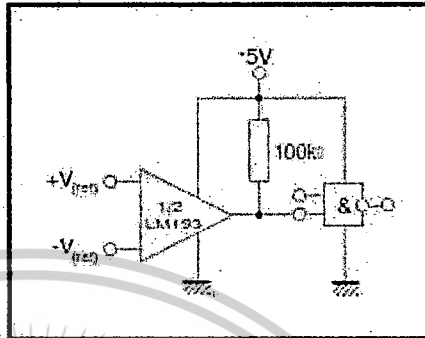
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL APPLICATIONS

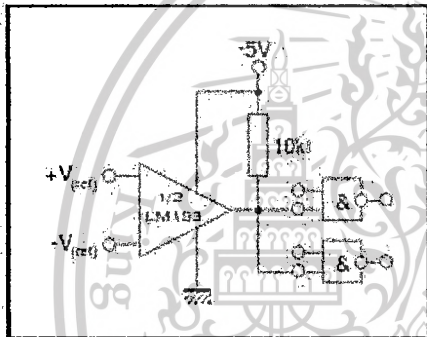
BASIC COMPARATOR



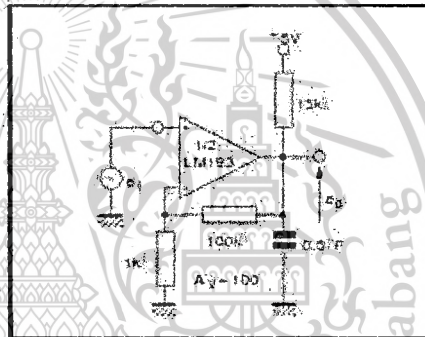
DRIVING CMOS



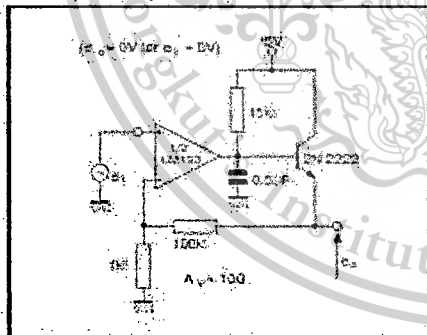
DRIVING TTL



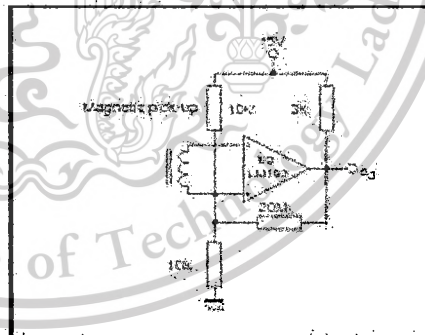
LOW FREQUENCY OP AMP



LOW FREQUENCY OP AMP

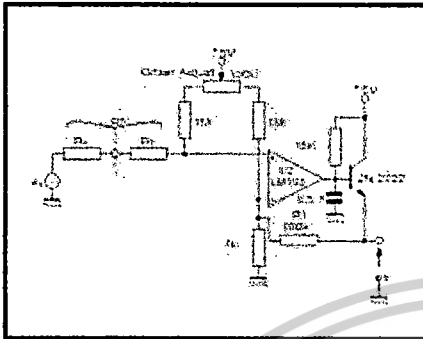


TRANSDUCER AMPLIFIER

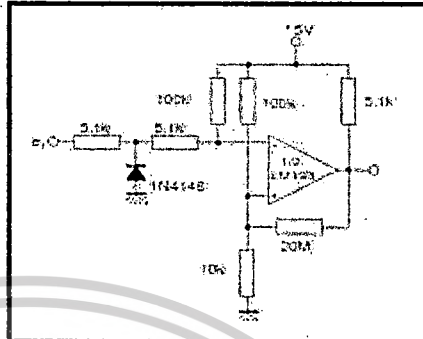


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

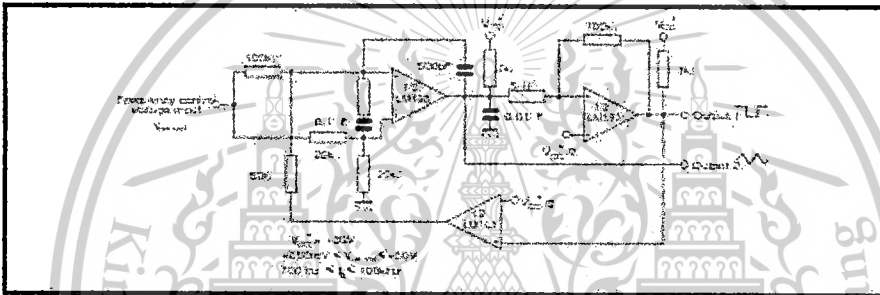
LOW FREQUENCY OP AMP WITH OFFSET ADJUST



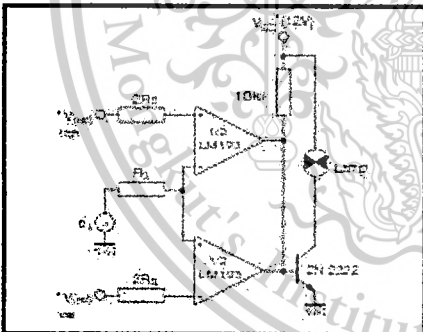
ZERO CROSSING DETECTOR (single power supply)



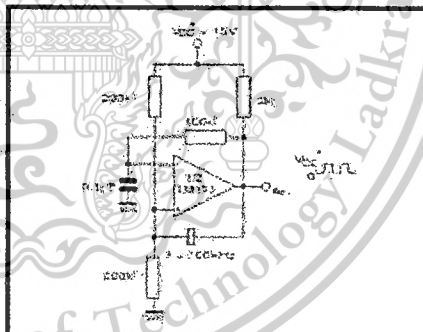
TWO-DECADE HIGH-FREQUENCY VCO



LIMIT COMPARATOR



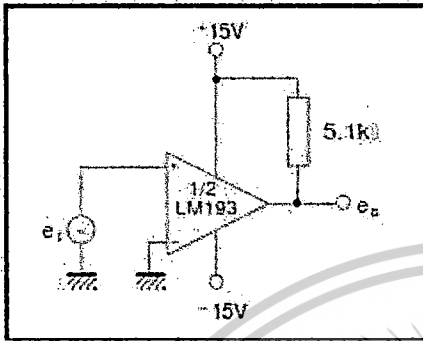
CRYSTAL CONTROLLED OSCILLATOR



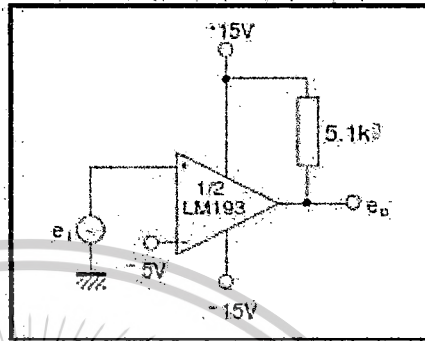
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPLIT-SUPPLY APPLICATIONS

ZERO CROSSING DETECTOR



COMPARATOR WITH A NEGATIVE REFERENCE



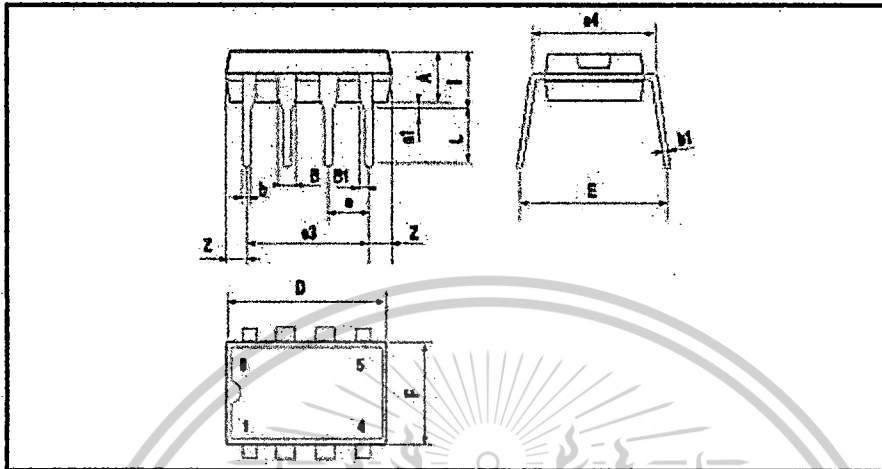
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

LM193-LM293-LM393

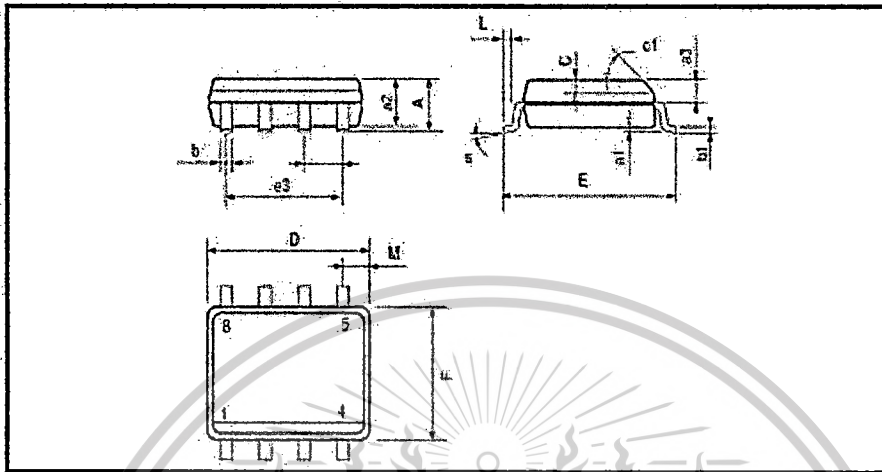
PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - PLASTIC DIP



| Dimensions | Millimeters | | | Inches | | |
|------------|-------------|------|-------|--------|-------|-------|
| | Min. | Typ. | Max. | Min. | Typ. | Max. |
| A | | 3.32 | | | 0.131 | |
| a1 | 0.51 | | | 0.020 | | |
| B | 1.15 | | 1.65 | 0.045 | | 0.065 |
| b | 0.356 | | 0.55 | 0.014 | | 0.022 |
| b1 | 0.204 | | 0.304 | 0.008 | | 0.012 |
| D | | | 10.92 | | | 0.430 |
| E | 7.95 | | 9.75 | 0.313 | | 0.384 |
| e | | 2.54 | | | 0.100 | |
| e3 | | 7.62 | | | 0.300 | |
| e4 | | 7.62 | | | 0.300 | |
| F | | | 6.6 | | | 0.260 |
| G | | | 5.08 | | | 0.200 |
| L | 3.18 | | 3.61 | 0.125 | | 0.150 |
| Z | | | 1.52 | | | 0.060 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

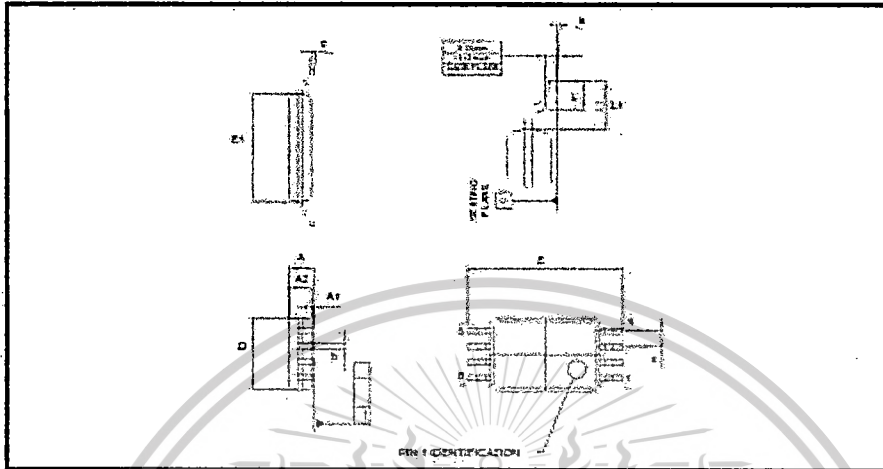
PACKAGE MECHANICAL DATA
8-PINS - PLASTIC MICROPACKAGE (SO)



| Dimensions | Millimeters | | | Inches | | |
|------------|-------------|------|------|--------|------------|-------|
| | Min. | Typ. | Max. | Min. | Typ. | Max. |
| A | | | 1.75 | | | 0.069 |
| a1 | 0.1 | | 0.25 | 0.004 | | 0.010 |
| a2 | | | 1.65 | | | 0.065 |
| a3 | 0.65 | | 0.85 | 0.026 | | 0.033 |
| b | 0.35 | | 0.45 | 0.014 | | 0.019 |
| b1 | 0.19 | | 0.25 | 0.007 | | 0.010 |
| C | 0.25 | | 0.6 | 0.010 | | 0.020 |
| c1 | | | | | 45° (typ.) | |
| D | 4.8 | | 5.0 | 0.189 | | 0.197 |
| E | 5.8 | | 6.2 | 0.228 | | 0.244 |
| e | | 1.27 | | | 0.050 | |
| e3 | | 8.91 | | | 0.350 | |
| F | 3.8 | | 4.0 | 0.150 | | 0.157 |
| L | 0.4 | | 1.27 | 0.016 | | 0.050 |
| M | | | 0.6 | | | 0.024 |
| S | | | | | 8° (max.) | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

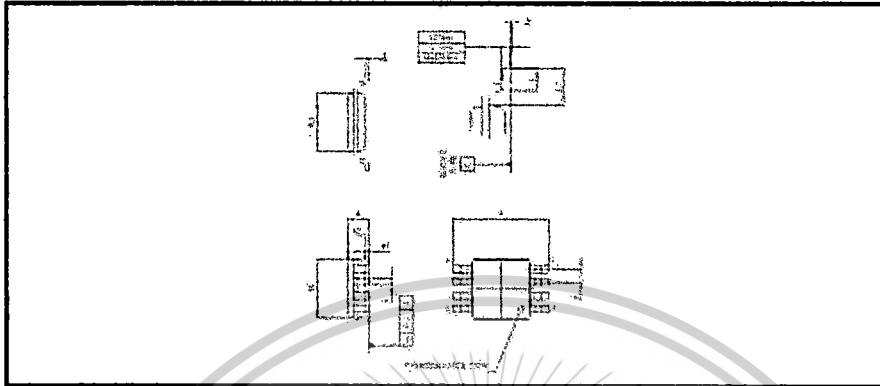
PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - THIN SHRINK SMALL OUTLINE PACKAGE



| Dimensions | Millimeters | | | Inches | | |
|------------|-------------|-------|------|--------|--------|-------|
| | Min. | Typ. | Max. | Min. | Typ. | Max. |
| A | | | 1.20 | | | 0.05 |
| A1 | 0.05 | | 0.15 | 0.01 | | 0.006 |
| A2 | 0.80 | 1.00 | 1.05 | 0.031 | 0.039 | 0.041 |
| b | 0.19 | | 0.30 | 0.007 | | 0.15 |
| c | 0.09 | | 0.20 | 0.003 | | 0.012 |
| D | 2.90 | 3.00 | 3.10 | 0.114 | 0.118 | 0.122 |
| E | | 3.40 | | | 0.252 | |
| E1 | 4.30 | 4.40 | 4.50 | 0.169 | 0.173 | 0.177 |
| e | | 0.65 | | | 0.025 | |
| h | 0° | | 8° | 0° | | 8° |
| l | 0.50 | 0.60 | 0.75 | 0.09 | 0.0236 | 0.030 |
| L | 0.45 | 0.600 | 0.75 | 0.018 | 0.024 | 0.030 |
| L1 | | 1.000 | | | 0.039 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - PLASTIC MICROPACKAGE (miniSO)



| Dimensions | Millimeters | | | Inches | | |
|------------|-------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | Min. | Typ. | Max. | Min. | Typ. | Max. |
| A | | | 1.100 | | | 0.043 |
| A1 | 0.050 | 0.100 | 0.150 | 0.002 | 0.004 | 0.006 |
| A2 | 0.780 | 0.860 | 0.940 | 0.031 | 0.034 | 0.037 |
| b | 0.250 | 0.330 | 0.400 | 0.010 | 0.013 | 0.016 |
| c | 0.130 | 0.180 | 0.230 | 0.005 | 0.007 | 0.009 |
| D | 2.900 | 3.000 | 3.100 | 0.114 | 0.118 | 0.122 |
| E | 4.750 | 4.900 | 5.050 | 0.187 | 0.193 | 0.199 |
| E1 | 2.900 | 3.000 | 3.100 | 0.114 | 0.118 | 0.122 |
| e | | 0.650 | | | 0.026 | |
| L | 0.400 | 0.550 | 0.700 | 0.016 | 0.022 | 0.028 |
| L1 | | 0.950 | | | 0.037 | |
| k | td | 3d | 6d | td | 3d | 6d |
| aaa | | | 0.100 | | | 0.004 |

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

© The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 2002 STMicroelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved
STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia
Mexico - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States
© <http://www.st.com>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

PN2222A



MMBT2222A



PZT2222A



NPN General Purpose Amplifier

- This device is for use as a medium power amplifier and switch requiring collector currents up to 500mA.
- Sourced from process 19.

Absolute Maximum Ratings * $T_c = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

| Symbol | Parameter | Value | Units |
|-----------|--|-----------|------------------|
| V_{CE0} | Collector-Emitter Voltage | -40 | V |
| V_{CB0} | Collector-Base Voltage | -75 | V |
| V_{EB0} | Emitter-Base Voltage | 6.0 | V |
| I_C | Collector Current | 1.0 | A |
| T_{STG} | Operating and Storage Junction Temperature Range | -25 ~ 150 | $^\circ\text{C}$ |

* These ratings are applied only to those which have electrical and mechanical leads. Max. lead length is 0.100 inch.

NOTES:

- 1) These ratings are based on a reference temperature of 25°C unless noted.
- 2) These are industry data only. The manufacturer's consent on this data product is not for any other application.

Electrical Characteristics * $T_c = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

| Symbol | Parameter | Test Condition | Min. | Max. | Units |
|----------------------------|--------------------------------------|--|---|------------|---------------|
| Off Characteristics | | | | | |
| BV_{CE0} | Collector-Emitter Breakdown Voltage | $I_C = 10\text{mA}, I_B = 0$ | 40 | | V |
| BV_{CB0} | Collector-Base Breakdown Voltage | $I_C = 10\text{mA}, I_E = 0$ | 75 | | V |
| BV_{EB0} | Emitter-Base Breakdown Voltage | $I_C = 10\text{mA}, I_C = 0$ | 6.0 | | V |
| I_{C0} | Collector Cutoff Current | $V_{CE} = 50\text{V}, V_{BE} = 0$ | | 10 | μA |
| I_{CBO} | Collector Cutoff Current | $V_{CB} = 50\text{V}, I_E = 0$ | | 0.01 | μA |
| I_{E0} | Emitter Cutoff Current | $V_{EB} = 3.0\text{V}, I_C = 0$ | | 10 | μA |
| I_{B0} | Base Cutoff Current | $V_{CB} = 50\text{V}, V_{EB} = 0$ | | 20 | μA |
| On Characteristics | | | | | |
| β_{FE} | DC Current Gain | $I_C = 0.1\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}$ $I_C = 1.0\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}$ $I_C = 10\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}$ $I_C = 10\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}, T_c = -55^\circ\text{C}$ $I_C = 150\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}$ $I_C = 150\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}$ $I_C = 500\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}$ | 35 30 75 30 100 50 40 | 300 | |
| $V_{CE(sat)}$ | Collector-Emitter Saturation Voltage | $I_C = 150\text{mA}, V_{BE} = 1.0\text{V}$ $I_C = 500\text{mA}, V_{BE} = 1.0\text{V}$ | | 0.3 1.0 | V |
| $V_{BE(sat)}$ | Base-Emitter Saturation Voltage | $I_C = 150\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}$ $I_C = 500\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}$ | 0.6 | 1.2 2.0 | V |

* Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Electrical Characteristics $T_a=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted (continued) | | | | | |
|---|--|---|----------|----------|----------|
| Symbol | Parameter | Test Condition | Min. | Max. | Units |
| Small Signal Characteristics | | | | | |
| f_T | Current Gain Bandwidth Product | $I_C = 20\text{mA}$, $V_{CE} = 20\text{V}$, $f = 180\text{MHz}$ | 300 | | MHz |
| C_{out} | Output Capacitance | $V_{CE} = 10\text{V}$, $I_C = 0$, $f = 1\text{MHz}$ | | 8.0 | pF |
| C_{in} | Input Capacitance | $V_{CE} = 0.5\text{V}$, $I_C = 0$, $f = 1\text{MHz}$ | | 25 | pF |
| τ_{BC} | Collector Base Time Constant | $I_C = 20\text{mA}$, $V_{CE} = 20\text{V}$, $f = 31.5\text{MHz}$ | | 150 | ps |
| nF | Noise Figure | $I_C = 100\mu\text{A}$, $V_{CE} = 10\text{V}$, $R_S = 1.0\text{k}\Omega$, $f = 1.0\text{kHz}$ | | 4.0 | dB |
| $\text{Re}(Z_{in})$ | Real Part of Common-Emitter High Frequency Input Impedance | $I_C = 20\text{mA}$, $V_{CE} = 20\text{V}$, $f = 300\text{MHz}$ | | 60 | Ω |
| Switching Characteristics | | | | | |
| t_d | Delay Time | $V_{CE} = 30\text{V}$, $V_{CE(sat)} = 0.5\text{V}$, $I_C = 150\text{mA}$, $I_B = 15\text{mA}$ | | 10 | ns |
| t_r | Rise Time | | | 25 | ns |
| t_s | Storage Time | $V_{CE} = 30\text{V}$, $I_C = 150\text{mA}$ | | 225 | ns |
| t_f | Fall Time | $I_{B1} = I_{B2} = 15\text{mA}$ | | 60 | ns |
| Thermal Characteristics $T_a=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted | | | | | |
| Symbol | Parameter | Max. | | | Units |
| | | P2222A | MMBT222A | *P2T222A | |
| P_D | Total Device Dissipation (Derate above 25°C) | 0.25 | 350 | 1,003 | mW |
| | | 5.0 | 2.8 | 8.0 | mW/°C |
| $R_{\theta JC}$ | Thermal Resistance, Junction to Case | 83.3 | | | °C/W |
| $R_{\theta JA}$ | Thermal Resistance, Junction to Ambient | 203 | 357 | 125 | °C/W |

* Device mounted on PCB (1.27 x 1.27 x 0.8mm)
 † Device mounted on PCB (1.27 x 1.27 x 0.8mm) with 1.5sqmm mounting pad for pin contacts (see pin. 2007)

Spice Model

NPN (Q1 = 14.341 X1 = 3 E0 = 1.11 Vaf = 74.03 E1 = 255.9 Ne = 1.307 Ibc = 14.31 I1 = 25.47 X1b = 1.5 B1 = 0.092 I2c = 0.1er = 0 Rc = 1 Cc1 = 7.302e M1c = 3415 V1c = .75 Fd = 3 C1c = 22.01e M1s = .377 V1e = .75 T1 = 40.51e T1 = 41.1.1e I2 = .0 V1f = 1.7 X1f = 3 Rb = 16)

CS24: T-Model Semiconductor Corporation

Rev. 01, August 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics

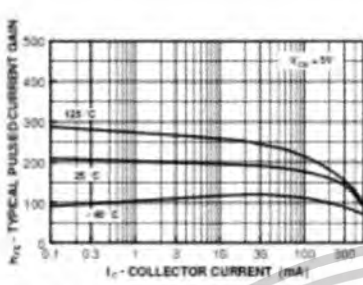


Figure 1. Typical Pulsed Current Gain vs Collector Current

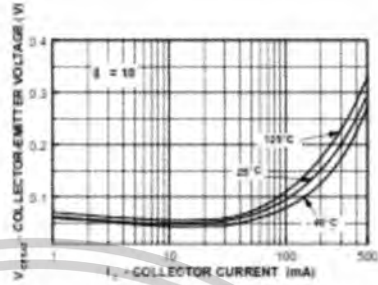


Figure 2. Collector-Emitter Saturation Voltage vs Collector Current



Figure 3. Base-Emitter Saturation Voltage vs Collector Current



Figure 4. Base-Emitter On Voltage vs Collector Current

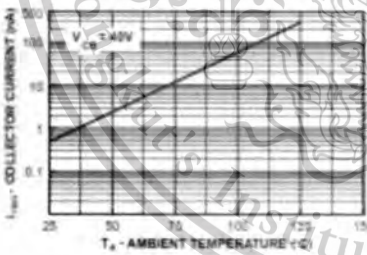


Figure 5. Collector Cutoff Current vs Ambient Temperature

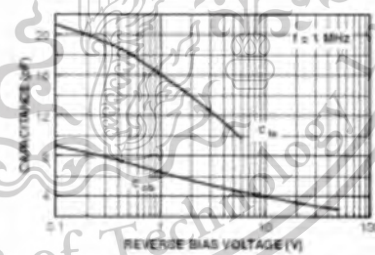


Figure 6. Emitter Transition and Output Capacitance vs Reverse Bias Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics

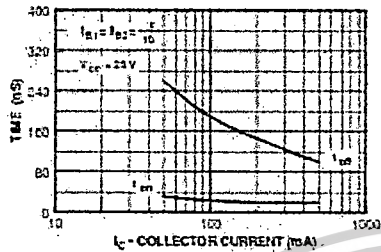


Figure 7. Turn On and Turn Off Times vs Collector Current

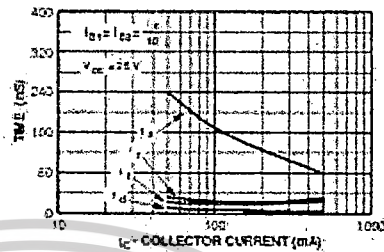


Figure 8. Switching Times vs Collector Current

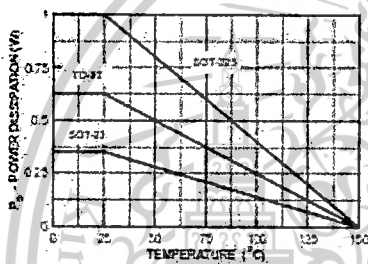


Figure 9. Power Dissipation vs Ambient Temperature

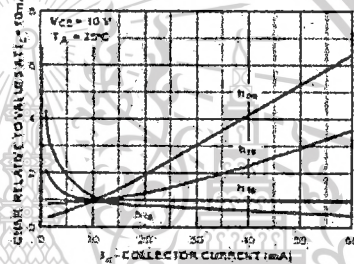


Figure 10. Common Emitter Characteristics

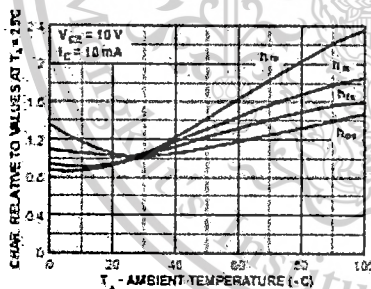


Figure 11. Common Emitter Characteristics

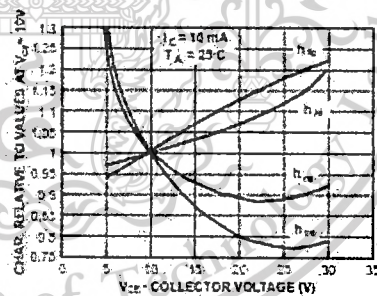
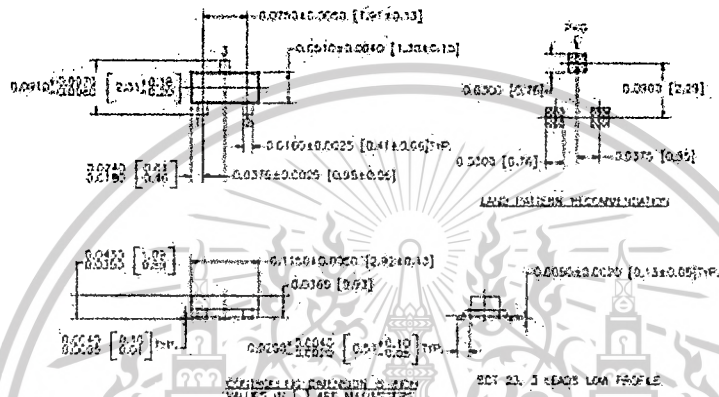


Figure 12. Common Emitter Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Dimensions (Continued)

SOT-23



NOTE: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
1. STANDARD LEAD THICKNESS 150 MICROMETERS / 5.91 MILLIMETERS
MINIMUM THICKNESS / LEAD (SOLDER) ON ALLOY 42
2. REFERENCE JEDEC PAPER J10-24C, MOUNTING AP, ISSUE 8, DATED JULY 1993



Dimensions in Millimeters

©2022 Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Rev. A1, August 2024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and/or registered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

| | | | | |
|--------------------------------------|---------------------|---------------|---------------------|-----------------|
| ACEX™ | FAST™ | ISOPLANAR™ | Power247™ | SuperFET™ |
| ActiveArray™ | FACTr™ | LiteFET™ | PowerSaver™ | SuperSOT™.3 |
| Bottomless™ | FPS™ | MICROCOUPLER™ | PowerTrench™ | SuperSOT™.6 |
| CoolFET™ | FRFET™ | MicroFET™ | QFET™ | SuperSOT™.8 |
| CROSSVOLT™ | GlobalIsolator™ | MicroPak™ | QS™ | SynCFET™ |
| DOVE™ | GTO™ | MICROWIRE™ | QT Optoelectronics™ | ThinLogic™ |
| EcoSPARK™ | HiSeC™ | MSX™ | Quiet Series™ | TINYOPTO™ |
| E ² CMOS™ | IC™ | MSXPro™ | RapidConfigure™ | TriTranslation™ |
| EnSigna™ | ILCo™ | QCC™ | RapidConnect™ | UHC™ |
| FACT™ | ImplicitDisconnect™ | OCXPro™ | uSerDes™ | UltraFET™ |
| FACT Quiet Series™ | | OPTOLOGIC™ | SILENT SWITCHER™ | VCX™ |
| Across the board, Around the world.™ | | OPTOPLANAR™ | SMART START™ | |
| The Power Franchise™ | | PACMAN™ | SPM™ | |
| Programmable Active Droop™ | | POP™ | Stealth™ | |

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN. NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which: (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

| Datasheet Identification | Product Status | Definition |
|--------------------------|------------------------|---|
| Advance information | Formative or In Design | This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice. |
| Preliminary | First Production | This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design. |
| No Identification Needed | Full Production | This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design. |
| Obsolete | Not in Production | This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild Semiconductor. The datasheet is printed for reference information only. |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล.....ดร.ดอน อิศรางกร.....

เพศ ชาย หญิง วันเดือนปีเกิด..... 4 ธันวาคม 2520..... อายุ 35..... ปี

สถานภาพ โสด สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

ประวัติการศึกษา

| ชื่อย่อปริญญา | สาขา | สถาบันที่จบ | ปีที่จบ |
|---------------|-----------------------------------|---|---------|
| Ph.D. | Microsystems and Microelectronics | Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Switzerland | 2011 |
| M.Eng. | Control Engineering | KMITL | 2003 |
| B.Eng. | Electronics Engineering | KMITL | 2000 |

ประสบการณ์วิจัยหรือสาขาที่ชำนาญ..... Microsensors and microactuators, Piezoelectric materials for sensing and actuating applications, MEMS process development, Energy harvesting systems, PowerMEMS.....

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

| ปี พ.ศ. | ชื่อรางวัล | สถาบันที่ให้ |
|---------|--|--|
| 2013 | Sci & Tech Initiative and Sustainability Awards (STISA 6 th) | The Thai Institute of Chemical Engineering and Applied Chemistry |
| 2011 | Good Ph.D. thesis award | Office of National Research Council of Thailand |
| 2011 | Prix de La Ville de La Chaux-de-Fonds 2011 | Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Switzerland |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

| ปี พ.ศ. | ทุนการศึกษาและทุนวิจัย | สถาบันที่ให้ |
|-----------|--|-----------------|
| 2006-2010 | Thai Government Science and Technology Scholarship | Thai Government |
| 2001-2003 | Royal Thai Government Scholarship | Thai Government |
| | | |
| | | |

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

- **Don Isarakorn** (Principal investigator), Noppadol Maneerat and Bundit Pasaya, **“Fundus Image Database System and Primary Diabetic Retinopathy Screening Software,”** A New Researcher Scholarship of CSTC, MOST, 2012.
- **Don Isarakorn** (Principal investigator), Songmoung Nundrakwang, Noppadol Maneerat and Kasemsuk Sepsirisuk, **“Design and Development of an Electric Stand-up Wheelchair,”** Faculty of Engineering, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, 2012.
- **Don Isarakorn** (Principal investigator) and Songmoung Nundrakwang, **“Self-powered System for Machine Condition Monitoring Applications,”** Faculty of Engineering, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, 2012.

การเสนอผลงานวิชาการ

- **ดอน อิศรากร,** สองเมือง นันทขว้าง, ชัชพล สิตพิพัฒน์, กาญจพงศ์ ไชยรัตน์, วชิรินทร์ กิจวิไลรักษ์ และหฤทัย เขียมประกายกุล, **“อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานขนาดเล็กส่วนจากการเคลื่อนที่ของมนุษย์,”** การประชุมเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9, นครนายก, ประเทศไทย หน้า 94-99, 2556
- **ดอน อิศรากร,** สองเมือง นันทขว้าง, ณัฐพล พรณัฐภูมิกุล, วิรุฒ แหม่มชัย และสิรินดา มวารธนะ, **“การเก็บเกี่ยวพลังงานจากข้อต่อหัวเข้าโดยใช้สเปคโตรเปอร์มอเตอร์,”** การประชุมเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9, นครนายก, ประเทศไทย หน้า 154-159, 2556
- **ดอน อิศรากร,** สองเมือง นันทขว้าง, ธนากร หมุ่มทอง, ธนาพร สิริโสภาทรรณราช, พรสุดา พัศธร และวิรุฒม์ ยืนยง, **“การเก็บเกี่ยวพลังงานจากรถเข็นมือปิ้ง,”** การประชุมเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9, นครนายก, ประเทศไทย หน้า 160-165, 2556
- **ดอน อิศรากร,** สองเมือง นันทขว้าง, ฐาปนันท์ สุธาวิยางกูร, มุลพร สุโกส และเฉลิมชัย จงสินทวี, **“การเก็บเกี่ยวพลังงานจาก การกระแทกโดยใช้โซลาร์เซลล์เพื่อติดตามสภาพเครื่องจักร,”** การประชุมเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9, นครนายก, ประเทศไทย หน้า 205-210, 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

- ดอน อิศรากร, สองเมือง นันทขว้าง, โกมล บัญญัติเลิศถาวร, กฤษณา ประภาณุกิต และวีณา จงเจริญกมล, “พื้นกำเนิดพลังงานจากเพียโซอิเล็กทริก,” การประชุมเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9, นครนายก, ประเทศไทย หน้า 988-993, 2556
- ดอน อิศรากร, สองเมือง นันทขว้าง, ธนพล บุญโชติ, บุลกร สีเหลืองเย็น และพงษ์ศธร นุ่มทอง, “การออกแบบใบหญ้าเพียโซอิเล็กทริกเพื่อเก็บเกี่ยวพลังงานจากลม,” การประชุมเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9, นครนายก, ประเทศไทย หน้า 1000-1005, 2556
- ดอน อิศรากร, สองเมือง นันทขว้าง, ณวันยุทธ แสนจิตร, ณัฐพงศ์ เหมือนหม้อ และธงชัย ทองคำ, “การศึกษาระดับการสั่นของสะพานเพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับเซนเซอร์,” การประชุมเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9, นครนายก, ประเทศไทย หน้า 89-93, 2556

ผลงานสิทธิบัตร/สิ่งประดิษฐ์/งานสร้างสรรค์ (ศิลปะ หรือ อื่นๆ)

“Energy Scavenging from a Rotating Gear using an Impact Type Piezoelectric MEMS Scavenger”, International Patent: P2203PC00/ European Patent: N°EP 11168703.4

“Piezoelectric energy generating device from impact force”, Thai patent: Patent pending no. 1201006020

“Piezoelectric energy harvesting floor”, Thai patent: Patent pending no. 1201006021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล.....นายสองเมือง นันทขว้าง.....

เพศ ชาย หญิง วันเดือนปีเกิด.....อายุ.....ปี

สถานภาพ โสด สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

ประวัติการศึกษา

| ชื่อย่อปริญญา | สาขา | สถาบันที่จบ | ปีที่จบ |
|---------------|---------------------|-------------|---------|
| M.Eng. | Control Engineering | KMITL | 2005 |
| B.Eng. | Control Engineering | KMITL | 2003 |

ประสบการณ์วิจัยหรือสาขาที่ชำนาญ Machine Design, Mechatronic System Modeling, Control Systems

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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