

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)
พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ



รหัสวิชา 20105-2104

(ประเภทวิชาอุตสาหกรรม)

ได้ผ่านการตรวจการประเมินคุณภาพจากสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ครั้งที่ 2
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก ประกาศลำดับที่ 333

วงจรไอซี และ การประยุกต์ใช้งาน IC and Applications



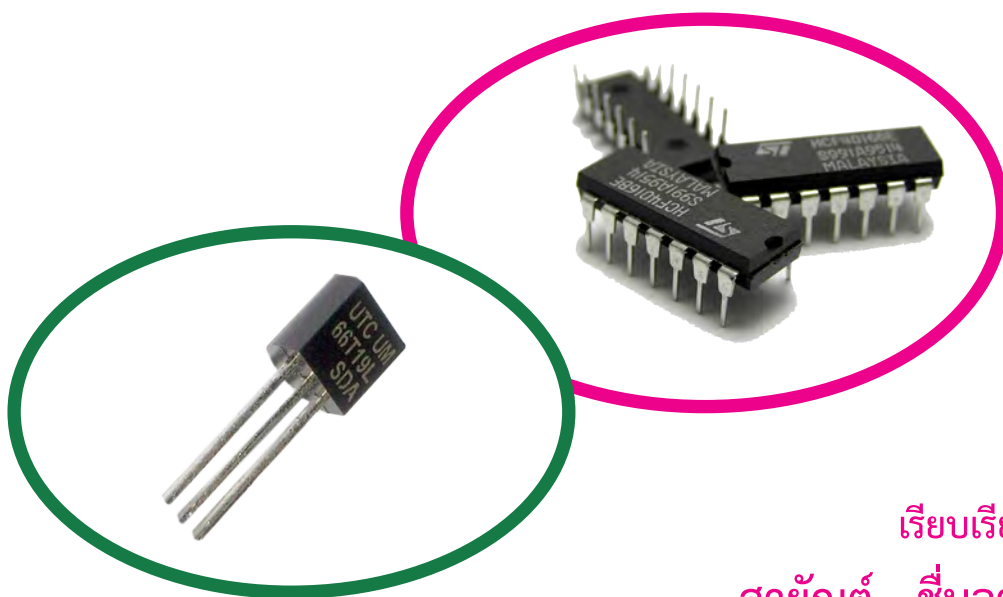
สายลวด ชื่นอารมย์

79.-

วงจรไอซีและการประยุกต์ใช้งาน (IC and Applications)

รหัสวิชา 20105 - 2104

หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ



เรียบเรียงโดย
สายัณต์ ชื่นอารมย์



วงจรไอซีและการประยุกต์ใช้งาน (IC and Applications)

ISBN 978-616-495-074-0

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย



บริษัทวังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

โทร. 0-2472-3293-5 โทรสาร 0-2891-0742 Mobile 08-8585-1521

e-Mail : wangaksorn9@gmail.com Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

<http://www.wangaksorn.com>

ID Line : @wangaksorn



พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2562

จำนวนที่พิมพ์ 3,000 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

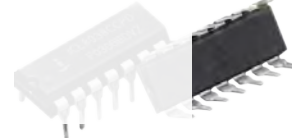
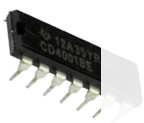
โดยบริษัทวังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ
ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาต

เป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น

ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้

เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย

โดยบริษัทวังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด



วงจรไอซีและการประยุกต์ใช้งาน (IC and Applications)

รหัสวิชา 20105 - 2104

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

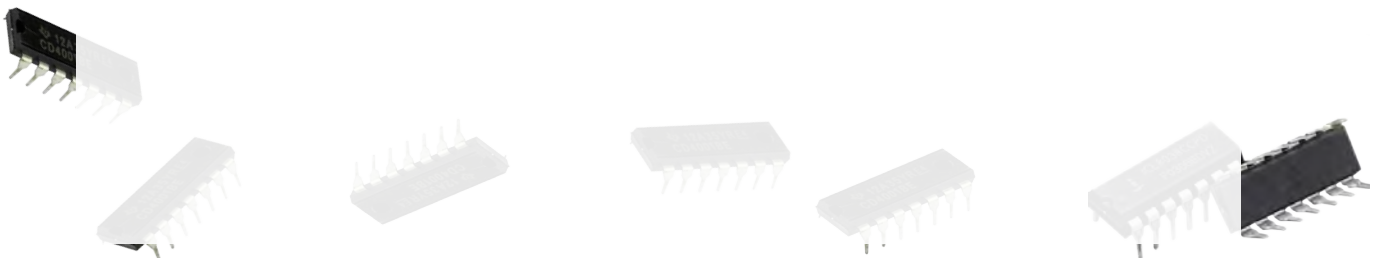
1. เข้าใจการทำงานของไอซีชนิดต่าง ๆ
2. มีทักษะการต่อประกอบวงจรไอซี ทดสอบการทำงาน และประยุกต์ใช้งาน
3. มีเจตคติที่ดีต่อวิชาชีพ มีกึ๋นสำนึกในการค้นคว้าเพิ่มเติม ปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบ คำนึงถึงความถูกต้องและปลอดภัย

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรไอซีและการประยุกต์ใช้งาน
2. ประกอบและทดสอบวงจรไอซี
3. ประยุกต์ใช้งานวงจรไอซีกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติงานเกี่ยวกับคุณลักษณะสมบัติพื้นฐานไอซีออปแอมป์ การทำงานของออปแอมป์ ในวงจร Inverting Amplifier, Non Inverting Amplifier, Summing Amplifier, Comparator, Differential Amplifier, Integrating Amplifier และอื่น ๆ การประยุกต์ใช้ไอซีสำเร็จรูปในงาน Digital วงจรแสดงผล และวงจรขับ (Display/Driver) Timer, Regulator, Function Generator, Phase Locked loop กำเนิดสัญญาณเสียง และอื่น ๆ



ตารางวิเคราะห์สมรรถนะรายวิชา
 วิชาวงจรไอซีและการประยุกต์ใช้งาน รหัส 20105 - 2104
 ท-ป-น 1-3-2 จำนวน 4 คาบ/สัปดาห์ รวม 72 คาบ

สมรรถนะรายวิชา / บทที่	แสดงความรู้อย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับวงจรไอซีและการประยุกต์ใช้งาน	ประกอบและทดสอบวงจรไอซี	ประยุกต์ใช้งานวงจรไอซีกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
1. คุณลักษณะสมบัติพื้นฐานของไอซีออปแอมป์	✓	✓	
2. การทำงานของไอซีออปแอมป์ในวงจรต่าง ๆ	✓	✓	
3. ประยุกต์ใช้ไอซีในวงจรดิจิทัล วงจรมัลติไวเบรเตอร์ วงจรแสดงผลและวงจรขับ	✓	✓	✓
4. ไอซีไทเมอร์	✓	✓	
5. ไอซีเรกูเลเตอร์	✓	✓	
6. ไอซีกำเนิดสัญญาณ	✓	✓	
7. วงจรกำเนิดเสียงดนตรี วงจรขยายสัญญาณเสียง และวงจรเฟสล็อกกลูป	✓	✓	✓

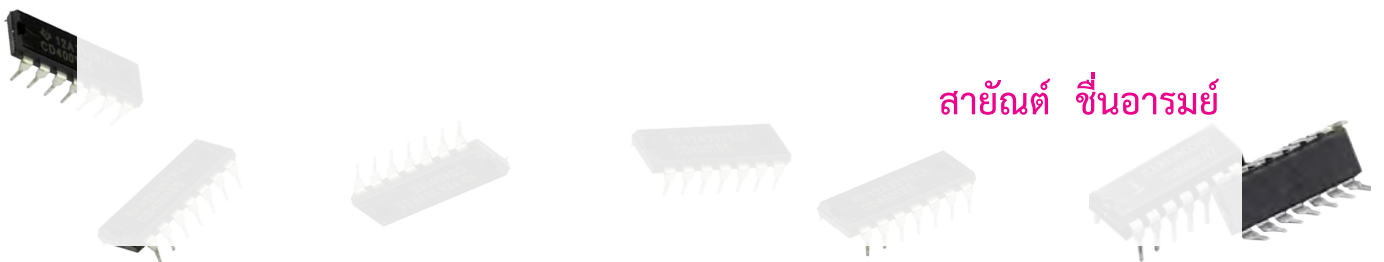
คำนำ

วิชาวงจรไอซีและการประยุกต์ใช้งาน รหัสวิชา 20105-2104 จัดอยู่ในหมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ ผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งเป็น 7 บทเรียน **ได้จัดแผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated)** ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา คำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียนมุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ ทฤษฎี หลักการกระบวนการ ตัวอย่าง แบบฝึกปฏิบัติ และคำถามเพื่อการทบทวนเพื่อฝึกทักษะประสบการณ์ **เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer)** เป็นผู้สอนตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ และ**บทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้จัดการชี้แนะ (Teacher Roles)** จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้ และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co-investigator) จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ให้รู้จักทำงานร่วมกัน (Grouping) ฝึกความใจกว้าง มุ่งสร้างสรรค์คนรุ่นใหม่ สอนความสามารถที่นำไปทำงานได้ (Competency) สอนความรัก ความเมตตา (Compassion) ความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) เป้าหมายอาชีพอันยังประโยชน์ (Productive Career) และชีวิตที่มีศักดิ์ศรี (Noble Life) เหนือสิ่งอื่นใดเป็นคนดีทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและวิชาชีพ

ส่งเสริมสนับสนุนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคุณวุฒิวิชาชีพ (Vocational Qualification System) สอดคล้องตามมาตรฐานอาชีพ (Occupational Standard) สร้างภูมิคุ้มกัน เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ กำลังแรงงาน การพัฒนามาตรฐานการปฏิบัติงานระดับชาติ (National Benchmarking) และการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Functional Analysis) เพื่อให้เกิดผลสำเร็จในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม ทุกสาขาอาชีพ เป็นการเตรียมพร้อมเข้าสู่ประชาคมอาเซียน

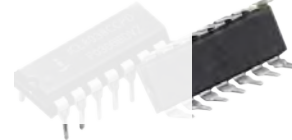
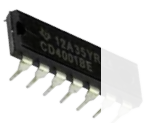
ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้สอน ผู้ประสพวิชาความรู้ เอกสาร หนังสือที่ใช้ประกอบในการเรียบเรียงไว้ ณ โอกาสนี้

สายันต์ ชื่นอารมย์



สารบัญ

บทที่ 1 คุณลักษณะสมบัติพื้นฐานของไอซีออปแอมป์	1
บทนำ	2
สัญลักษณ์และวงจรภายในของไอซีออปแอมป์	2
ไอซีออปแอมป์ทางอุดมคติ	4
รายละเอียดไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741	4
ตำแหน่งขาไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741	5
แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าของไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741	6
วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของไอซีออปแอมป์	7
แบบทดสอบและกิจกรรม มการฝึกทักษะ	10
ใบงานที่ 1.1 วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า	14
บทที่ 2 การทำงานของไอซีออปแอมป์ในวงจรต่าง ๆ	16
บทนำ	17
วงจรไอซีออปแอมป์แบบอินเวอร์ตติ้งแอมพลิฟายเออร์	17
วงจรไอซีออปแอมป์แบบนอนอินเวอร์ตติ้งแอมพลิฟายเออร์	20
วงจรไอซีออปแอมป์แบบซั่มมิงแอมพลิฟายเออร์	22
วงจรไอซีออปแอมป์แบบดิฟเฟอเรนเชียลแอมพลิฟายเออร์	24
วงจรไอซีออปแอมป์แบบอินทิเกรตติ้งแอมพลิฟายเออร์	30
วงจรไอซีออปแอมป์แบบโวลเตจฟอลโลเวอร์	33
วงจรไอซีออปแอมป์แบบไลต์/ดาร์กเซนเซอร์	34
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	35
ใบงานที่ 2.1 วงจรขยายกลับเฟสและวงจรขยายไม่กลับเฟส	40
ใบงานที่ 2.2 วงจรขยายสัญญาณหลายช่องและวงจรขยายผลต่าง	43
ใบงานที่ 2.3 วงจรแปลงรูปคลื่นสัญญาณและวงจรตามแรงดันไฟฟ้า	46
ใบงานที่ 2.4 วงจรตรวจจับแสง	49



บทที่ 3 ประยุกต์ใช้ไอซีในวงจรดิจิทัล วงจรมัลติไวเบรเตอร์ วงจรแสดงผลและวงจรขับ **51**

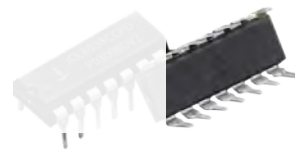
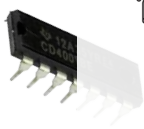
วงจรดิจิทัลและวงจรฟลิปฟล็อป	52
วงจรมัลติไวเบรเตอร์	57
วงจรแสดงผลและวงจรขับ	58
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	62
ใบงานที่ 3.1 วงจรสวิตช์สัมพันธ์	68
ใบงานที่ 3.2 วงจรมัลติไวเบรเตอร์	70
ใบงานที่ 3.3 วงจรแสดงผลและวงจรขับของวงจรไฟท้ายจักรยาน	73

บทที่ 4 ไอซีไทเมอร์ **76**

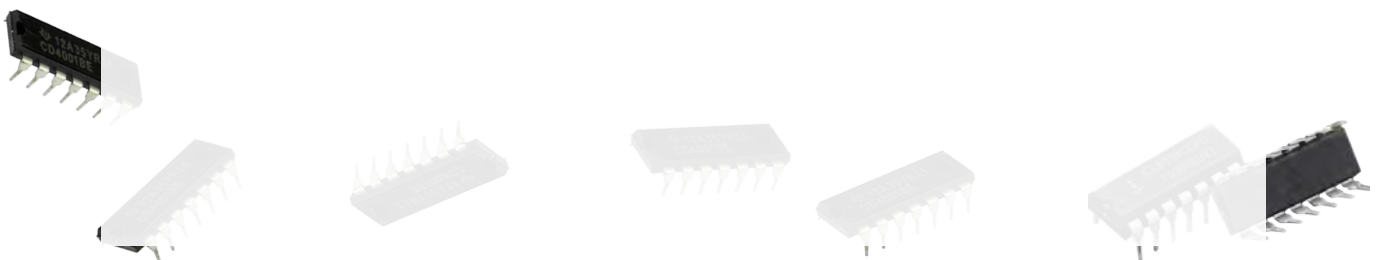
บทนำ	77
โครงสร้างภายในไอซีไทเมอร์เบอร์ 555	77
วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซี 555	80
วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซี 555	83
วงจรทดสอบไอซีไทเมอร์เบอร์ 555	85
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	86
ใบงานที่ 4.1 ผลิตสัญญาณพัลส์โดยใช้ไอซีไทเมอร์เบอร์ 555	89

บทที่ 5 ไอซีเรกูเลเตอร์ **93**

บทนำ	94
ไอซีเรกูเลเตอร์ตระกูล 78XX และ 79XX	94
วงจรใช้งานไอซีเรกูเลเตอร์ตระกูล 78XX และ 79XX	97
ไอซีเรกูเลเตอร์เบอร์ LM317 และ LM350	98
ไอซีเรกูเลเตอร์เบอร์ TL431	100
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	105
ใบงานที่ 5.1 วงจรเรกูเลเตอร์ใช้ไอซีเบอร์ 7815	108
ใบงานที่ 5.2 วงจรเรกูเลเตอร์ใช้ไอซีเบอร์ LM317L	110



บทที่ 6 ไอซีกำเนิดสัญญาณ	112
บทนำ	113
ไอซีออปแอมป์กับการกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์	113
วงจรกำเนิดสัญญาณโดยใช้ไอซีเบอร์ ICL8038	117
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	121
ใบงานที่ 6.1 วงจรกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์	125
บทที่ 7 วงจรกำเนิดเสียงดนตรี วงจรขยายสัญญาณเสียงและวงจรเฟสล็อก	128
วงจรกำเนิดเสียงดนตรี	129
วงจรขยายสัญญาณเสียง	130
วงจรเฟสล็อก	133
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	140
ใบงานที่ 7.1 วงจรกำเนิดเสียงดนตรี	143
ใบงานที่ 7.2 วงจรขยายสัญญาณเสียง	145
ใบงานที่ 7.3 วงจรเฟสล็อก	147
คำถามเพื่อการทบทวน	151
คำศัพท์	154
บรรณานุกรม	158



บทที่ 1

คุณลักษณะสมบัติพื้นฐานของไอซีออปแอมป์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

หลังจากศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายความหมาย สัญลักษณ์ และวงจรพื้นฐานภายในไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741
2. อธิบายคุณลักษณะออปแอมป์ในทางอุดมคติ
3. จำแนกรายละเอียดไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741
4. ประกอบและทดสอบวงจรภาคจ่ายไฟฟ้าที่ทำให้ไอซีออปแอมป์ทำงานดีมีประสิทธิภาพสูงสุด
5. อธิบายหลักการเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าทางด้านอินพุตของไอซีออปแอมป์

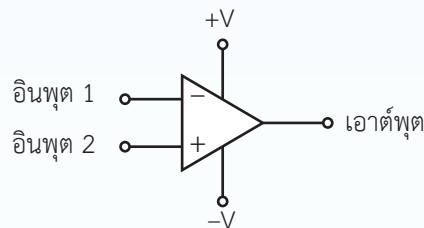
บทที่ 1

คุณลักษณะสมบัติพื้นฐาน
ของไอซีออปแอมป์

บทนำ

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

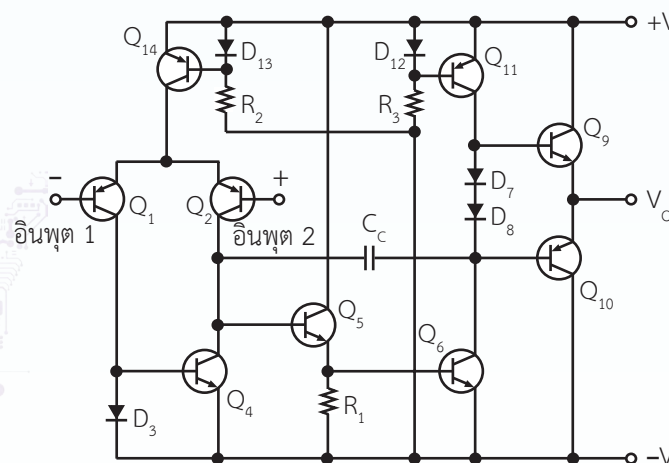
สัญลักษณ์และวงจรภายในของไอซีออปแอมป์



(ก) สัญลักษณ์ไอซีออปแอมป์



(ข) ไอซีเบอร์ LM741



(ค) วงจรพื้นฐานภายในไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741

รูปที่ 1.1 สัญลักษณ์และวงจรภายในไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741

สัญลักษณ์และวงจรภายในไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 แสดงในรูปที่ 1.1 ซึ่งขาอินพุตมี 2 ขาคือ ขากลั้บเฟส (Inverting Input) กับขาไม่กลั้บเฟส (Non-inverting Input) ส่วนขาเอาต์พุตมี 1 ขา ทั้งขากลั้บเฟสและขาไม่กลั้บเฟส เรียกว่า **วงจรรขยายความแตกต่าง (Differential Amplifier)** กล่าวคือ ถ้าสัญญาณเข้าทางอินพุต 1 (ขากลั้บเฟส) จะทำให้สัญญาณที่ถูกขยายออกไปนั้นเกิดการกลั้บเฟส 180° และถ้าสัญญาณเข้าทางอินพุต 2 (ขาไม่กลั้บเฟส) จะทำให้สัญญาณที่ถูกขยายออกไปนั้น ไม่เกิดการกลั้บเฟส จึงทำให้สัญญาณเอาต์พุตเหมือนกับสัญญาณอินพุต

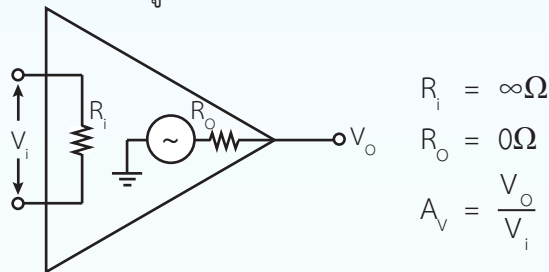
พิจารณารูปที่ 1.1 (ค) เป็นวงจรภายในอย่างง่ายของไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 มีทรานซิสเตอร์ Q_1 กับ Q_2 ทำหน้าที่เป็นวงจรรขยายความแตกต่าง มีขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1 กับ Q_2 ต่อออกมาเป็นอินพุต 1 กับอินพุต 2 ทั้ง Q_1 กับ Q_2 ถูกกำหนดไบแอสโดยทรานซิสเตอร์ Q_{14} เรียกว่า **วงจรรจ่ายกระแสไฟฟ้าคงที่ (Constant Current Source)** ซึ่งถ้า Q_{14} ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ Q_1 และ Q_2 ได้ ระบบการทำงานของไอซีออปแอมป์ชุดนี้ก็ไม่อาจที่จะทำงานได้และเมื่อ 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 ลักษณะเช่นนี้ จึงส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ Q_{11} , Q_9 และ Q_{10} ได้นำกระแสไฟฟ้าตามไปด้วย (Q_9 กับ Q_{10} เป็นทรานซิสเตอร์เอาต์พุต) ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตมีค่าเท่ากับศูนย์

ทรานซิสเตอร์ Q_9 กับ Q_{10} เป็นวงจรรเอาต์พุต ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลออกไปทางเอาต์พุตให้มีค่าสูงสุด โดยปราศจากการผิดเพี้ยนหรือผิดเพี้ยนต่ำที่สุด โดยมีไดโอด D_7 กับ D_8 กำหนดกระแสไฟฟ้าไบแอส (Bias Current) ให้กับ Q_9 และ Q_{10} ได้ทำงานอย่างถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งเรียก D_7 กับ D_8 นี้ว่า **คอมเพนเซติงไดโอด (Compensating Diode)** หรือการชดเชยไบแอสของไดโอดเพื่อกำหนดกระแสไฟฟ้าไบแอสให้กับ Q_9 และ Q_{10} ทำงานดังได้กล่าวมาแล้ว

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 วงจรกรองความถี่ เป็นต้น

รายละเอียดไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741

ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 จัดได้ว่าเป็นไอซีพื้นฐานที่เหมาะสมกับกรณีศึกษา มีรายละเอียดดังตารางที่ 1.1

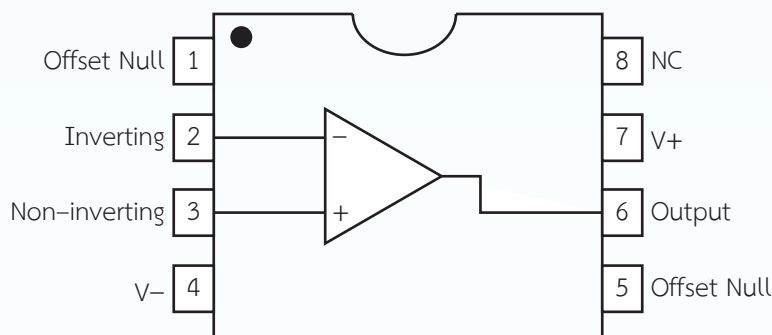
ตารางที่ 1.1 รายละเอียดไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741

อัตราทนสูงสุด	
แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า	± 18 V
กำลังสูญเสีย	500 mW
แรงดันไฟฟ้าอินพุตดิฟเฟอเรนเชียล	± 30 V
แรงดันไฟฟ้าอินพุต	± 15 V
อุณหภูมิที่ใช้งาน	0°C ถึง 70°C
อุณหภูมิที่ใช้เก็บอุปกรณ์	-65°C ถึง 150°C
อุณหภูมิที่ไอซีทนได้ขณะทำการบัดกรี	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 กำลังไฟฟ้าสูญเสียภายในตัวไอซีเมื่อคิดที่อุณหภูมิ 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 $0^\circ - 70^\circ$
6. ความสามารถในการทนความร้อนเมื่อถูกลัดวงจร (Output Short Circuit Duration) จะไม่มีข้อกำหนดหรือรูปแบบที่แน่นอนเพราะทางด้านเอาต์พุตมีระบบป้องกันการลัดวงจรไว้แล้ว



ตำแหน่งขาไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741

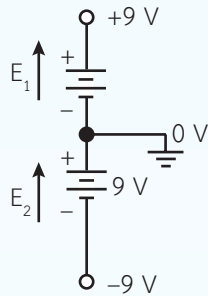


รูปที่ 1.3 ตำแหน่งขาไอซีเบอร์ LM741

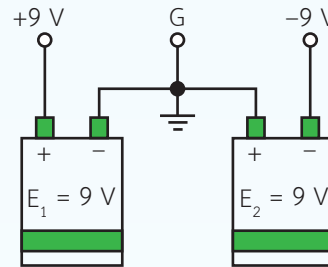
ตำแหน่งขาไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 แสดงดังรูปที่ 1.3 มีรายละเอียดดังนี้ ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 มีขาใช้งานทั้งหมด 8 ขา มีขา 7 รับแรงดันไฟฟ้าบวก และขา 4 เป็นกราวด์ (รับแรงดันไฟฟ้าลบ) ขา 2 เป็นขาอินพุตทำหน้าที่กลับเฟส ส่วนขา 3 เป็นขาอินพุตทำหน้าที่ไม่กลับเฟส และขา 6 เป็นเอาต์พุต ขา 1 กับขา 5 คือ ออฟเซตนัล (Offset Null) เป็นขาที่ทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตมีค่าเท่ากับศูนย์ ส่วนขา 8 ถูกปล่อยลอยไว้ไม่ได้ใช้งาน (Not Connect, NC)



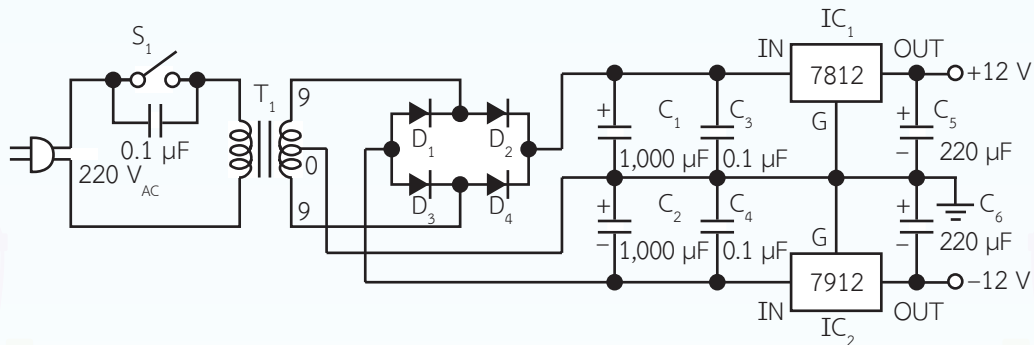
แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าของไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741



(ก) แบตเตอรี่ 9 V จำนวน 2 ชุด



(ข) รูปลักษณะแบตเตอรี่ 9 V จำนวน 2 ชุด



(ค) แบบวงจรเรียงกระแสไฟฟ้า 2 ชุด คือ ± 12 V

รูปที่ 1.4 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741

แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ป้อนให้กับไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 แสดงดังรูปที่ 1.4 มีรายละเอียดดังนี้

1. ไอซีออปแอมป์ทั่วไปสามารถใช้กับแรงดันไฟฟ้า 1 ชุด หรือแรงดันไฟฟ้า 2 ชุด ก็ได้ สำหรับไอซีออปแอมป์เบอร์ 741 นิยมใช้แรงดันไฟฟ้า 2 ชุด ซึ่งรูปที่ 1.4 (ก) และ 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 เลือกใช้ชื่อตราหนแรงดันไฟฟ้า 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

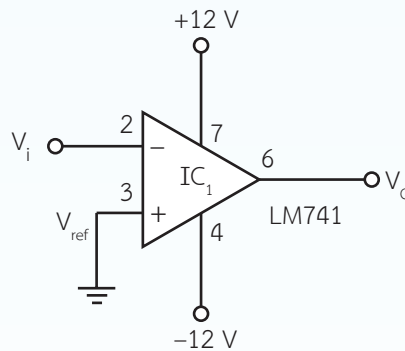
2.2 การทำงานของวงจรจะนำแรงดันไฟฟ้าสลับ 9 V จากหม้อแปลงไฟฟ้า T_1 ผ่านวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์ (D_1, D_2, D_3 และ D_4) แล้วทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตรงตกคร่อมที่ตัวเก็บประจุไฟฟ้า C_1 เท่ากับ 12.73 V (แรงดันไฟฟ้าตรงขนาด 12.73 V มาจาก 9×1.414) ซึ่งแรงดันไฟฟ้าตรงที่ตกคร่อม C_1 จะเท่ากับ C_2 ด้วย เหตุผลคือ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



วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของไอซีออปแอมป์

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

1. วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าเบื้องต้น



รูปที่ 1.5 วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าเบื้องต้น

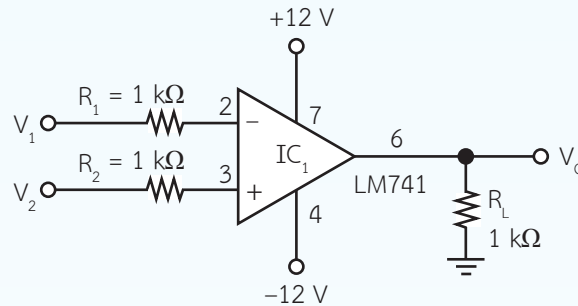
วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าเบื้องต้นของไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 แสดงดังรูปที่ 1.5 เป็นการเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า V_i กับแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง (Reference Voltage, V_{ref}) V_{ref} ซึ่งถ้าแรงดันไฟฟ้า V_i มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่า V_{ref} จะทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตมีค่าเป็นลบ คือ $V_o = -10.80$ V แต่ถ้าแรงดันไฟฟ้า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

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

2. วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าระหว่างขากลั้วเฟสกับขาไม่กล้วเฟส



รูปที่ 1.6 วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741

วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าระหว่างขากลั้วเฟส (V_1) กับขาไม่กล้วเฟส (V_2) ของไอซีออปแอมป์เบอร์ LM741 แสดงดังรูปที่ 1.6 มีรายละเอียดดังนี้

2.1 กำหนดแรงดันไฟฟ้าอินพุต $V_1 = V_2 = 0$ V จะทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต $V_O = 0$ V

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

จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้า V_1 ต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้า 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)

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

จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้า V_1 สูงกว่าแรงดันไฟฟ้า V_2 ทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_O มีค่าเป็นลบ คือ $V_O = -V_{sat} = -10.80$ V

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

จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้า V_1 สูงกว่าแรงดันไฟฟ้า V_2 ทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_O มีค่าเป็นลบ คือ $V_O = -V_{sat} = -10.80$ V

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

จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้า V_2 สูงกว่าแรงดันไฟฟ้า V_1 ทำให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_O มีค่าเป็นบวก คือ $V_O = V_{sat} = +10.80$ V

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