

วงจรไอซีและการประยุกต์ใช้งาน

(IC Circuit and Applications)



วงจรไอซีและการประยุกต์ใช้งาน (IC Circuit and Applications)

กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์

ISBN 978-616-495-307-9

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2568

จำนวนที่พิมพ์ 3,000 เล่ม

เรียบเรียงโดย

สายัณต์ ชื่นอารมย์

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย..



วังอักษร



บริษัท วังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ

เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

โทร. 0-2472-3293-4

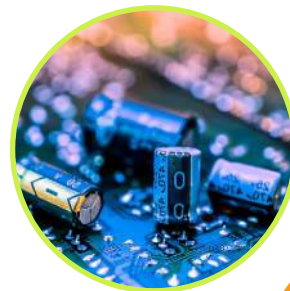
Mobile : 08-8585-1521

e-mail : wangaksorn9@gmail.com

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

www.wangaksorn.com

Line ID : wangaksorn



แถมฟรี

e-book แต่ละบทเรียน

ในรูปแบบ QR Code

บริษัท วังอักษร จำกัด ขอสงวนลิขสิทธิ์

ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 และพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์เพิ่มเติม พ.ศ. 2565
ห้ามมิให้ทำการคัดลอก ดัดแปลง แก้ไขเนื้อหา หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชนไม่ว่ารูปแบบใด
ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้ เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมาย
ของเจ้าของแต่ละราย บริษัทฯ มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด



ตารางกำหนดการจัดการเรียนรู้
วิชา วงจรไอซีและการประยุกต์ใช้งาน
(IC Circuit and Applications)

ครั้งที่	รายการ		จำนวนชั่วโมง		
	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ท	ป	รวม
1	บทเรียนที่ 1 คุณลักษณะสมบัติของไอซีออปแอมป์	ใบงานที่ 1.1 ทดสอบวงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า	1	3	4
2-5	บทเรียนที่ 2 การใช้งานไอซีออปแอมป์ในวงจรต่าง ๆ	ใบงานที่ 2.1 ทดสอบวงจรขยายกลับเฟสและวงจรขยายไม่กลับเฟส ใบงานที่ 2.2 ทดสอบวงจรขยายสัญญาณหลายช่องและวงจรขยายความแตกต่าง ใบงานที่ 2.3 วงจรแปลงรูปคลื่นสัญญาณและวงจรตามแรงดันไฟฟ้า ใบงานที่ 2.4 ทดสอบวงจรตรวจจับแสง	4	12	16
6-8	บทเรียนที่ 3 การประยุกต์ใช้ไอซีสำเร็จรูปในงานดิจิทัลและแอนะล็อก	ใบงานที่ 3.1 วงจรสวิตช์สัมผัส ใบงานที่ 3.2 ทดสอบวงจรมัลติไวเบรเตอร์ ใบงานที่ 3.3 ทดสอบวงจรแสดงผลและวงจรขับของวงจรไฟท้ายจักรยาน	3	9	12
9	บทเรียนที่ 4 ไอซีไทเมอร์	ใบงานที่ 4.1 ทดสอบสัญญาณพัลส์โดยใช้ไอซีไทเมอร์เบอร์ 555	1	3	4
10-11	บทเรียนที่ 5 ไอซีเรกูเลเตอร์	ใบงานที่ 5.1 ทดสอบวงจรเรกูเลเตอร์ใช้ไอซีเบอร์ 7815 ใบงานที่ 5.2 ทดสอบวงจรเรกูเลเตอร์ใช้ไอซีเบอร์ LM317L	2	6	8
12	บทเรียนที่ 6 ไอซีในงานกำเนิดสัญญาณ	ใบงานที่ 6.1 ทดสอบวงจรกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์ ใบงานที่ 6.2 ทดสอบวงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าหลายรูปแบบ	1	3	4
13-15	บทเรียนที่ 7 วงจรกำเนิดเสียงดนตรี วงจรขยายสัญญาณเสียง และวงจรเฟสล็อกกลุ่ม	ใบงานที่ 7.1 ทดสอบวงจรกำเนิดเสียงดนตรี ใบงานที่ 7.2 ทดสอบวงจรขยายสัญญาณเสียง ใบงานที่ 7.3 ทดสอบวงจรเฟสล็อกกลุ่ม	3	9	12
16-17	บทเรียนที่ 8 วงจรแอกทิฟฟิลเตอร์ และวงจรควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ	ใบงานที่ 8.1 วงจรกรองความถี่ ใบงานที่ 8.2 การทดสอบความเร็วติชมิเตอร์	2	6	8
18	ประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา		1	3	4
	รวม		18	54	72



คำนำ

บริษัท วังอักษร จำกัด ได้จัดทำหนังสือวิชา **วงจรไอซีและการประยุกต์ใช้งาน (IC Circuit and Applications)** เพื่อใช้ประกอบการและประกอบการเรียนการสอน ตามหลักสูตรอาชีวศึกษา (สอศ.) หลักสูตรส่งเสริมการเรียนรู้ (สกร.) หลักสูตรอุดมศึกษา ผู้สนใจในการพัฒนาการเรียนรู้และทักษะ

หนังสือเล่มนี้ประกอบด้วยเนื้อหาสาระ ใบงาน แบบฝึกหัดคู่ขนาน มีจุดประสงค์ในการยกระดับผู้เรียนให้เรียนทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อเสริมสร้างทักษะ ประสิทธิภาพ และการประยุกต์ใช้ได้จริง โดยเน้นกระบวนการเรียนรู้ที่มีคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ และกิจนิสัยในการทำงาน เพื่อสร้างสมรรถนะตามความต้องการของสถานประกอบการ เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้แบ่งออกเป็น **8 บทเรียน** คือ **บทเรียนที่ 1 คุณสมบัติสมบัติของไอซีออปแอมป์** **บทเรียนที่ 2 การใช้งานไอซีออปแอมป์ในวงจรต่าง ๆ** **บทเรียนที่ 3 การประยุกต์ใช้ไอซีสำเร็จรูปในงานดิจิทัลและแอนะล็อก** **บทเรียนที่ 4 ไอซีไทเมอร์** **บทเรียนที่ 5 ไอซีเรกูเลเตอร์** **บทเรียนที่ 6 ไอซีในงานกำเนิดสัญญาณ** **บทเรียนที่ 7 วงจรกำเนิดเสียงดนตรี วงจรขยายสัญญาณเสียง และวงจรเฟสล็อกกลุ่บ** และ**บทเรียนที่ 8 วงจรแอกทิฟฟิลเตอร์ และวงจรควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ**

หนังสือเล่มนี้มีเนื้อหาที่ทันสมัย ตามแผนการพัฒนาศึกษาด้านวิชาชีพ ซึ่งสอดคล้องกับ ยุทธศาสตร์ชาติและแผนการศึกษาแห่งชาติ เพื่อให้ผู้เรียนมีผลลัพธ์การเรียนรู้และสมรรถนะตามมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน สาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ 1

สายนต์ ชื่นอารมย์



สารบัญ

บทเรียนที่ 1	คุณลักษณะสมบัติของไอซีออปแอมป์	1
1.1	ลักษณะและวงจรภายในของไอซีออปแอมป์	2
1.2	ไอซีออปแอมป์ทางอุดมคติ	3
1.3	รายละเอียดไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741	4
1.4	ตำแหน่งขาไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741	4
1.5	แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าของไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741	5
1.6	วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของไอซีออปแอมป์	6
ใบงานที่ 1.1	ทดสอบวงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า	9
	แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 1	11
บทเรียนที่ 2	การใช้งานไอซีออปแอมป์ในวงจรต่าง ๆ	13
2.1	วงจรไอซีออปแอมป์แบบอินเวอร์ตติ้งแอมพลิฟายเออร์	14
2.2	วงจรไอซีออปแอมป์แบบนอนอินเวอร์ตติ้งแอมพลิฟายเออร์	16
2.3	วงจรไอซีออปแอมป์แบบซัมมิงแอมพลิฟายเออร์	17
2.4	วงจรไอซีออปแอมป์แบบดิฟเฟอเรนเชียลแอมพลิฟายเออร์	19
2.5	วงจรไอซีออปแอมป์แบบอินทิเกรตติ้งแอมพลิฟายเออร์	24
2.6	วงจรไอซีออปแอมป์แบบโวลเตจฟอลโลเวอร์	26
2.7	วงจรไอซีออปแอมป์แบบโลต์/ดาร์กเซนเซอร์	26
ใบงานที่ 2.1	ทดสอบวงจรขยายกลับเฟสและวงจรขยายไม่กลับเฟส	28
ใบงานที่ 2.2	ทดสอบวงจรขยายสัญญาณหลายช่องและวงจรขยายความแตกต่าง	31
ใบงานที่ 2.3	วงจรแปลงรูปคลื่นสัญญาณและวงจรตามแรงดันไฟฟ้า	34
ใบงานที่ 2.4	วงจรตรวจจับแสง	37
	แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 2	39



บทเรียนที่ 3 การประยุกต์ใช้ไอซีสำเร็จรูปในงานดิจิทัลและแอนะล็อก	42
3.1 วงจรดิจิทัลและวงจรฟลิปฟล็อป	43
3.2 วงจรมัลติไวเบอร์เตอร์	47
3.3 วงจรแสดงผลและวงจรขับ	48
ใบงานที่ 3.1 วงจรสวิตช์สัมผัส	52
ใบงานที่ 3.2 ทดสอบวงจรมัลติไวเบอร์เตอร์	54
ใบงานที่ 3.3 ทดสอบวงจรแสดงผลและวงจรขับของวงจรไฟท้ายจักรยาน	56
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 3	58
 บทเรียนที่ 4 ไอซีไทเมอร์	 62
4.1 โครงสร้างภายในไอซีไทเมอร์เบอร์ 555	63
4.2 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบอร์เตอร์ที่ใช้ไอซีเบอร์ 555	65
4.3 วงจรโมนอสเตเบิลมัลติไวเบอร์เตอร์ที่ใช้ไอซีเบอร์ 555	67
4.4 วงจรทดสอบไอซีไทเมอร์เบอร์ 555	68
ใบงานที่ 4.1 ทดสอบสัญญาณพัลส์โดยใช้ไอซีไทเมอร์เบอร์ 555	70
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 4	73
 บทเรียนที่ 5 ไอซีเรกูเลเตอร์	 75
5.1 ไอซีเรกูเลเตอร์ตระกูล 78XX และ 79XX	76
5.2 วงจรใช้งานไอซีเรกูเลเตอร์ตระกูล 78XX และ 79XX	78
5.3 ไอซีเรกูเลเตอร์เบอร์ LM317 และเบอร์ LM350	79
5.4 ไอซีเรกูเลเตอร์เบอร์ TL431	81
ใบงานที่ 5.1 ทดสอบวงจรเรกูเลเตอร์ใช้ไอซีเบอร์ 7815	85
ใบงานที่ 5.2 ทดสอบวงจรเรกูเลเตอร์ใช้ไอซีเบอร์ LM317L	87
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 5	89
 บทเรียนที่ 6 ไอซีในงานกำเนิดสัญญาณ	 92
6.1 ไอซีออปแอมป์กับการกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์	93
6.2 วงจรกำเนิดสัญญาณโดยใช้ไอซีเบอร์ ICL8038	96
ใบงานที่ 6.1 วงจรกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์	99
ใบงานที่ 6.2 ทดสอบวงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าหลายรูปแบบ	101
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 6	104



บทเรียนที่ 7 วงจรกำเนิดเสียงดนตรี วงจรขยายสัญญาณเสียง และวงจรเฟสล็อกกลุ่ม107

7.1 วงจรกำเนิดเสียงดนตรี	108
7.2 วงจรขยายสัญญาณเสียง	109
7.3 วงจรเฟสล็อกกลุ่ม	110
ใบงานที่ 7.1 ทดสอบวงจรกำเนิดเสียงดนตรี	117
ใบงานที่ 7.2 ทดสอบวงจรขยายสัญญาณเสียง	119
ใบงานที่ 7.3 ทดสอบวงจรเฟสล็อกกลุ่ม	121
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 7	124

บทเรียนที่ 8 วงจรแอกทีฟฟิลเตอร์ และวงจรควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ **126**

8.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรฟิลเตอร์	127
8.2 วงจรแอกทีฟฟิลเตอร์	127
8.3 วงจรควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ	129
ใบงานที่ 8.1 วงจรกรองความถี่	132
ใบงานที่ 8.2 การทดสอบความเร็วดีซีมอเตอร์	134
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 8	136

คำศัพท์ **139**

บรรณานุกรม **142**

บทเรียนที่ 1

คุณลักษณะสมบัติ ของไอซีออปแอมป์

หัวเรื่องหลัก

- 1.1 สัญลักษณ์และวงจรภายในของไอซีออปแอมป์
- 1.2 ไอซีออปแอมป์ทางอุดมคติ
- 1.3 รายละเอียดไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741
- 1.4 ตำแหน่งขาไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741
- 1.5 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าของไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741
- 1.6 วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของไอซีออปแอมป์

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับบทเรียน

1. อธิบายรายละเอียดวงจรไอซีออปแอมป์ได้
2. ใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า

แนวคิดหลัก

ไอซีออปแอมป์เป็นวงจรรวมทำหน้าที่ขยายสัญญาณ โดยคุณลักษณะสมบัติพื้นฐานของไอซีออปแอมป์ พบว่าค่าความต้านทานอินพุตจะสูงมากเป็นอนันต์ ค่าความต้านทานเอาต์พุตจะต่ำใกล้เคียงศูนย์ และตอบสนองต่อความถี่สูงได้ดีและมีประสิทธิภาพ

สมรรถนะการเรียนรู้

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับคุณลักษณะสมบัติของไอซีออปแอมป์
2. ประกอบและทดสอบวงจรที่ใช้ไอซีออปแอมป์เกี่ยวกับวงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า
3. วิเคราะห์และแก้ไขจุดบกพร่องวงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายความหมาย สัญลักษณ์ และวงจรพื้นฐานภายในไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 ได้ถูกต้อง
2. อธิบายคุณลักษณะออปแอมป์ในทางอุดมคติได้ถูกต้อง
3. จำแนกรายละเอียดไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 ได้ถูกต้อง
4. ประกอบและทดสอบวงจรภาคจ่ายไฟฟ้าให้ไอซีออปแอมป์ได้ถูกต้อง
5. อธิบายหลักการเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าทางด้านอินพุตของไอซีออปแอมป์ได้ถูกต้อง



สแกนเพื่อดู e-book 4 สี
บนมือถือ



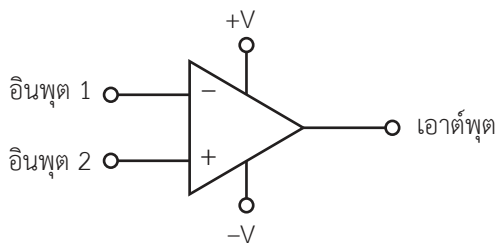
เนื้อหาสาระ

ออปแอมป์ (Op Amp) ย่อมาจากคำว่า ออเปอเรชันแนล แอมพลิฟายเออร์ (Operational Amplifier) เป็นวงจรรวม (Integrate Circuit, IC) หรือที่เรียกว่า **ไอซีทำหน้าที่ปฏิบัติการเกี่ยวกับการขยายสัญญาณ** เรียกสั้น ๆ คือ **ไอซีออปแอมป์** เช่น เบอร์ LM741, TL071, TL072 เป็นต้น



1.1 สัญลักษณ์และวงจรภายในของไอซีออปแอมป์

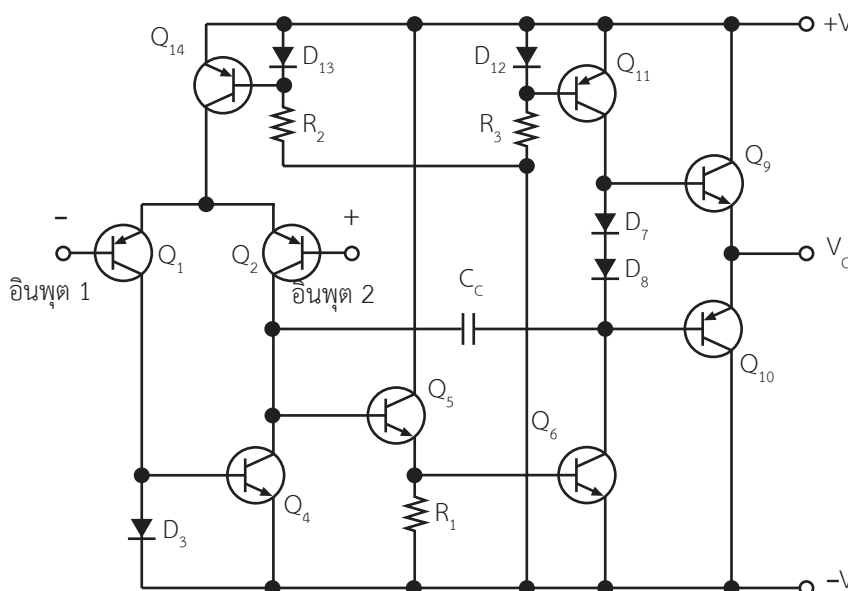
สัญลักษณ์และวงจรภายในไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 แสดงในรูปที่ 1.1 ซึ่งขาอินพุตมี 2 ขา คือ ขากลับเฟส (Inverting Input) กับขาไม่กลับเฟส (Non-inverting Input) ส่วนขาเอาต์พุตมี 1 ขา ทั้งขากลับเฟสและขาไม่กลับเฟส เรียกว่า **วงจรขยายความแตกต่าง (Differential Amplifier)** กล่าวคือ ถ้าสัญญาณเข้าทางอินพุต 1 (ขากลับเฟส) จะทำให้สัญญาณที่ถูกขยายออกป้อนนั้นเกิดการกลับเฟส 180° และถ้าสัญญาณเข้าทางอินพุต 2 (ขาไม่กลับเฟส) จะทำให้สัญญาณที่ถูกขยายออกป้อนนั้น ไม่เกิดการกลับเฟส จึงทำให้สัญญาณเอาต์พุตเหมือนกับสัญญาณอินพุต



(ก) สัญลักษณ์ไอซีออปแอมป์



(ข) ไอซีเบอร์ LM741



(ค) วงจรพื้นฐานภายในไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741

รูปที่ 1.1 สัญลักษณ์และวงจรภายในไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741

พิจารณารูปที่ 1.1 (ค) เป็นวงจรภายในอย่างง่ายของไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 มีทรานซิสเตอร์ Q_1 กับ Q_2 ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายความแตกต่าง มีขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1 กับ Q_2 ต่อออกมาเป็นอินพุต 1 กับอินพุต 2 ทั้ง Q_1 กับ Q_2 ถูกกำหนดไบแอสโดยทรานซิสเตอร์ Q_{14} เรียกว่า **วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าคงที่ (Constant Current Source)** ซึ่งถ้า Q_{14} ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ Q_1 และ Q_2 ได้ ระบบการทำงานของไอซีออปแอมป์ชุดนี้ก็ไม่อาจจะทำงานได้ และเมื่อ Q_1 กับ Q_2 ทำงานนำกระแสไฟฟ้าได้ ก็จะส่งผลให้ไดโอด D_3 ทรานซิสเตอร์ Q_4 และ Q_5 ได้ทำงานในเวลาต่อมา

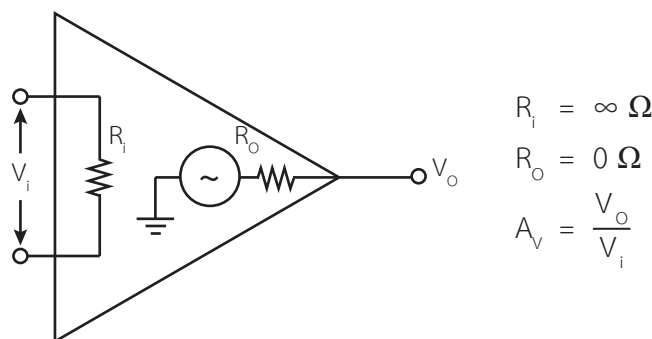
เมื่อทรานซิสเตอร์ Q_5 ทำงานได้ Q_5 จะขับกระแสไฟฟ้าให้กับทรานซิสเตอร์ Q_6 (Q_6 ทำหน้าที่ไดรเวอร์ (Driver) เพื่อขับกระแสไฟฟ้าออกไปทางเอาต์พุต) ให้ Q_6 นำกระแสไฟฟ้า ลักษณะเช่นนี้จึงส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ Q_{11} , Q_9 และ Q_{10} ได้นำกระแสไฟฟ้าตามไปด้วย (Q_9 กับ Q_{10} เป็นทรานซิสเตอร์เอาต์พุต) ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตมีค่าเท่ากับศูนย์

ทรานซิสเตอร์ Q_9 กับ Q_{10} เป็นวงจรเอาต์พุต ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลออกไปทางเอาต์พุตให้มีค่าสูงสุดโดยปราศจากการผิดเพี้ยนหรือผิดเพี้ยนต่ำที่สุด โดยมีไดโอด D_7 กับ D_8 กำหนดกระแสไฟฟ้าไบแอส (Bias Current) ให้กับ Q_9 และ Q_{10} ได้ทำงานอย่างถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งเรียก D_7 กับ D_8 นี้ว่า **คอมเพนเซตติ้งไดโอด (Compensating Diode)** หรือการชดเชยไบแอสของไดโอดเพื่อกำหนดกระแสไฟฟ้าไบแอสให้กับ Q_9 และ Q_{10} ทำงานได้

1.2

ไอซีออปแอมป์ทางอุดมคติ

ไอซีออปแอมป์ทางอุดมคติ (Ideal Op Amp) เมื่อคิดที่อัตราขยายแรงดันไฟฟ้าแบบเปิดลูป (Open Loop Voltage Gain) หมายถึง การคิดค่าอัตราขยายระหว่างแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตต่อแรงดันไฟฟ้าอินพุตโดยไม่มีการป้อนกลับ แสดงดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ไอซีออปแอมป์ทางอุดมคติ

ค่าความต้านทานอินพุต (Input Resistance, R_i) R_i มีค่าสูงมากเป็นอนันต์ (Infinity, ∞) ขณะที่ค่าความต้านทานเอาต์พุต (Output Resistance, R_o) R_o มีค่าต่ำใกล้เคียงศูนย์โอห์ม ส่วนอัตราขยายแรงดันไฟฟ้า (Voltage Gain, A_v) จะมีค่าสูงมาก และการตอบสนองต่อความถี่ที่สามารถที่จะตอบสนองความถี่สูงได้ดีมากเช่นกัน การนำไอซีออปแอมป์ไปใช้งาน ได้แก่ วงจรขยายสัญญาณ วงจรรองความถี่ เป็นต้น

1.3 รายละเอียดไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741

ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 จัดได้ว่าเป็นไอซีพื้นฐานที่เหมาะสมกับการศึกษา มีรายละเอียดดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 รายละเอียดไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741

อัตราทวนสูงสุด	
แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า	$\pm 18\text{ V}$
กำลังสูญเสีย	500 mW
แรงดันไฟฟ้าอินพุตดิฟเฟอเรนเชียล	$\pm 30\text{ V}$
แรงดันไฟฟ้าอินพุต	$\pm 15\text{ V}$
อุณหภูมิที่ใช้งาน	$0^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$
อุณหภูมิที่ใช้เก็บอุปกรณ์	$-65^{\circ}\text{C} - 150^{\circ}\text{C}$
อุณหภูมิที่ไอซีทนได้ขณะบัดกรี	300°C
ความสามารถในการทนความร้อนเมื่อถูกลัดวงจร	ไม่มีข้อกำหนด

1. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (Voltage Source) คือ แรงดันไฟฟ้าสูงสุดทางด้านบวกและลบใช้ไม่เกิน $\pm 18\text{ V}$ (โดยทั่วไปใช้แรงดันไฟฟ้า $\pm 15\text{ V}$)
2. กำลังสูญเสีย (Internal Power Dissipation, P_D) คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียภายในตัวไอซี เมื่อคิดที่อุณหภูมิ 80°C มีค่าเท่ากับ 500 mW
3. แรงดันไฟฟ้าอินพุตดิฟเฟอเรนเชียล (Differential Input Voltage, V_{id}) คือ แรงดันไฟฟ้าสูงสุดระหว่างขากลับเฟสกับขาไม่กลับเฟสมีค่าไม่เกิน $\pm 30\text{ V}$
4. แรงดันไฟฟ้าอินพุต (Input Voltage, V_i) คือ แรงดันไฟฟ้าอินพุตที่ขากลับเฟสหรือขาไม่กลับเฟส (ขาใดขาหนึ่ง) เมื่อวัดเทียบกับกราวด์ ปกติจะมีค่าไม่เกินแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย คือ เท่ากับ $\pm 15\text{ V}$
5. อุณหภูมิที่ใช้งาน (Operating Temperature Range, T_o) อยู่ระหว่าง $0^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$
6. ความสามารถในการทนความร้อนเมื่อถูกลัดวงจร (Output Short Circuit Duration) จะไม่มีข้อกำหนดหรือรูปแบบที่แน่นอน เพราะทางด้านเอาต์พุตมีระบบป้องกันการลัดวงจรไว้แล้ว

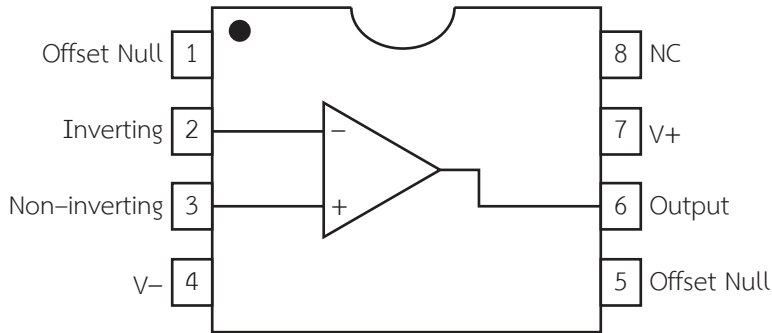
1.4 ตำแหน่งขาไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741

ตำแหน่งขาไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 แสดงดังรูปที่ 1.3 มีรายละเอียดดังนี้

1. ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 มีขาใช้งานทั้งหมด 8 ขา มีขา 7 รับแรงดันไฟฟ้าบวก และขา 4 เป็นกราวด์ (รับแรงดันไฟฟ้าลบ)

2. ขา 2 เป็นขาอินพุตทำหน้าที่กลับเฟส ส่วนขา 3 เป็นขาอินพุตทำหน้าที่ไม่กลับเฟส และขา 6 เป็นเอาต์พุต

3. ขา 1 กับขา 5 คือ ออฟเซต-null (Offset Null) เป็นขาที่ทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตมีค่าเท่ากับศูนย์ ส่วนขา 8 ถูกปล่อยลอยไว้ไม่ได้ใช้งาน (Not Connect, NC)

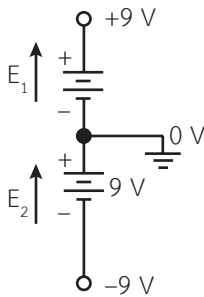


รูปที่ 1.3 ตำแหน่งขาไอซีเบอร์ LM741

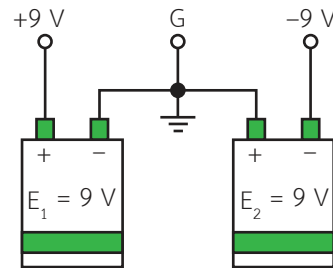


1.5 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าของไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741

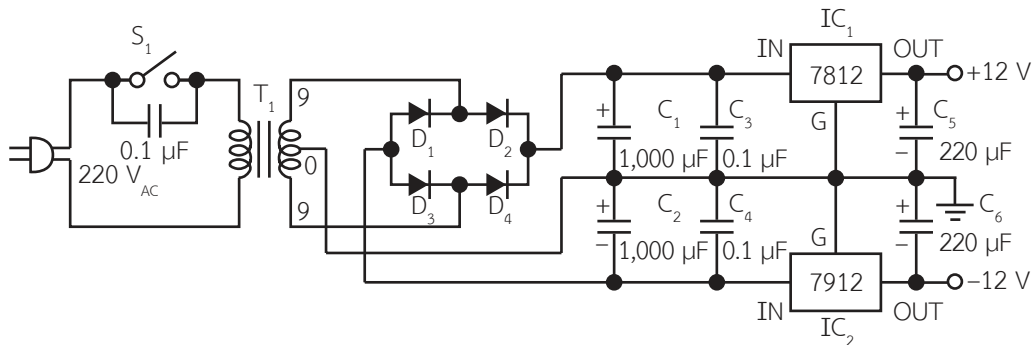
แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ป้อนให้กับไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 แสดงดังรูปที่ 1.4 มีรายละเอียดดังนี้



(ก) แบตเตอรี่ 9 V จำนวน 2 ชุด



(ข) แบตเตอรี่ 9 V จำนวน 2 ชุด



(ค) แบบวงจรเรียงกระแสไฟฟ้า 2 ชุด คือ ± 12 V

รูปที่ 1.4 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741

1. ไอซีออปแอมป์ทั่วไปสามารถใช้กับแรงดันไฟฟ้า 1 ชุด หรือแรงดันไฟฟ้า 2 ชุดก็ได้ สำหรับไอซีออปแอมป์เบอร์ 741 นิยมใช้แรงดันไฟฟ้า 2 ชุด ซึ่งรูปที่ 1.4 (ก) และรูปที่ 1.4 (ข) เป็นการนำแบตเตอรี่ 9 V จำนวน 2 ชุด มาต่อวงจรทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า ± 9 V เหมาะกับการทดลองในเบรด์บอร์ด (Bread Board)

2. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ± 12 V ดังรูปที่ 1.4 (ค) เหมาะแก่การนำไปใช้งานจริงเพื่อบัดกรีเข้ากับแผ่นปริ้นต์ (Print Circuit Board) เพราะระบบได้ออกแบบไว้ดีมีประสิทธิภาพสูง

2.1 หม้อแปลงไฟฟ้าเลือกใช้ขนาด 18 V_{AC} จ่ายกระแสไฟฟ้า 1 A ส่วนตัวเก็บประจุไฟฟ้า C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 และ C_6 เลือกใช้อัตราทนแรงดันไฟฟ้า 35 V ไดโอดบริดจ์ D_1, D_2, D_3 และ D_4 เลือกใช้กระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า 2 A และ 100 V ตามลำดับ ขณะที่ IC_1 กับ IC_2 ทำหน้าที่รักษาแรงดันไฟฟ้า ± 12 V ใช้กระแสไฟฟ้าขั้นต่ำ 1 A

2.2 การทำงานของวงจรจะนำแรงดันไฟฟ้าสลับ 9 V จากหม้อแปลงไฟฟ้า T_1 มาผ่านวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์ (D_1, D_2, D_3 และ D_4) แล้วทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตรงตกคร่อมที่ตัวเก็บประจุไฟฟ้า C_1 เท่ากับ 12.73 V (แรงดันไฟฟ้าตรงขนาด 12.73 V มาจาก 9×1.414) ซึ่งแรงดันไฟฟ้าตรงที่ตกคร่อม C_1 จะเท่ากับ C_2 ด้วย เหตุผลคือ C_1 กับ C_2 ทำหน้าที่กรองแรงดันไฟฟ้าให้เรียบ จากนั้นจึงนำแรงดันไฟฟ้าขนาด 12.73 V มาผ่าน IC_1 กับ IC_2 เพื่อรักษาแรงดันไฟฟ้าคงที่ คือ ± 12 V จ่ายให้กับไอซีออปแอมป์ต่อไป



1.6 วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของไอซีออปแอมป์

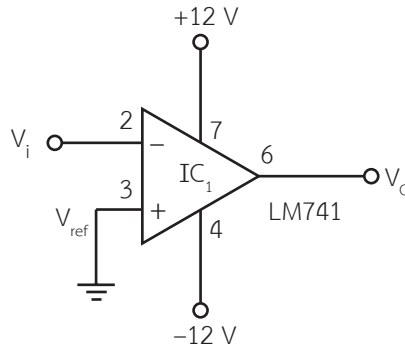
วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า หรือ **วงจรคอมพาราเตอร์ (Voltage Comparator Circuit)** คือ วงจรที่ทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าทางด้านอินพุตทั้ง 2 ชุด คือ แรงดันไฟฟ้าที่ขากลับเฟส และแรงดันไฟฟ้าที่ไม่กลับเฟส

1.6.1 วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าเบื้องต้น

วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าเบื้องต้นของไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 แสดงดังรูปที่ 1.5 เป็นการเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า V_i กับแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง (Reference Voltage, V_{ref}) V_{ref} ซึ่งถ้าแรงดันไฟฟ้า V_i มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่า V_{ref} จะทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตมีค่าเป็นลบ คือ $V_o = -10.80$ V แต่ถ้าแรงดันไฟฟ้า V_i มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า V_{ref} จะทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตมีค่าเป็นบวก คือ $V_o = +10.80$ V

แรงดันไฟฟ้าที่มีค่า ± 10.8 V นี้ คิดที่ 90% ของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า เรียกว่า **แรงดันไฟฟ้าอิ่มตัว (Saturation Voltage, V_{sat})**

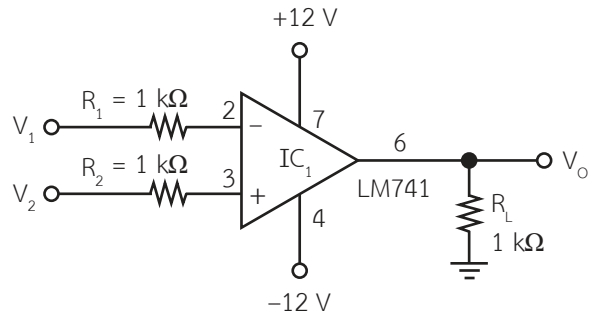
$$\begin{aligned} V_{sat} &= 90\% \text{ ของ } 12 \text{ V} = \frac{90}{100} \times 12 \\ &= 10.80 \text{ V} \end{aligned}$$



รูปที่ 1.5 วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าเบื้องต้น

1.6.2 วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าระหว่างขากลับเฟสกับขาไม่กลับเฟส

วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าระหว่างขากลับเฟส (V_1) กับขาไม่กลับเฟส (V_2) ของไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 แสดงดังรูปที่ 1.6 มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1.6 วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741

- กำหนดแรงดันไฟฟ้าอินพุต $V_1 = V_2 = 0$ V จะทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต $V_o = 0$ V
- กำหนดแรงดันไฟฟ้าอินพุต $V_1 = +2$ V และแรงดันไฟฟ้า $V_2 = +3$ V

จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้า V_1 ต่ำกว่าแรงดัน

ไฟฟ้า V_2 ทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_o มีค่าเป็นบวก คือ $V_o = V_{sat} = +10.80$ V (แรงดันไฟฟ้า V_{sat} มาจาก 90% ของแรงดันไฟฟ้า 12 V = 10.80 V)

- กำหนดแรงดันไฟฟ้าอินพุต $V_1 = +3$ V และแรงดันไฟฟ้า $V_2 = +2$ V

จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้า V_1 สูงกว่าแรงดันไฟฟ้า V_2 ทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_o มีค่าเป็นลบ คือ

$$V_o = -V_{sat} = -10.80$$

- กำหนดแรงดันไฟฟ้าอินพุต $V_1 = -1$ V และแรงดันไฟฟ้า $V_2 = -2$ V

จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้า V_1 สูงกว่าแรงดันไฟฟ้า V_2 ทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_o มีค่าเป็นลบ คือ

$$V_o = -V_{sat} = -10.80$$

- กำหนดแรงดันไฟฟ้าอินพุต $V_1 = -10$ V และแรงดันไฟฟ้า $V_2 = -5$ V

จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้า V_2 สูงกว่าแรงดันไฟฟ้า V_1 ทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_o มีค่าเป็นบวก คือ

$$V_o = V_{sat} = +10.80$$

สรุปได้ คือ เมื่อแรงดันไฟฟ้า V_1 เท่ากับแรงดันไฟฟ้า V_2 จะทำให้ $V_o = 0$ V

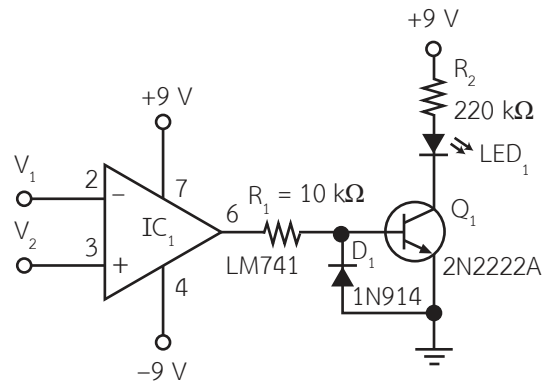
แล้วแรงดันไฟฟ้า V_1 ต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้า V_2 จะทำให้ $V_o = +V_{sat}$

และแรงดันไฟฟ้า V_1 สูงกว่าแรงดันไฟฟ้า V_2 จะทำให้ $V_o = -V_{sat}$

โดยที่ V_{sat} คิดมาจาก 90% ของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับไอซีออปแอมป์

วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ซึ่งรูปที่ 1.7 แสดงวงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าขับหลอดแอลอีดี ถ้าแรงดันไฟฟ้าอินพุต V_1 มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าอินพุต V_2 จะทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_O บริเวณขา 6 ของ IC_1 มีค่าเท่ากับศูนย์ ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 หยุดนำกระแสไฟฟ้า ส่งผลให้หลอด LED_1 ดับ และถ้าแรงดันไฟฟ้าอินพุต V_1 มีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าอินพุต V_2 จะทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_O บริเวณขา 6 ของ IC_1 มีค่าติดลบ คือ -8.1 V (แรงดันไฟฟ้า 8.1 V มาจาก 90% ของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 9 V คือ $0.9 \times 9 = 8.1\text{ V}$) ทำให้ Q_1 หยุดนำกระแสไฟฟ้า ส่งผลให้ LED_1 ดับ

อย่างไรก็ตาม ถ้ากำหนดแรงดันไฟฟ้าอินพุต V_1 มีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าอินพุต V_2 จะทำให้แรงดันไฟฟ้าบริเวณขา 6 ของ IC_1 มีค่าติดบวก คือ $+8.1\text{ V}$ ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 นำกระแสไฟฟ้า ส่งผลให้ LED_1 สว่าง



รูปที่ 1.7 วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าขับหลอดแอลอีดี



สรุปสาระสำคัญ

1. ออปแอมป์ย่อมาจากคำว่า **ออปเปอร์เรชันแนล แอมพลิฟายเออร์** เป็นไอซี (วงจรรวม) ทำหน้าที่ปฏิบัติการเกี่ยวกับการขยายสัญญาณ เรียกว่า **ไอซีออปแอมป์** โดยมีขาอินพุต 2 ขา ได้แก่ ขากลับเฟสและขาไม่กลับเฟส ซึ่งมีขาเอาต์พุต 1 ขา
2. ไอซีออปแอมป์ทางอุดมคติ เมื่อคิดที่อัตราขยายแรงดันไฟฟ้าแบบเปิดลูป หมายถึง การคิดค่าอัตราขยายระหว่างแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตต่อแรงดันไฟฟ้าอินพุตแบบไร้การป้อนกลับ จะทำให้ค่าความต้านทานอินพุตมีค่าสูงมากเป็นอนันต์ ค่าความต้านทานเอาต์พุตมีค่าต่ำใกล้เคียงศูนย์ อัตราขยายแรงดันไฟฟ้าและผลตอบสนองต่อความถี่มีค่าสูงมาก ถูกนำไปใช้งานวงจรขยายสัญญาณ วงจรรองความถี่ เป็นต้น
3. ไอซีออปแอมป์พื้นฐานที่ใช้งานทั่วไป คือ เบอร์ LM741 โดยมีขา 2 เป็นขากลับเฟส ขา 3 เป็นขาไม่กลับเฟส ขา 6 เป็นขาเอาต์พุต ขา 7 เป็นขารับแรงดันไฟฟ้าบวก ส่วนขา 4 ทำหน้าที่เป็นกราวด์ ซึ่งขา 8 ถูกปล่อยลอยไม่ได้ใช้งาน และขา 1 กับขา 5 เป็นขาที่ทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตมีค่าเป็นศูนย์ เรียกว่า **ออฟเซตนัล**
4. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าของไอซีออปแอมเบอร์ LM741 เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจำนวน 2 ชุด มีค่าระหว่าง $\pm 9\text{ V} - \pm 15\text{ V}$
5. วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าคือวงจรที่ทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าทางด้านอินพุตทั้งสองชุด คือ แรงดันไฟฟ้าที่ขากลับเฟสและขาไม่กลับเฟส