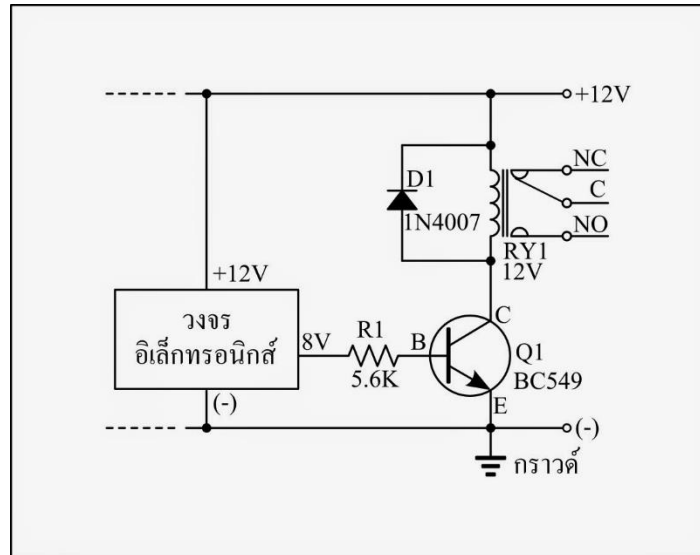


วงจรขับรีเลย์ด้วยทรานซิสเตอร์ NPN และ ไดโอด



http://4.bp.blogspot.com/-_Ll5JTtG8Y4/U5JZR9t13GI/AAAAAAAAAAs/L1RQK3Y0iwo/s1600/03.tif

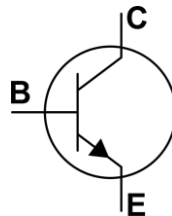
รูปที่ 1

ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN



สารกึ่งตัวนำของทรานซิสเตอร์ประเภทนี้ ประกอบด้วยสารชนิด N 2 ตัวและชนิด P 1 ตัววางตัวสลับกันหรืออาจเรียกได้ว่า (Negative-Positive-Negative)

สัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์



http://commandronestore.com/learning/learning_img/preview_img/transistor000/transistor000_2.gif

รูปที่ 2

NPN

แบบ NPN สังเกตที่หัวลูกศรมีทิศจาก C ไป E นั่นคือในสภาวะทำงานปกติ กระแสไฟฟ้าจะไหลจาก C ไป E (E เป็นกราวด์)

ทรานซิสเตอร์แบบพื้นฐานจะมีขา 3 ขา ได้แก่

- 1.ขา C หรือ Collector
- 2.ขา E หรือ Emitter
- 3.ขา B หรือ Base (ขาคอนโทรล)

ทรานซิสเตอร์แต่ละรุ่นก็จะมีตำแหน่งของขาแตกต่างกันไป เพราะฉะนั้นการใช้งานทุกครั้ง ต้องดู Datasheet ของแต่ละรุ่นให้ดีกว่า

หลักการทำงานของ NPN Transistor

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าเพียงเล็กน้อยที่ขา B, ทรานซิสเตอร์ก็จะอยู่ในสภาวะทำงาน มันก็จะยอมให้กระแสไฟฟ้าที่มากกว่าหลายเท่า ไหลผ่านขา C ไปยังขา E ได้, แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าไม่มีกระแสไฟฟ้าที่ขา B เลย, ทรานซิสเตอร์จะอยู่ในสภาวะ Cut-Off คือมันจะบล็อกไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขา C ไป E ได้ (แบบ NPN ขา E ทำหน้าที่เป็นกราวด์)

ย่านการทำงานของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์มีโหมดการทำงานอยู่หลัก 4 โหมดได้แก่

- 1.Active Mode คือโหมดที่มีการทำงาน ซึ่งในโหมดนี้ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขา CE จะเป็นสัดส่วนกับกระแสไฟฟ้าที่ขา B คือยิ่งกระแสไฟฟ้าที่ขา B มีค่ามาก กระแสที่ CE ก็จะมีค่ามากๆ แต่จะมากไม่ถึงและไม่เกินแหล่งจ่าย Vcc
- 2.Cut-Off Mode คือโหมดที่ไม่มีการทำงาน ไม่มีกระแสที่ขา B จึงไม่มีกระแสที่ CE ด้วย เปรียบเสมือนเป็นวงจรเปิด
- 3.Saturation Mode คือโหมดอิ่มตัว คล้ายๆกับ Active Mode แต่ในโหมดนี้คือการที่กระแสไฟฟ้าที่ขา B มากจนอิ่มตัว เป็นผลให้ CE ได้รับกระแสมากที่สุดคือ จะได้รับแรงดันจากแหล่งจ่ายโดยตรง (แรงดัน CE มีค่าเท่ากับแรงดัน Vcc) เปรียบเสมือน ทรานซิสเตอร์ Shot Circuit ซึ่งเป็นโหมดที่นิยมใช้ เพราะ LOAD จะได้รับกระแสสูงสุด
- 4.Reverse-Active Mode คล้ายกับ Active Mode เช่นกัน แต่ในโหมดนี้ กระแสไฟฟ้าจะไหลจากขา E ไปขา C แทน ใช้ในงานบางงาน

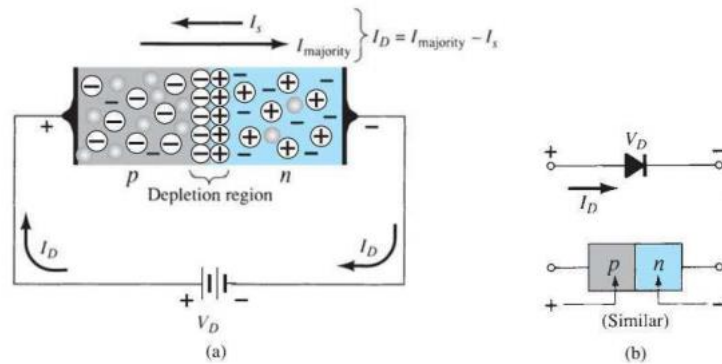
ไดโอด (Diode)

ไดโอด เป็นอุปกรณ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ p-n สามารถควบคุมให้กระแสไฟฟ้าจากภายนอกไหลผ่านตัวมันได้ทิศทางเดียว ไดโอดประกอบด้วยขั้ว 2 ขั้ว คือ แอโนด (Anode ; A) ซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด p และ แคโทด (Cathode ; K) ซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด n ดังรูป

การทำงานของไดโอด

ไดโอดจะทำงานได้ต้องต่อแรงดันไฟให้กับขาของไดโอด การต่อแรงดันไฟให้กับไดโอด เรียกว่า การให้ไบแอส (BIAS) การให้ไบแอสแก่ไดโอดมีอยู่ 2 วิธีคือ

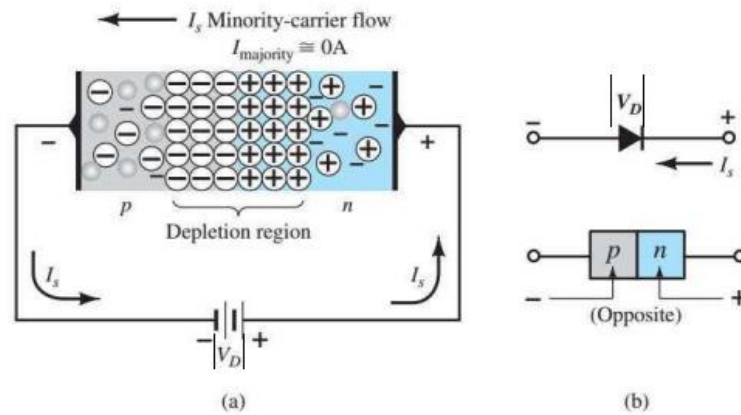
1. การให้ไบแอสตามหรือเรียกว่า ฟอว์เวิร์ดไบแอส (FORWARD BIAS) การให้ไบแอสแบบนี้คือ ต่อขั้วบวกของแรงดันไฟตรงเข้ากับสารกึ่งตัวนำประเภทพีและต่อขั้วลบของแรงดันไฟตรงเข้ากับสารกึ่งตัวนำประเภทเอ็น ตามรูป



ที่มา : สื่อการเรียนวิชา อิเล็กทรอนิกส์สำหรับวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ โดย รองศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ ภิระวิทยา

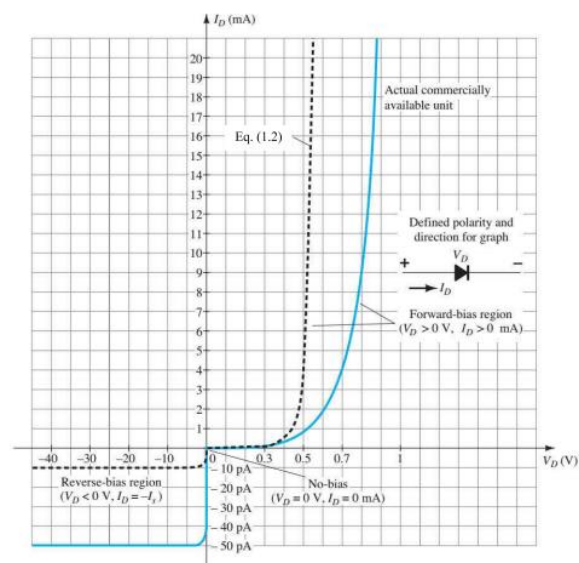
การต่อไบแอสตามให้กับไดโอดจะทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวไดโอดได้ง่ายเหมือนกับไดโอดตัวนั้นเป็นสวิตช์อยู่ในลักษณะต่อทำให้สารกึ่งตัวนำประเภทพีและสารกึ่งตัวนำประเภทเอ็นมีค่าความต้านทานต่ำ กระแสไฟจึงไหลผ่านไดโอดได้

2. การไบแอสอุปกรณ์ไดโอดย้อนกลับ หรือที่เรียกว่า Reverse Bias ซึ่งการไบแอสในลักษณะนี้จะเป็นการกำหนดให้ขั้ว A (Anode) ที่มีลักษณะของสารเป็นสาร P มีค่าของแรงดันน้อยกว่าขั้ว K (Cathode) ที่มีลักษณะของสารเป็นสาร N ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวนี้ก็จะทำให้ไดโอดนั้นไม่สามารถที่จะนำกระแสได้ และจากลักษณะของการไบแอสนี้นั้นมันก็จะกลายเป็นลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ไดโอดในทางอุดมคติ (Ideal Diode) อีกอย่างหนึ่งนะครับ ดังแสดงในรูป



ที่มา : สื่อการเรียนวิชา อิเล็กทรอนิกส์สำหรับวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ โดย รองศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ กิระวิทยา

จากที่ได้กล่าวมาในตอนต้นนั้น เราสามารถที่จะทำการเขียนกราฟเพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดัน และค่าของกระแสของอุปกรณ์ไดโอดในทางอุดมคติ (Ideal Diode) ได้ ดังแสดงในรูป



ที่มา : สื่อการเรียนวิชา อิเล็กทรอนิกส์สำหรับวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ โดย รองศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ กิระวิทยา

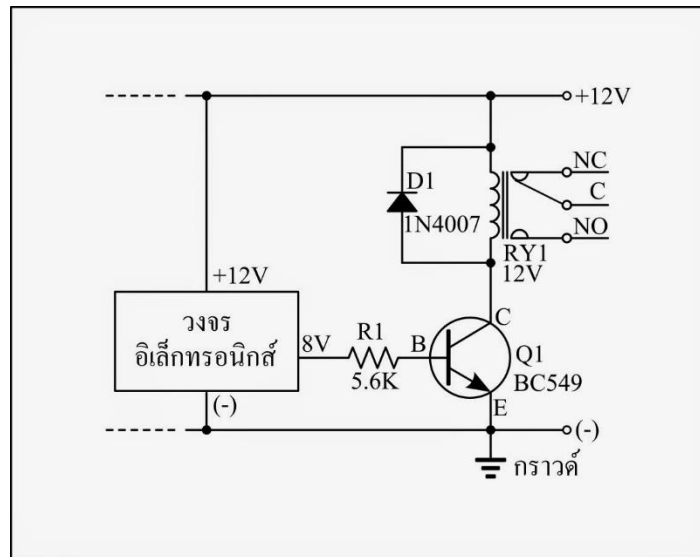
ไดโอดที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน มี 2 ชนิด คือ

1. ไดโอดที่ทำจากซิลิคอนเรียกว่า ซิลิคอนไดโอดเป็นไดโอดที่ทนกระแสไฟได้สูงและสามารถใช้งานได้ในที่อุณหภูมิสูงถึง 200°C นิยมเอาไดโอดแบบนี้ใช้ในวงจรเรียงกระแส

2. ไดโอดทำจากเยอรมาเนียมเรียกว่า เยอรมาเนียมไดโอด ไดโอดแบบนี้ทนกระแสได้ต่ำกว่าแบบซิลิคอน ทนความร้อนได้ประมาณ 85°C ไดโอดแบบเยอรมาเนียมใช้ได้ดีในวงจรที่มีความถี่สูง นิยมนำไดโอดแบบนี้ไปใช้ในวงจรแยกสัญญาณหรือวงจรผสมสัญญาณ

ถ้าป้อนแรงดันไฟให้กับไดโอด โดยการเพิ่มแรงดันไฟที่แหล่งจ่ายจาก 0 โวลต์ ตอนแรกไดโอดยังไม่ทำงานคือไม่มีกระแสไฟไหล เมื่อเพิ่มแรงดันไฟถึง 1 โวลต์ก็ยังไม่มีการไหลผ่านรอยต่อไดโอด เพราะตรงรอยต่อระหว่างสารกึ่งตัวนำประเภทพีและประเภทเอ็น ยังมีแนวขวางกั้นศักย์อยู่ เพื่อให้แนวขวางกั้นศักย์ลดลง ต้องให้แรงดันไฟสูงกว่าค่าแนวขวางกั้นศักย์ จึงจะมีกระแสไฟไหลผ่านไดโอด ถ้าเป็นซิลิคอนไดโอดต้องเพิ่มแรงดันไฟตั้งแต่ 0.5-0.7 โวลต์ จึงจะมีกระแสไฟไหลผ่านในไดโอด และแรงดันไฟตั้งแต่ 0.2-0.3 โวลต์ สำหรับไดโอดที่ทำจากเยอรมาเนียม

วงจรขับรีเลย์ด้วยทรานซิสเตอร์ NPN และไดโอด



http://4.bp.blogspot.com/-_LL5JTtG8Y4/U5JZR9t13GI/AAAAAAAAAs/L1RQK3Y0iwo/s1600/03.tif

รูปที่ 3

วงจรขับรีเลย์ด้วยทรานซิสเตอร์ที่ใช้อยู่มาเมื่อใช้ไฟเลี้ยงประมาณ 12V จึงใช้รีเลย์ขนาด 12V วงจรอิเล็กทรอนิกส์จ่ายแรงดันออกมาประมาณ 8V(หรือใกล้เคียง) ส่วนกระแสที่จ่ายออกมาน้อยมากไม่เกิน 0.02A หากเป็นแบบนี้ย่อมขับขดลวดรีเลย์ไม่ได้แน่ จึงเพิ่มทรานซิสเตอร์ Q1 เบอร์ BC549 เพื่อช่วยขยายกระแสให้สูงขึ้นจนขับขดลวดรีเลย์ได้ ส่วน R1 ก็ทำหน้าที่ลดไฟจากขาออกของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ให้เหลือประมาณ 0.7V เพียงพอที่ทรานซิสเตอร์จะทำงานได้ปกติดี สำหรับ D1 นั้นใส่ไว้เพื่อป้องกันไฟย้อนกลับจากขดลวดรีเลย์ไหลมาทำอันตรายกับวงจรต่างๆได้

Q1 เป็นทรานซิสเตอร์ NPN เบอร์ไหนก็ได้ ที่ทนแรงดันได้ประมาณ 15V ทนกระแสได้ 0.2A และมีค่า hFE ประมาณ 50 เช่น เบอร์ C828, C1815, C945 และอื่นๆ แต่ก็ควรตรวจสอบการใช้งานก่อนใช้

R1 ค่า ตั้งแต่ 3.3K, 3.9K ,4.7K ,5.6K, 6.8K, 8.2K และ 10K การใช้ตัวต้านทานค่าต่างๆ ย่อมไม่เป็นผลดีกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แต่การใช้ค่าความต้านทานสูงเกินไปก็อาจจะลดไฟมากเกินไปจนทำให้ Q1 ที่มีอัตราขยายไม่สูงพอ อาจจะทำงานผิดพลาดขับขดลวดรีเลย์ไม่ดีพอ

D1 ปกติเราเลือกใช้ได้หลายเบอร์ แต่ต้องเป็นไดโอดชนิด แต่ก็ควรเลือกเบอร์ที่ทนกระแสขั้นต่ำ 1A จะเหมาะสมกว่า

การออกแบบวงจรวงจรขับรีเลย์ด้วยทรานซิสเตอร์ NPN และไดโอด(เพิ่มเติม)

กระแสที่ใช้ขับ Relay $I = 12V / 300\Omega = 40mA$ ดังนั้นเราต้องใช้ I_c ของทรานซิสเตอร์ ให้มากกว่า 40mA อาจจะ เป็น 50-100mA เพื่อไว้สำหรับ Relay ที่ค่าความต้านทานอาจจะต่ำกว่า 300 Ω เช่น 200 Ω จะได้ขับไหว ต้องหา ทรานซิสเตอร์ ที่สามารถขับกระแสได้สัก 100mA เมื่อได้ทรานซิสเตอร์ที่เราจะใช้แล้ว ทำการวัด h_{fe} ของทรานซิสเตอร์

สมมติว่าเราได้ทรานซิสเตอร์ที่มี h_{fe} เท่ากับ 200 กำหนด $I_c = 100mA$, มาหา I_b กัน $I_b = 100mA / h_{fe} = 100mA / 200 = 500\mu A$ เราต้องใช้กระแส $I_b = 500\mu A$ เพื่อขับรีเลย์

ต่อมาเรามาค่าความต้านทาน R_5 กันเป็นตัวต้านทานจำกัดกระแสให้ ทรานซิสเตอร์

$$V = IR$$

$$(12V - 0.7V) = 500\mu A \times R_5$$

$$R_5 = (12V - 0.7V) / 500\mu A = 22.6K$$

หลาย ๆ คนอาจสงสัยว่าหลายวงจรใช้ 5K บ้าง 10K บ้าง อันนี้ก็ได้เพราะว่า การลดค่าความต้าน R_5 ลงจะเป็นการเพิ่มกระแส I_b แต่ I_c เพิ่มขึ้นไม่ได้เนื่องจากถูกจำกัด กระแสโดยความต้านทานของรีเลย์คือ 300 Ω กระแสไหลผ่านเต็มที่ก็แค่ 40mA ต่อมาจะใช้ R_5 ต่ำกว่านั้นได้อีกไหม ต้องดูว่าวงจรก่อนหน้านี้ให้กระแส Output (แรงดันที่จะมาเข้า Input ของเรา) ได้มากเท่าไร เช่น Opamp output current ประมาณ 2-3mA, เราต้องคำนวณ I_b ไม่เกินนี้ ข้อควรระวังการใช้ R_5 ต่ำเกินไปอาจทำให้ Opamp รับภาระกระแสที่ Output มากเกินไปทำให้เกิดความร้อนขึ้นมีอายุการใช้งานที่ไม่ยาวนาน ดังนั้นค่าพวก R_5 , transistor จะใช้ได้หลากหลายแบบขึ้นอยู่กับนักออกแบบแต่ละคน ใช้ Concept ที่ต่างกันไป

อ้างอิง

- สื่อการเรียนรู้ อีเล็กทรอนิกส์สำหรับวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ โดย รองศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ กิระวิทยา
- วงจรขับรีเลย์ด้วยทรานซิสเตอร์.
<http://www.eanic.com/blog/%E0%B8%A7%E0%B8%87%E0%B8%88%E0%B8%A3%E0%B8%97%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%8B%E0%B8%B4%E0%B8%AA%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C/>
สืบค้นวันที่ 22 เมษายน 2561
- ทรานซิสเตอร์คืออะไร.
<http://commandronestore.com/learning/transistor000.php>
สืบค้นวันที่ 22 เมษายน 2561
- ไดโอด (Diode) คืออะไร?
<http://www.psptech.co.th/%E0%B9%84%E0%B8%94%E0%B9%82%E0%B8%AD%E0%B8%94diode%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3-15184.page>
สืบค้นวันที่ 22 เมษายน 2561