



โครงการตำราเฉลิมพระเกียรติฉลองพระชนมพรรษา 80 พรรษา

การทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ บนโปรแกรมโปรติอุส

รศ. สมชาย ชื่นวัฒนาประณีต

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

คณะเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

2550

การทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ บนโปรแกรมโปรตีอุส

รศ. สมชาย ชื่นวัฒนาประณีต
ค.อ.ม. เทคโนโลยีเทคนิคศึกษา

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

คำนำ

หนังสือการทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์บนโปรแกรมโปรเตอุส (Proteus) เป็นเอกสารที่ใช้ประกอบการทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้คอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถทดลองวงจรและออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้านแอนะล็อกและดิจิทัล ก่อนที่จะประกอบเป็นวงจรที่ใช้ของจริง ทำให้ลดความสับสนในการจัดซื้ออุปกรณ์ ช่วยลดความผิดพลาดในการต่อวงจร เพราะได้ผ่านการจำลองบนคอมพิวเตอร์มาก่อน และสามารถทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายนอกห้องปฏิบัติการได้ หนังสือการทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์บนโปรแกรมโปรเตอุส แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บท คือ บทที่ 1 แนะนำโปรแกรมโปรเตอุส บทที่ 2 วงจรแอนะล็อก1 บทที่ 3 วงจรแอนะล็อก2 บทที่ 4 วงจรดิจิทัล1 บทที่ 5 วงจรดิจิทัล2 และบทที่ 6 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ในแต่ละบทประกอบด้วย หัวข้อย่อย รูปวงจรที่ใช้ทดลอง สรุป และคำถามท้ายบท หนังสือเล่มนี้ใช้ประกอบการเรียนการสอน ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ในรายวิชา อิเล็กทรอนิกส์1 อิเล็กทรอนิกส์2 วงจรดิจิทัลและลอจิก การออกแบบระบบดิจิทัล และไมโครคอนโทรลเลอร์

สมชาย ชื่นวัฒนาประณีติ

กันยายน 2550

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	(1)
สารบัญ.....	(3)
สารบัญรูป.....	(9)
สารบัญตาราง.....	(15)
บทที่ 1 แนะนำโปรแกรมโปรติอุส	1
วัตถุประสงค์	1
หัวข้อเรื่อง.....	1
บทนำ.....	3
ความสามารถของโปรแกรม	3
คุณลักษณะของเครื่องคอมพิวเตอร์	5
การติดตั้งโปรแกรมโปรติอุส	5
การใช้โปรแกรม	6
สรุป.....	22
คำถามท้ายบท	23
เอกสารอ้างอิง.....	23
บทที่ 2 วงจรแอนะล็อก 1	25
วัตถุประสงค์	25
หัวข้อเรื่อง.....	25
บทนำ.....	27
วงจรไดโอด	27
วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง.....	30
วงจรไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์	33
วงจรเฟต	44
สรุป	51
คำถามท้ายบท	52
เอกสารอ้างอิง	22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วงจรแอนะล็อก 2	53
วัตถุประสงค์	53
หัวข้อเรื่อง	53
บทนำ	55
อปแอมป์	55
วงจรบัฟเฟอร์	56
วงจรขยายอินเวอร์ต	56
วงจรขยายนอนอินเวอร์ต	57
วงจรขยายอินทรีเกรต	58
วงจรคิฟเฟอเรนเชียล	59
วงจรขยายผลต่าง	59
วงจรกรองความถี่ไวงาน	60
ไอซี 555	68
โมนอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	72
อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	74
การประยุกต์ใช้งานไอซี 555	76
สรุป	82
คำถามท้ายบท	82
เอกสารอ้างอิง	83
 บทที่ 4 วงจรดิจิตอล 1	 85
วัตถุประสงค์	85
หัวข้อเรื่อง	85
บทนำ	87
การทดสอบเกตพื้นฐาน	87
วงจรลอจิกเชิงจัดหมู่	89

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
วงจรเข้ารหัส.....	89
วงจรถอดรหัส.....	90
วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์.....	91
วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์.....	92
วงจรเปรียบเทียบ.....	93
วงจรวกเลขฐานสอง.....	94
วงจรกำเนิดภาวะเสมอมูลและการตรวจสอบ.....	97
วงจรประยุกต์ใช้งาน.....	98
วงจรเข้ารหัสและวงจรถอดรหัส.....	98
ระบบเตือนผู้บุกรุกบ้าน.....	99
ระบบควบคุมเครื่องถ่ายเอกสาร.....	101
สรุป.....	102
คำถามท้ายบท.....	102
เอกสารอ้างอิง.....	102
บทที่ 5 วงจรดิจิทัล 2.....	103
วัตถุประสงค์.....	103
หัวข้อเรื่อง.....	103
บทนำ.....	105
ฟลิปฟล็อป.....	105
ดีฟลิปฟล็อป.....	107
เจ-เค ฟลิปฟล็อป.....	110
การนำฟลิปฟล็อปไปต่อเป็นวงจร.....	112
ชิพรีจิสเตอร์.....	113
ชิพรีจิสเตอร์ที่ป้อนเข้าและส่งออกแบบอนุกรม.....	113
ชิพรีจิสเตอร์ที่ป้อนเข้าแบบอนุกรมและส่งออกแบบขนาน.....	116
ชิพรีจิสเตอร์ที่ป้อนเข้าแบบขนานและส่งออกแบบอนุกรม.....	119

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
วงจรนับ	121
วงจรนับอะซิงโครนัส	121
วงจรนับอะซิงโครนัสแบบนับขึ้นและนับลง	123
วงจรนับซิงโครนัส	125
วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกกับดิจิตอล	129
วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อก	131
วงจร DAC0808	133
วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล	134
ตัวอย่างระบบดิจิตอล	136
ระบบการนับจำนวนผู้เข้า / ออก และการควบคุมหลอดไฟฟ้า	137
เครื่องวัดความเร็วลม	138
การควบคุมการหมุนของมอเตอร์ด้วยสวิตช์ตัวเดียว	140
การควบคุมความเร็วพัดลมอัตโนมัติ	141
สรุป	142
คำถามท้ายบท	142
เอกสารอ้างอิง	143
 บทที่ 6 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	 145
วัตถุประสงค์	145
หัวข้อเรื่อง	145
บทนำ	147
การทดลองวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	147
การแปลงไฟล์ .ASM เป็นไฟล์ .HEX	154
การฝังไฟล์ .HEX ลงไมโครคอนโทรลเลอร์	165
ตัวอย่างวงจร	166
วงจรนับแสดงผลด้วยไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน	166
วงจรควบคุมสเตปเปอร์มอเตอร์	168
วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง	168

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
.วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล	169
สรุป.....	170
คำถามท้ายบท	171
เอกสารอ้างอิง.....	171
บรรณานุกรม	173

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าที่ใช้ทดลองวงจรในรูปที่ 2.1	28
ตารางที่ 2.2 ค่าแรงดันที่ป้อนเข้าวงจรในรูปที่ 2.2(ก).....	29
ตารางที่ 2.3 ค่าแรงดันที่ป้อนเข้าวงจรในรูปที่ 2.2(ข).....	30
ตารางที่ 2.4 ค่าคาปาซิเตอร์ในวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง.....	31
ตารางที่ 2.5 ค่าแรงดันที่อินพุตที่ป้อนเข้าวงจรตามรูปที่ 2.5.....	32
ตารางที่ 2.6 วัดแรงดันที่ทรานซิสเตอร์ Q2.....	34
ตารางที่ 2.7 เปรียบเทียบวงจรขยายไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์.....	39
ตารางที่ 3.1 เบอร์ไอซี 555 ของแต่ละบริษัท	68

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1	ตัวอย่างวงจรที่ใช้ทดลองบนโปรแกรมโปรติอุส	3
รูปที่ 1.2	ชื่อไฟล์ของโปรแกรมโปรติอุส	5
รูปที่ 1.3	เข้าสู่การติดตั้งโปรแกรม Proteus 6 Professional.....	6
รูปที่ 1.4	เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ Start.....	7
รูปที่ 1.5	การเข้าสู่โปรแกรม ISIS	8
รูปที่ 1.6	หน้าต่างของโปรแกรม ISIS	8
รูปที่ 1.7	รายการคำสั่งย่อยของแถบคำสั่ง.....	9
รูปที่ 1.8	คำสั่งย่อยเกี่ยวกับเพิ่มข้อมูลและการพิมพ์	9
รูปที่ 1.9	คำสั่งย่อยเกี่ยวกับการแสดงผล	10
รูปที่ 1.10	คำสั่งย่อยเกี่ยวกับการแก้ไข	10
รูปที่ 1.11	คำสั่งย่อยเกี่ยวกับการออกแบบ.....	11
รูปที่ 1.12	วงจรเครื่องช่วยฟัง	11
รูปที่ 1.13	เข้าสู่การเลือกอุปกรณ์.....	12
รูปที่ 1.14	หน้าต่าง Pick Devices	12
รูปที่ 1.15	การเลือกทรานซิสเตอร์เบอร์ BC549	13
รูปที่ 1.16	ทรานซิสเตอร์ที่ถูกเลือกจะอยู่ในช่อง Devices	13
รูปที่ 1.17	การเลือกตัวต้านทาน.....	14
รูปที่ 1.18	แสดงตัวต้านทาน (RES) ในช่อง Devices	14
รูปที่ 1.19	การเลือกตัวคาปาซิเตอร์แบบมีขั้ว.....	15
รูปที่ 1.20	การเลือกสวิตช์.....	15
รูปที่ 1.21	การวางทรานซิสเตอร์ลงบนพื้นที่ใช้งาน	16
รูปที่ 1.22	การวางสัญลักษณ์ของวงจรเครื่องช่วยฟัง.....	17
รูปที่ 1.23	แสดงกรอบโต้ตอบ Edit Component	18
รูปที่ 1.24	แสดงรายการเครื่องมือวัด.....	19
รูปที่ 1.25	การต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณและออสซิลโลสโคปเข้าที่วงจร.....	20
รูปที่ 1.26	การวางตำแหน่งเครื่องมือวัด	21
รูปที่ 1.27	รูปคลื่นสัญญาณของวงจรเครื่องช่วยฟัง	22
รูปที่ 2.1	วงจรเรียงแรงดันแบบครึ่งคลื่น	27
รูปที่ 2.2	วงจรเรียงแรงดันแบบเต็มคลื่น.....	28

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.3 แผนภาพบล็อกแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	30
รูปที่ 2.4 การต่อคาปาซิเตอร์กรองแรงดัน	31
รูปที่ 2.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟตรง 5 โวลต์.....	32
รูปที่ 2.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟตรงที่ปรับค่าได้.....	33
รูปที่ 2.7 วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์.....	34
รูปที่ 2.8 วงจรสวิตช์ที่มีการปรับกระแสที่ขาเบส.....	35
รูปที่ 2.9 วงจรปิดหลอดไฟโดยอัตโนมัติ.....	36
รูปที่ 2.10 วงจรอิมิตเตอร์ร่วม	37
รูปที่ 2.11 วงจรขยายเบสร่วม.....	38
รูปที่ 2.12 วงจรขยายคอลเล็กเตอร์ร่วม	39
รูปที่ 2.13 วงจรขยายสัญญาณคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน	40
รูปที่ 2.14 วงจรขยายกำลังต่อแบบพุช - พูล	41
รูปที่ 2.15 วงจรขยายกระแสต่อแบบคาร์ลิงตัน	42
รูปที่ 2.16 วงจรขยายกำลังที่ต่อเป็นแบบคอมพลิเมนทารี	43
รูปที่ 2.17 สัญลักษณ์เจเฟต.....	44
รูปที่ 2.18 สัญลักษณ์ดี – มอสเฟต.....	45
รูปที่ 2.19 สัญลักษณ์อี – มอสเฟต.....	45
รูปที่ 2.20 วงจรขยายแบบซอร์สร่วม.....	46
รูปที่ 2.21 วงจรขยายแบบเกตร่วม.....	47
รูปที่ 2.22 วงจรขยายแบบครนร่วม	48
รูปที่ 2.23 วงจรผสมสัญญาณที่ใช้เฟต.....	49
รูปที่ 3.1 ออปแอมป์	55
รูปที่ 3.2 วงจรบัฟเฟอร์.....	56
รูปที่ 3.3 วงจรขยายอินเวอร์ตติ้ง.....	56
รูปที่ 3.4 วงจรขยายนอนอินเวอร์ตติ้ง.....	57
รูปที่ 3.5 วงจรอินทรีเกรต.....	58
รูปที่ 3.6 วงจรดิฟเฟอเรนเชียล	59
รูปที่ 3.7 วงจรขยายผลต่าง	59
รูปที่ 3.8 วงจรกรองความถี่ต่ำแบบไวงาน.....	61

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.9 รูปคลื่นไวน์ความถี่ 1 KHz ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ	61
รูปที่ 3.10 รูปคลื่นไซน์ความถี่ 100 Hz ที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ.....	62
รูปที่ 3.11 รูปคลื่นที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ เมื่อ $C_1 = 1 \mu F$	62
รูปที่ 3.12 วงจรกรองความถี่สูงไวงาน	63
รูปที่ 3.13 รูปคลื่นไซน์ความถี่ 1 KHz ที่ผ่านวงจรกรองความถี่สูง.....	64
รูปที่ 3.14 รูปคลื่นไซน์ 100 Hz และ 10 KHz ที่ผ่านวงจรกรองความถี่สูง	64
รูปที่ 3.15 รูปคลื่นไซน์ที่ผ่านวงจรกรองความถี่สูงเมื่อ $C = 4.7 \mu F$	65
รูปที่ 3.16 วงจรกรองแถบความถี่ไวงาน	66
รูปที่ 3.17 รูปคลื่นที่อินพุต/เอาต์พุตของวงจรกรองแถบความถี่.....	67
รูปที่ 3.18 รูปคลื่นที่อินพุต/เอาต์พุต เมื่อป้อนความถี่ 10 KHz และ 100 Hz	67
รูปที่ 3.19 ตำแหน่งขาไอซี 555	68
รูปที่ 3.20 วงจรภายในไอซี 555	69
รูปที่ 3.21 วงจรทดสอบไอซี 555	71
รูปที่ 3.22 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์.....	72
รูปที่ 3.23 กราฟหาความกว้างพัลส์ของวงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์	73
รูปที่ 3.24 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์	74
รูปที่ 3.25 กราฟหาค่าความถี่ของวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์.....	75
รูปที่ 3.26 แผนภาพบล็อกวงจรหน่วงเวลาในการปิดหลอดเรืองแสง.....	76
รูปที่ 3.27 วงจรหน่วงเวลาการปิดหลอดเรืองแสง.....	77
รูปที่ 3.28 แผนภาพบล็อกวงจรอินเวอร์เตอร์	78
รูปที่ 3.29 วงจรอินเวอร์เตอร์.....	78
รูปที่ 3.30 รูปคลื่นที่ได้จากวงจร PWM.....	79
รูปที่ 3.31 รูปคลื่นของวงจร PWM ที่ได้จากไอซี 555	80
รูปที่ 3.32 วงจร PWM ใช้ไอซี 555 2 ตัว.....	81
รูปที่ 3.33 วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วย PWM แบบคลื่นรูปสามเหลี่ยม	83
รูปที่ 3.34 วงจรตรวจจับการเคลื่อนไหว	84
รูปที่ 4.1 สัญญาณและเบอร์ของเกตพื้นฐาน	87
รูปที่ 4.2. วงจรการทดสอบเกต	88

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.3 วงจรเข้ารหัส 0 - 9	90
รูปที่ 4.4 วงจรถอดรหัสเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบ.....	90
รูปที่ 4.5 วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ 74157	91
รูปที่ 4.6 วงจรดีมัลติเพล็กซ์เซอร์ 74154.....	92
รูปที่ 4.7 วงจรเปรียบเทียบไอซี 7485	93
รูปที่ 4.8 วงจรบวกเลขแบบไม่คิดตัวทดเข้า	94
รูปที่ 4.9 วงจรบวกเลขแบบคิดตัวทดเข้า.....	95
รูปที่ 4.10 วงจรบวกเลขแบบขนาน 4 บิต	96
รูปที่ 4.11 วงจรกำเนิดภาวะเสมอมูลและการตรวจสอบ	97
รูปที่ 4.12 วงจรเข้ารหัสและถอดรหัส	99
รูปที่ 4.13 ระบบเตือนผู้บุกรุกบ้าน	100
รูปที่ 4.14 วงจรควบคุมเครื่องถ่ายภาพเอกสาร	101
รูปที่ 5.1 เซต – รีเซต ฟลิปฟลอป.....	106
รูปที่ 5.2 ดีฟลิปฟลอป	107
รูปที่ 5.3 ไอซีดีฟลิปฟลอป 7475	109
รูปที่ 5.4 เจ – เค ฟลิปฟลอป.....	110
รูปที่ 5.5 ไอซีเจ - เค ฟลิปฟลอปเบอร์ 7476	111
รูปที่ 5.6 วงจรหารความถี่ที่ใช้ดีฟลิปฟลอป.....	112
รูปที่ 5.7 วงจรนับเลขฐานสอง 4 บิต ใช้เจ – เค ฟลิปฟลอป	112
รูปที่ 5.8 ชิฟริจิสเตอร์ที่ป้อนเข้าและส่งออกแบบอนุกรม	114
รูปที่ 5.9 แผ่นข้อมูลไอซี SN7491	115
รูปที่ 5.10 วงจรทดสอบชิฟริจิสเตอร์ SN7491	115
รูปที่ 5.11 ชิฟริจิสเตอร์ป้อนเข้าแบบอนุกรมส่งออกแบบขนาน	116
รูปที่ 5.12 แผ่นข้อมูลไอซี SN74164	117
รูปที่ 5.13 วงจรแปลงข้อมูลแบบอนุกรมเป็นแบบขนาน	119
รูปที่ 5.14 ชิฟริจิสเตอร์ที่ป้อนข้อมูลเข้าแบบขนานส่งออกแบบอนุกรม	120
รูปที่ 5.15 แผ่นข้อมูลไอซีเบอร์ SN74165	120
รูปที่ 5.16 วงจรแปลงข้อมูลแบบขนานเป็นแบบอนุกรม	121
รูปที่ 5.17 วงจรนับอะซิงโครนัสแบบนับขึ้น	122

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.18 วงจรรนับไบนารีอะซิงโครนัสแบบนับขึ้น / นับลง	124
รูปที่ 5.19 วงจรรนับสิบอะซิงโครนัส	125
รูปที่ 5.20 การนับไบนารีอะซิงโครนัสแบบนับขึ้น	126
รูปที่ 5.21 แผ่นข้อมูลไอซี SN74LS160A.....	127
รูปที่ 5.22 วงจรรนับ 0 - 99.....	129
รูปที่ 5.23 การต่ออุปกรณ์แฉะลอกและอุปกรณ์ดิจิทัลเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์	130
รูปที่ 5.24 ดี เอชไอแบบกำหนดค่านำหนักด้วยตัวต้านทาน	131
รูปที่ 5.25 วงจรดีเอชไอแบบโครงข่าย R/2R	132
รูปที่ 5.26 วงจร DAC0808	133
รูปที่ 5.27 วงจรแปลงค่าเอ็ดจีซีแบบแฟลช.....	135
รูปที่ 5.28 ระบบการนับจำนวนผู้เข้า/ออก	137
รูปที่ 5.29 เครื่องวัดความเร็วลม	138
รูปที่ 5.30 วงจรควบคุมการหมุนของมอเตอร์	140
รูปที่ 5.31 วงจรควบคุมความเร็วพัดลมอัตโนมัติ	141
รูปที่ 6.1 ขั้นตอนการทดลองวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	147
รูปที่ 6.2 วงจรควบคุมไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน	148
รูปที่ 6.3 ขั้นตอนการเปิดใช้งานโปรแกรม PROTEUS	149
รูปที่ 6.4 แสดงหน้าต่างหลักโปรแกรม PROTEUS	149
รูปที่ 6.5 การเรียกใช้ PIC16F84 จากหน้าต่าง Pick Devices	150
รูปที่ 6.6 ตัวอย่างขั้นตอนการวาง PIC16F84.....	151
รูปที่ 6.7 การเชื่อมต่อขาอุปกรณ์ PIC16F84 กับไดโอดเปล่งแสง	152
รูปที่ 6.8 ขั้นที่ 1-2 การเซตค่าพารามิเตอร์ให้ PIC16F84.....	153
รูปที่ 6.9 ขั้นตอนที่ 3 ของการเซตค่าพารามิเตอร์ให้ตัวอุปกรณ์ PIC16F84.....	153
รูปที่ 6.10 ขั้นตอนการเปิดใช้งานโปรแกรม MPLAB0	154
รูปที่ 6.11 หน้าต่างหลักโปรแกรม MPLAB.....	155
รูปที่ 6.12 ขั้นตอนการสร้างซอร์สโค้ดโปรแกรมไฟล์นามสกุล .ASM	155
รูปที่ 6.13 หน้าต่าง Untitled1 ที่พิมพ์ซอร์สโค้ดโปรแกรม	156
รูปที่ 6.14 การเลือกคำสั่งบันทึกไฟล์นามสกุล .ASM	156
รูปที่ 6.15 การบันทึกไฟล์นามสกุล .ASM ลงที่ Drives C.....	157

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 6.16 การเลือกคำสั่งแปลงไฟล์นามสกุล .ASM เป็น .HEX	157
รูปที่ 6.17 ขั้นตอนที่ 4.3 – 4.6 การแปลงไฟล์นามสกุล .ASM เป็น .HEX	158
รูปที่ 6.18 ขั้นตอนที่ 4.7 และ 4.10 ของการแปลงไฟล์นามสกุล .ASM เป็น .HEX	159
รูปที่ 6.19 ขั้นตอนที่ 4.8 , 4.9 ของการแปลงไฟล์นามสกุล .ASM เป็น .HEX	160
รูปที่ 6.20 ขั้นตอนที่ 4.11 , 4.12 ของการแปลงไฟล์นามสกุล .ASM เป็น .HEX	160
รูปที่ 6.21 ขั้นตอนที่ 4.13 ของการแปลงไฟล์นามสกุล .ASM เป็น .HEX	161
รูปที่ 6.22 ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของซอร์สโค้ดโปรแกรม	162
รูปที่ 6.23 การตรวจสอบความถูกต้องของซอร์สโค้ดโปรแกรม	162
รูปที่ 6.24 หน้าต่าง Build Results แสดงผลการตรวจสอบข้อผิดพลาด	163
รูปที่ 6.25 การกระพริบของเคอร์เซอร์ตรงบรรทัดที่เกิดความผิดพลาด	163
รูปที่ 6.26 หน้าต่าง Edit Component	165
รูปที่ 6.27 เลื่อนตัวชี้เมาส์เพื่อโหลดข้อมูลไฟล์ EX1.HEX	166
รูปที่ 6.28 วงจรควบคุมไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน	167
รูปที่ 6.29 การแสดงผลเป็นเลข 02	167
รูปที่ 6.30 วงจรควบคุมทิศทางการหมุนของสเตปเปอร์มอเตอร์	168
รูปที่ 6.31 วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง	169
รูปที่ 6.32 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล	170

บทที่ 1

แนะนำโปรแกรมโปรติอุส

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถและทักษะดังนี้

1. บอกความสามารถของโปรแกรมโปรติอุสได้
2. บอกคุณลักษณะของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กับโปรแกรมโปรติอุส
3. อธิบายขั้นตอนในการติดตั้งโปรแกรมโปรติอุสได้
4. ใช้โปรแกรมโปรติอุส เพื่อจำลองการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกต้อง

หัวข้อเรื่อง

บทนำ

ความสามารถของโปรแกรม

คุณลักษณะของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้

การติดตั้งโปรแกรม

การใช้โปรแกรม

การเลือกอุปกรณ์และเครื่องมือวัด

การวางตำแหน่งและการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์

การเปลี่ยนค่าตัวต้านทานและคาปาซิเตอร์

การต่อสายอุปกรณ์

การจัดเก็บวงจรและการเปิดวงจร

การจำลองการทำงานของวงจร

สรุป

คำถามท้ายบท

เอกสารอ้างอิง

บทที่ 1

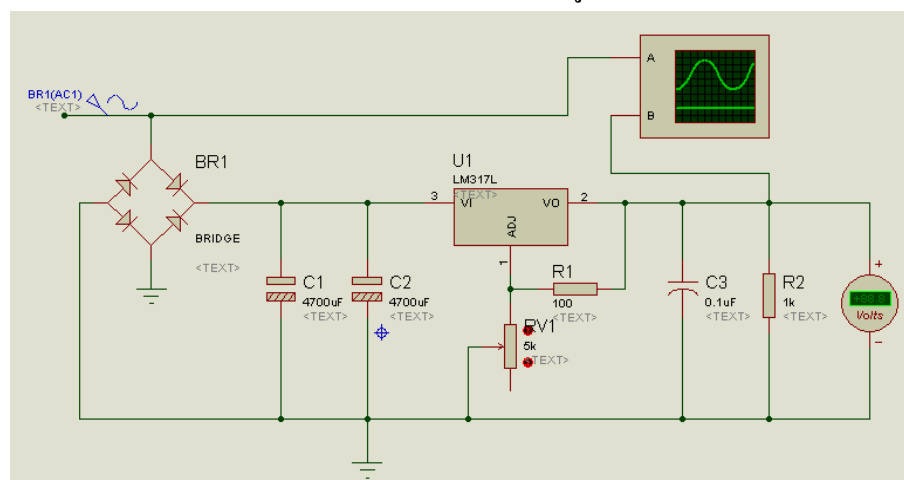
แนะนำโปรแกรมโปรติอุส

บทนำ

การทดลองการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แต่เดิมต้องใช้การทดลองจากของจริง ซึ่งต้องใช้งบประมาณจำนวนมากในการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ให้พร้อม ต้องใช้เวลาในการเตรียมอุปกรณ์และการจัดเก็บเครื่องมือเมื่อทำการทดลองเสร็จเรียบร้อย ที่สำคัญถ้าผู้เรียนต่อวงจรผิดหรือใช้เครื่องมือวัดไม่ถูกต้องจะทำให้อุปกรณ์หรือเครื่องมือวัดชำรุดได้ จึงมีการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาจำลองการทำงานของวงจรก่อนนำไปประกอบเป็นวงจรเพื่อใช้งานจริง ในบทเรียนนี้จะกล่าวถึง ความสามารถของโปรแกรมโปรติอุส คุณลักษณะเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ การติดตั้งโปรแกรมและการใช้โปรแกรมโปรติอุส

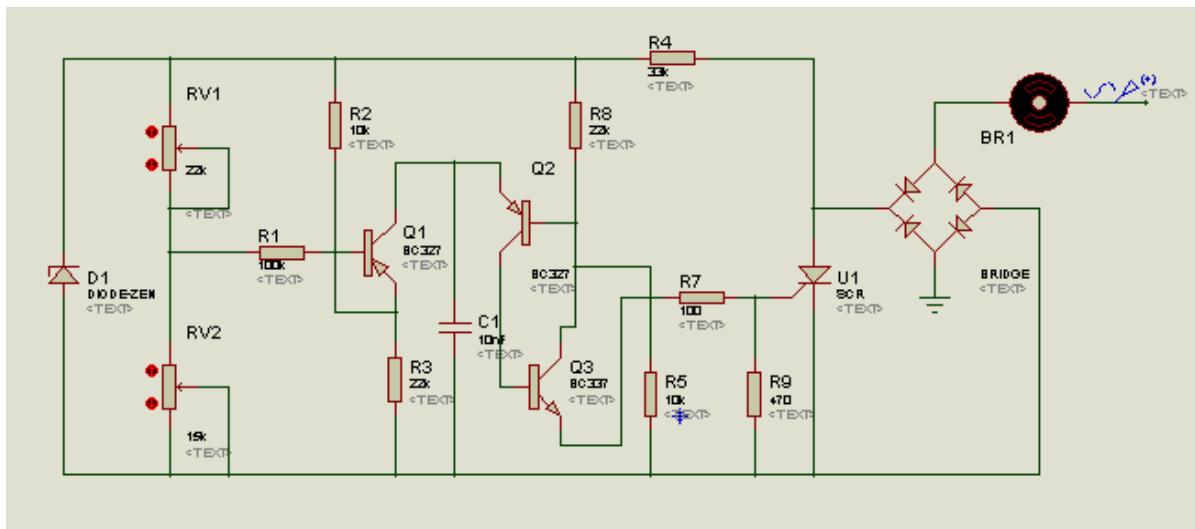
ความสามารถของโปรแกรม

โปรแกรมโปรติอุสเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยงานออกแบบ (Computer Aided Design : CAD) ที่ใช้จำลองการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้านแอนะล็อก ดิจิตอลและไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อออกแบบวงจรและทดสอบการทำงาน นอกจากนี้โปรแกรมโปรติอุสยังใช้ออกแบบลายแผ่นวงจรพิมพ์ได้อีกด้วย จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในการเรียนการสอนทางด้านอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ผู้เรียนได้ทดลองการทำงานของวงจรก่อนนำไปทำเป็นต้นแบบ ช่วยทำให้ประหยัดเวลาและงบประมาณในการจัดหาวัสดุทดลองเหมือนแต่ก่อน ตัวอย่างวงจรที่จะนำมาทดลองแสดงในรูปที่ 1.1

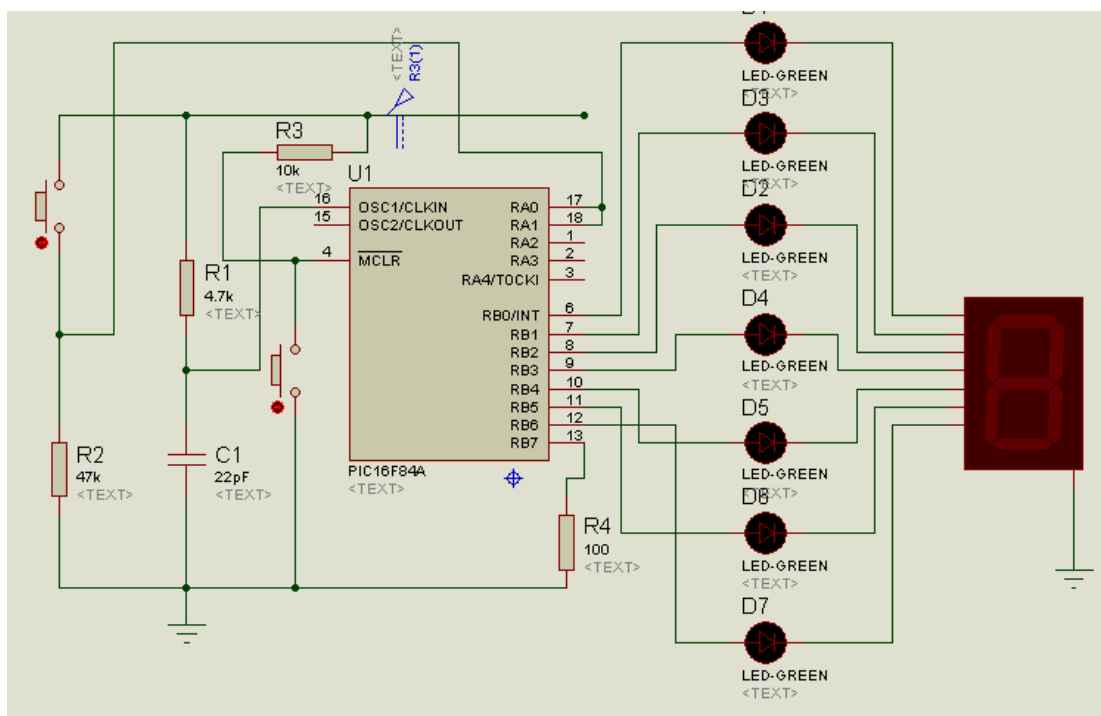


(ก) วงจรแหล่งจ่ายไฟตรง

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างวงจรที่ใช้ทดลองบนโปรแกรมโปรติอุส



(ข) วงจรควบคุมความเร็วพัดลม



(ค) วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 1.1 (ต่อ)

คุณลักษณะของเครื่องคอมพิวเตอร์

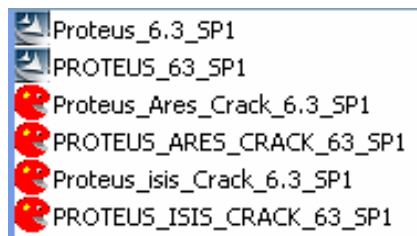
โปรแกรมโปรติอุสใช้ได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่มีคุณลักษณะดังนี้

1. มีหน่วยประมวลผลกลางไม่ต่ำกว่า 2.6 GHz
2. มีหน่วยความจำหลักไม่น้อยกว่า 256 MB
3. ฮาร์ดดิสมีความจุไม่น้อยกว่า 80 GB
4. มีเครื่องอ่านแผ่นซีดีและตัวจับฟล็อปปี้ดิส 3.5 นิ้ว
5. จอภาพสีขนาด 15 นิ้ว
6. มีระบบปฏิบัติการวินโดว์ 98 / Me / XP

การติดตั้งโปรแกรมโปรติอุส

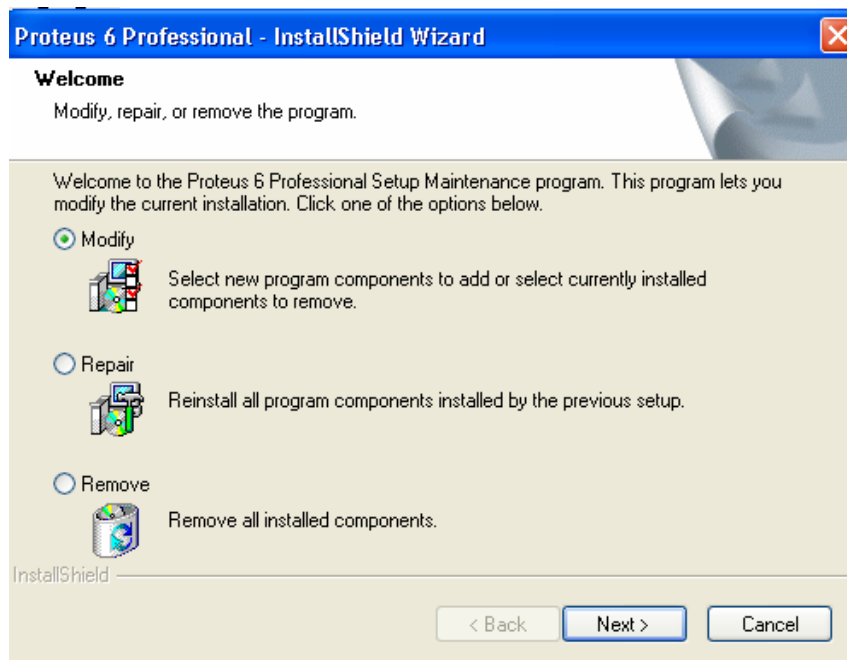
การติดตั้งโปรแกรมโปรติอุสมีขั้นตอนดังนี้

1. ใส่แผ่นซีดีที่มีโปรแกรมโปรติอุสลงในเครื่องอ่านแผ่นซีดี
2. เปิดดูไฟล์ที่อยู่ในแผ่นซีดี จะมีชื่อไฟล์ตามรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ชื่อไฟล์ของโปรแกรมโปรติอุส

3. เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ไฟล์ Proteus_6.3_SP1 แล้วกดปุ่มเมาส์ดับเบิลคลิก จะเข้าสู่โปรแกรมการติดตั้ง Proteus 6 Professional ตามรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 เข้าสู่การติดตั้งโปรแกรม Proteus 6 Professional

4. เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ Modify แล้วกดปุ่ม Next 2 ครั้ง รอสักครู่ เครื่องจะทำการติดตั้งโปรแกรม ให้กดเลือก Finish เป็นการเสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม

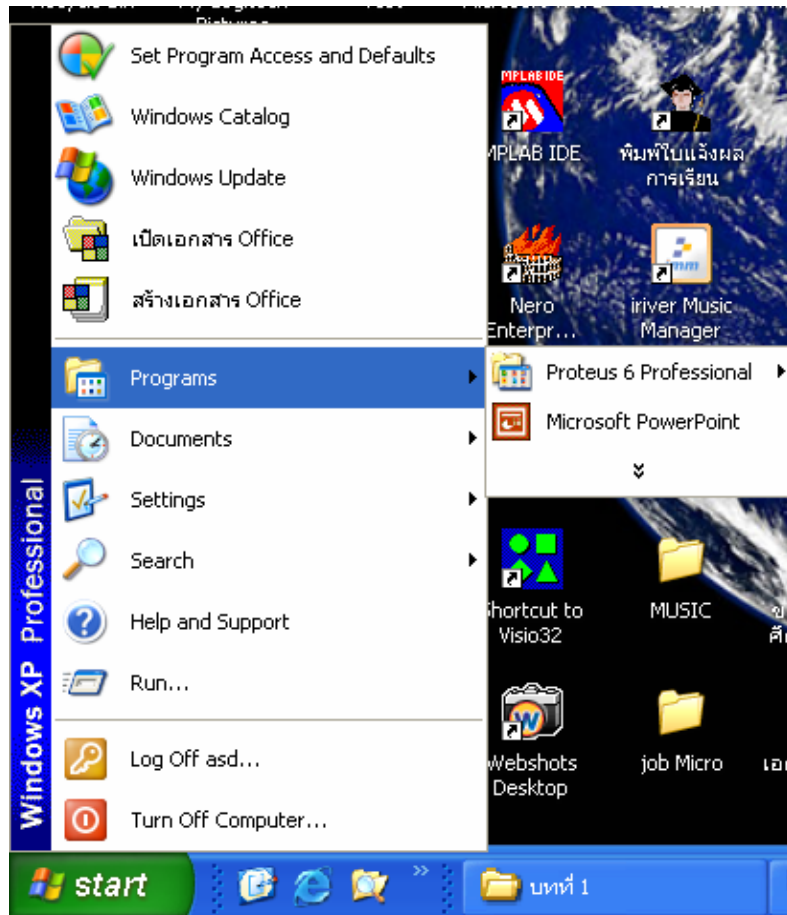
5. ตรวจสอบว่ามีโปรแกรม Proteus หรือไม่ โดยเข้าไปที่ Start → Program → Proteus 6 Professional → ISIS 6 Professional

การใช้โปรแกรม

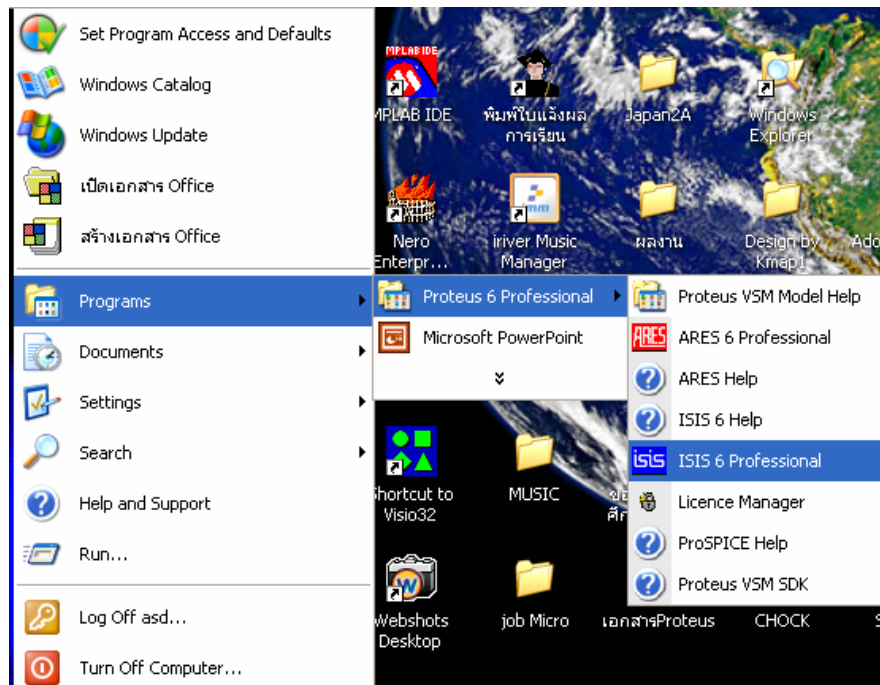
โปรแกรมโปรติอุสมีโปรแกรมย่อย 2 โปรแกรม คือ ISIS ใช้เขียนวงจรและจำลองการทำงาน อีกโปรแกรมหนึ่ง คือ ARES ใช้ออกแบบลายแผ่นวงจรพิมพ์ ในการใช้โปรแกรมจำเป็นต้องทราบคำสั่งที่มีอยู่บนแถบคำสั่ง (Menu bar) และแถบเครื่องมือ (Toolbar) ต่อจากนั้นจะต้องทราบขั้นตอนในการเขียนวงจร ซึ่งต้องเริ่มจากการเลือก การวาง การเคลื่อนย้าย การโยงสาย การเปลี่ยนค่าอุปกรณ์ การเลือกใช้เครื่องมือวัดและการจำลองการทำงาน

การใช้โปรแกรม ISIS มีขั้นตอนดังนี้

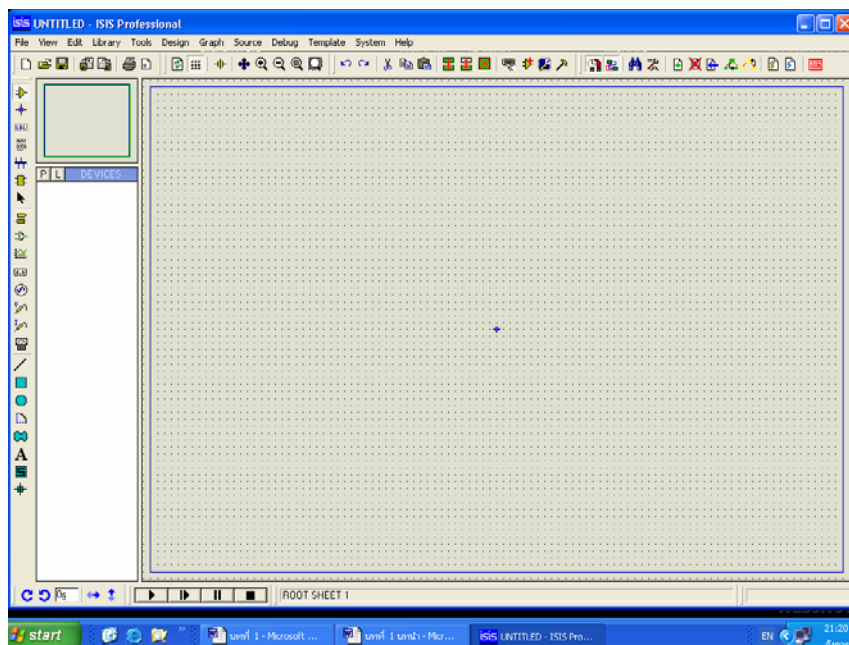
1. เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ Start จะปรากฏหน้าจอตามรูปที่ 1.4 แล้วเลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ Program และเลือก Proteus 6 Professional → ISIS 6 Professional ตามรูปที่ 1.5 จะได้นหน้าต่างของโปรแกรม ISIS ตามรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.4 เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ Start

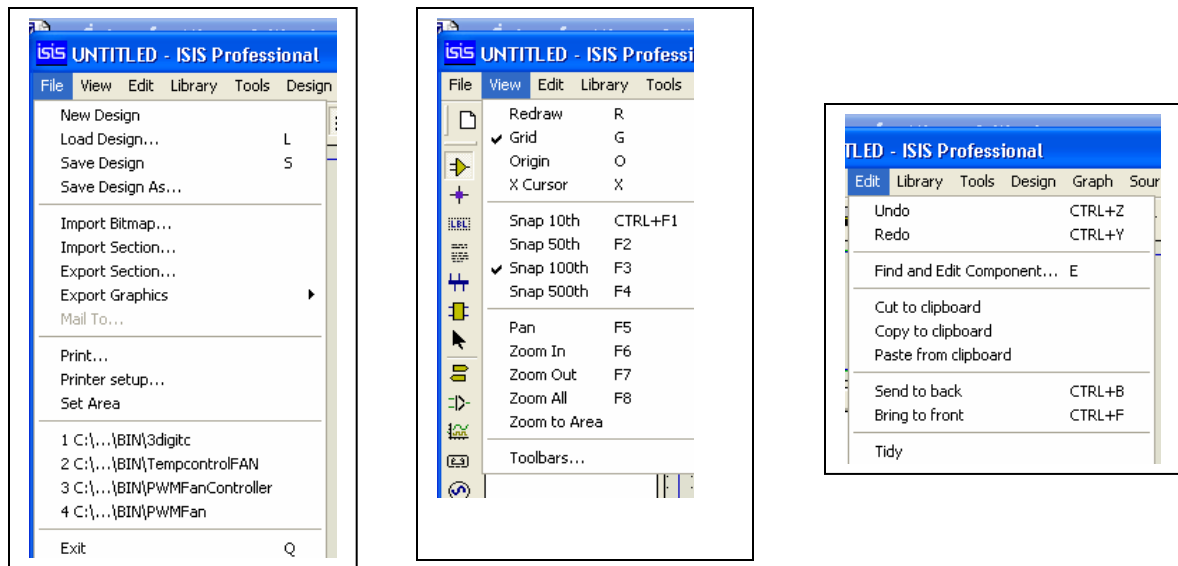


รูปที่ 1.5 การเข้าสู่โปรแกรม ISIS



รูปที่ 1.6 หน้าต่างของโปรแกรม ISIS

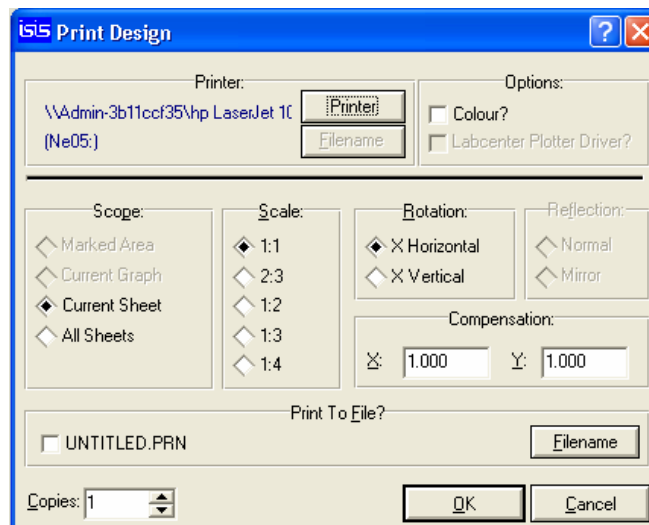
2. เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่รายการคำสั่งแต่ละตัวแล้วคลิกเมาส์ด้านซ้าย จะมีรายการคำสั่งย่อยตามรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 รายการคำสั่งย่อยของแถบคำสั่ง

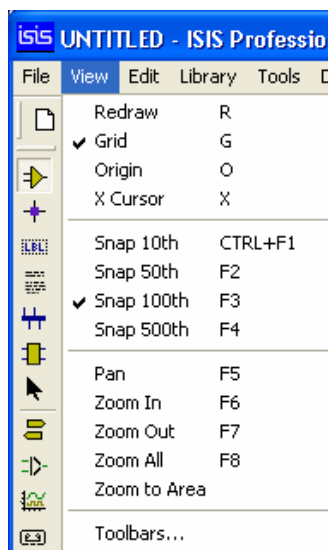
3. เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ไอคอนของแถบเครื่องมือ รอสักครู่ จะมีคำอธิบายคำสั่งในแต่ละไอคอน คำสั่งที่แถบเครื่องมือแบ่งเป็น 4 กลุ่มดังนี้

3.1 File / Print เป็นคำสั่งเกี่ยวกับเพิ่มข้อมูลและการพิมพ์ มีคำสั่งย่อยตามรูปที่ 1.8



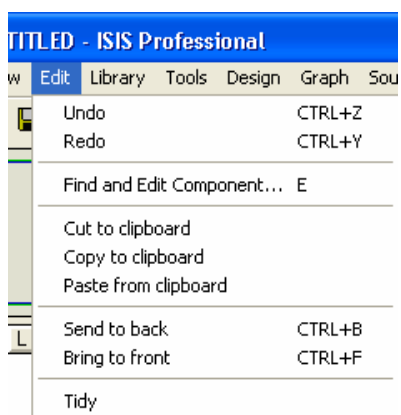
รูปที่ 1.8 คำสั่งย่อยเกี่ยวกับเพิ่มข้อมูลและการพิมพ์

3.2 View Commands เป็นคำสั่งเกี่ยวกับการแสดงผล มีคำสั่งย่อยตามรูปที่ 1.9



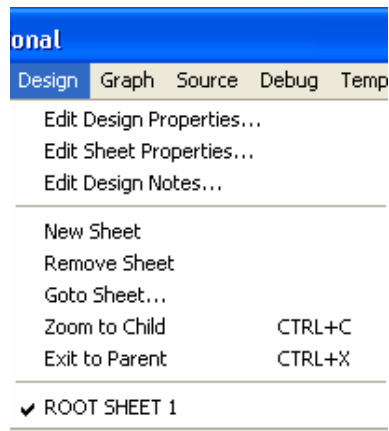
รูปที่ 1.9 คำสั่งย่อยเกี่ยวกับการแสดงผล

3.3 Editing Commands เป็นคำสั่งเกี่ยวกับการแก้ไข มีคำสั่งย่อยตามรูปที่ 1.10



รูปที่ 1.10 คำสั่งย่อยเกี่ยวกับการแก้ไข

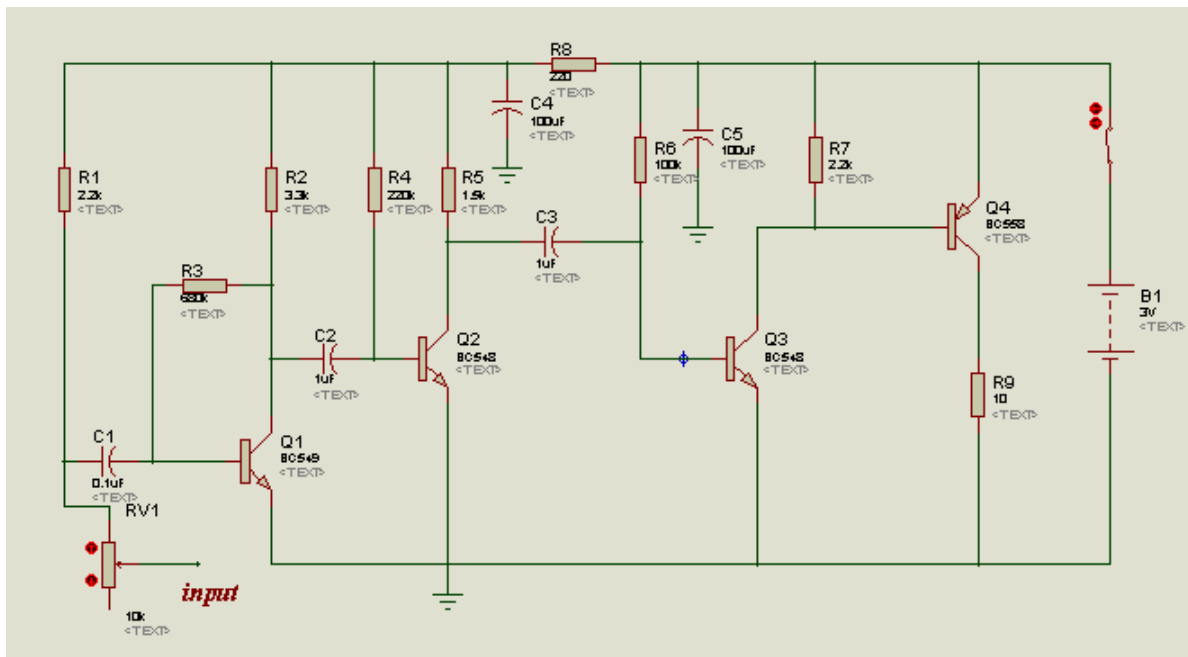
3.4 Design Tools เป็นเครื่องมือเกี่ยวกับการออกแบบ มีคำสั่งย่อยตามรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 คำสั่งย่อยเกี่ยวกับการออกแบบ

4. ทดลองเขียนวงจรเครื่องช่วยฟัง ตามรูปที่ 1.12 ในวงจรนี้ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน คาปาซิเตอร์ และแบตเตอรี่ การเขียนวงจรให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

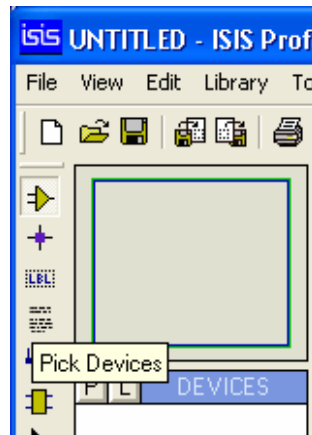
4.1 เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่คำสั่ง File → New Design หรือเลือกกดไอคอน



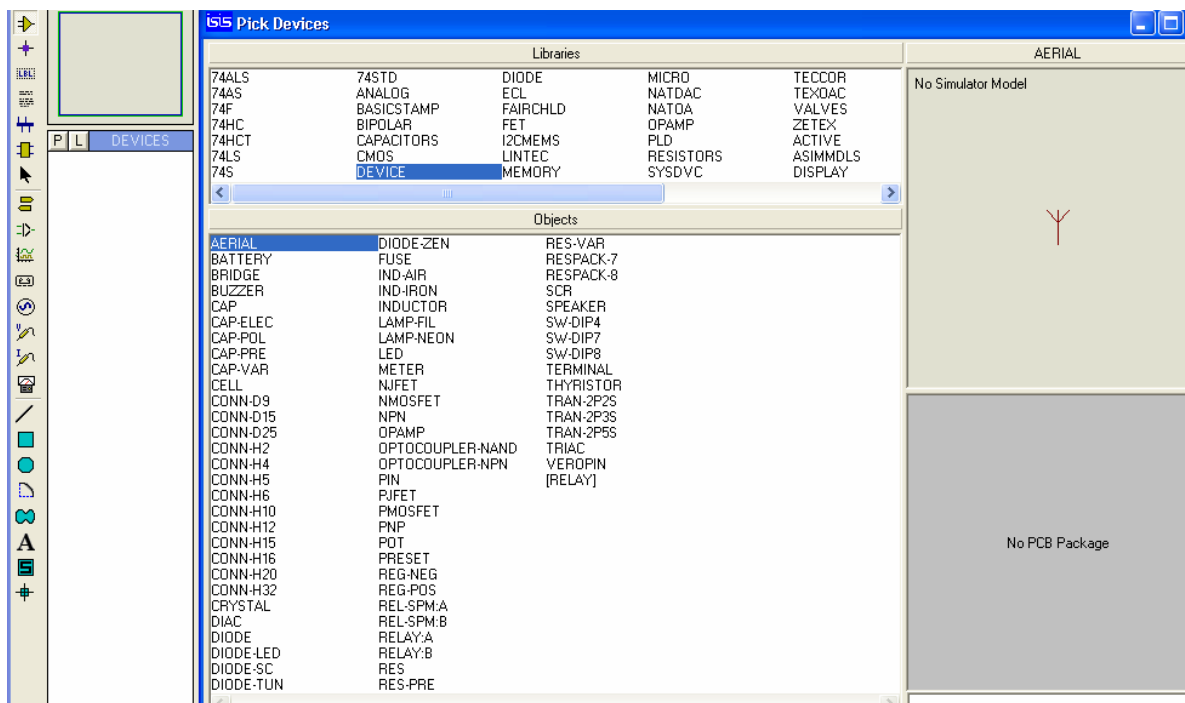
รูปที่ 1.12 วงจรเครื่องช่วยฟัง

4.2 เลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร

4.2.1 ต้องการเลือกทรานซิสเตอร์ ให้เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ Device และชี้ที่ตัว P จะมีข้อความ Pick Devices ตามรูปที่ 1.13 ให้กดปุ่มเมาส์ด้านซ้ายเพื่อเข้าสู่หน้าต่าง Pick Devices จะได้ตามรูปที่ 1.14

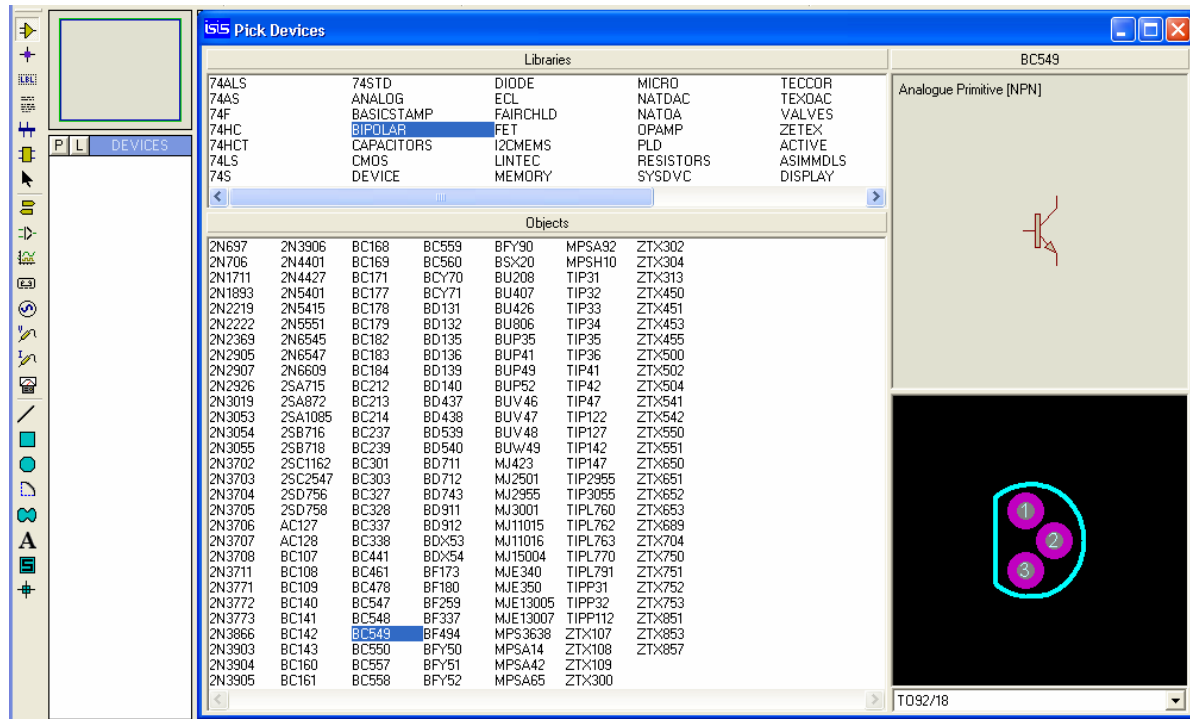


รูปที่ 1.13 เข้าสู่การเลือกอุปกรณ์

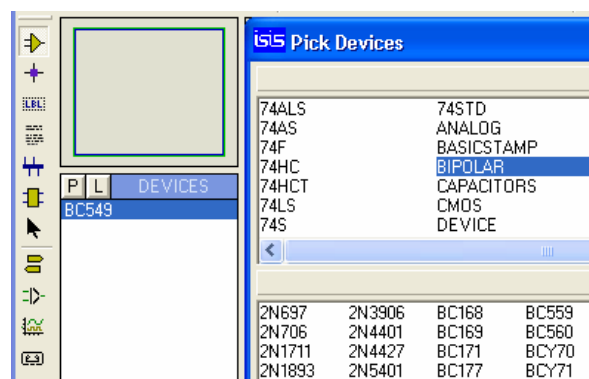


รูปที่ 1.14 หน้าต่าง Pick Devices

ที่ Libraries ให้เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ BIPOLAR แล้วกดปุ่มเมาส์ด้านซ้าย 1 ครั้ง จะมีรายการเบอร์ทรานซิสเตอร์ที่ Objects เลือกทรานซิสเตอร์เบอร์ BC549 จะแสดงผลตามรูปที่ 1.15 แล้วดับเบิลคลิกที่เบอร์ทรานซิสเตอร์ที่ต้องการเลือก จะมีเบอร์ทรานซิสเตอร์ปรากฏในช่อง Devices ตามรูปที่ 1.16



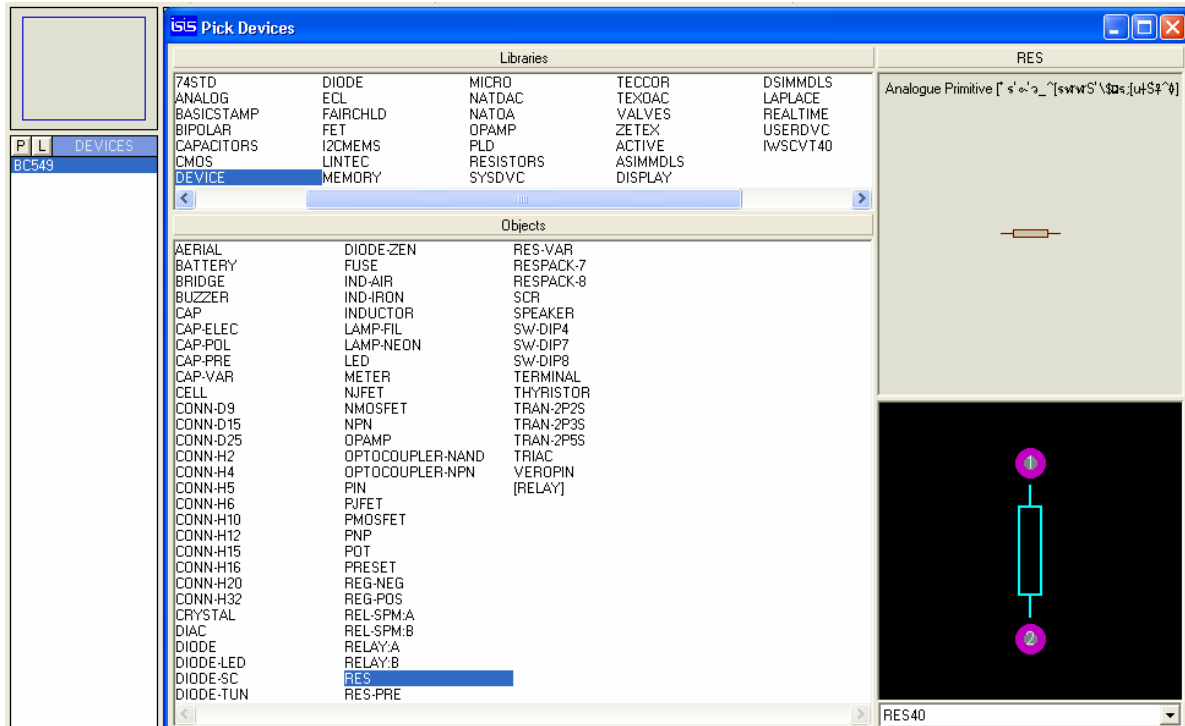
รูปที่ 1.15 การเลือกทรานซิสเตอร์เบอร์ BC549



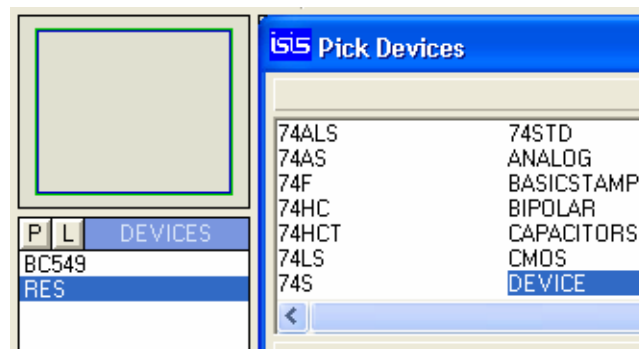
รูปที่ 1.16 ทรานซิสเตอร์ที่ถูกเลือกจะอยู่ในช่อง Devices

การเลือกทรานซิสเตอร์เบอร์ BC548 และเบอร์ BC558 ก็ทำได้เช่นเดียวกัน มีข้อสังเกตว่า ขณะที่กดปุ่มดับเบิลคลิกที่เบอร์ทรานซิสเตอร์จะมีสัญลักษณ์ปรากฏขึ้นทางด้านขวามือ

4.2.2 การเลือกตัวต้านทานให้เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ Libraries Device แล้วเลือก Res ที่ Objects ตามรูปที่ 1.17 ให้ดับเบิลคลิกที่ RES จะมีคำว่า RES ปรากฏขึ้นที่ช่อง Devices ตามรูปที่ 1.18

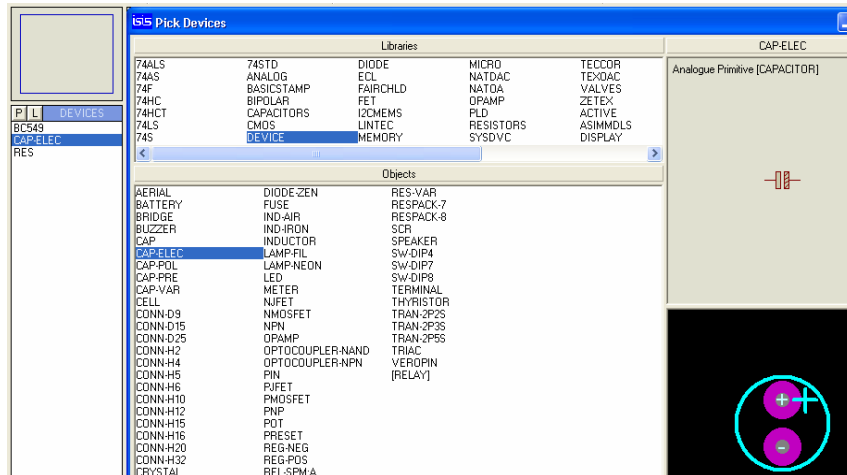


รูปที่ 1.17 การเลือกตัวต้านทาน



รูปที่ 1.18 แสดงตัวต้านทาน (RES) ในช่อง Devices

4.2.3 การเลือกคาปาซิเตอร์แบบมีขั้ว ให้เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ Objects แล้วกดเลือก CAP_ELEC และดับเบิลคลิกชื่อ CAP_ELEC จะไปปรากฏที่ช่อง Devices ตามรูปที่ 1.19

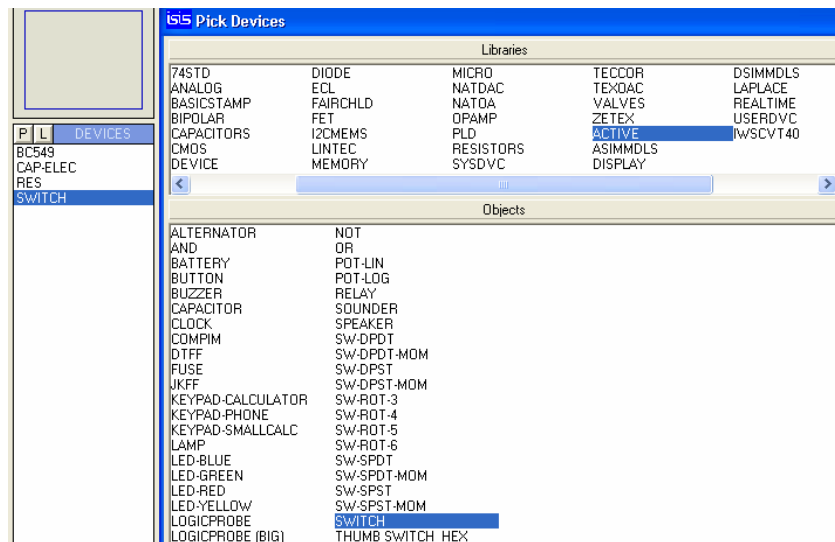


รูปที่ 1.19 การเลือกตัวคาปาซิเตอร์แบบมีขั้ว

4.2.4 การเลือกแบตเตอรี่ให้กดเลือก BATTERY ซึ่งอยู่ใน Objects

4.2.5 การเลือกสวิตช์ให้กดเลือก Libraries ที่ Active แล้วกดเลือก SWITCH

ตามรูปที่ 1.20



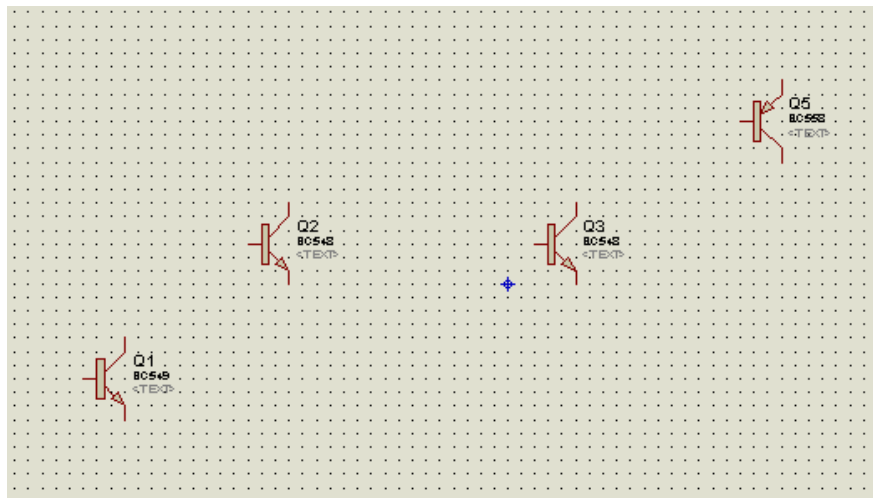
รูปที่ 1.20 การเลือกสวิตช์

ข้อสังเกต : รายการอุปกรณ์ที่เป็น COND MIC และ EAR PHONE ไม่ต้องเลือก

จะเป็นจุดป้อนสัญญาณเข้าและตรวจสัญญาณออกตามลำดับ

4.2.6 เมื่อเลือกอุปกรณ์ได้ครบตามวงจรแล้วให้ปิดหน้าต่าง Pick Devices

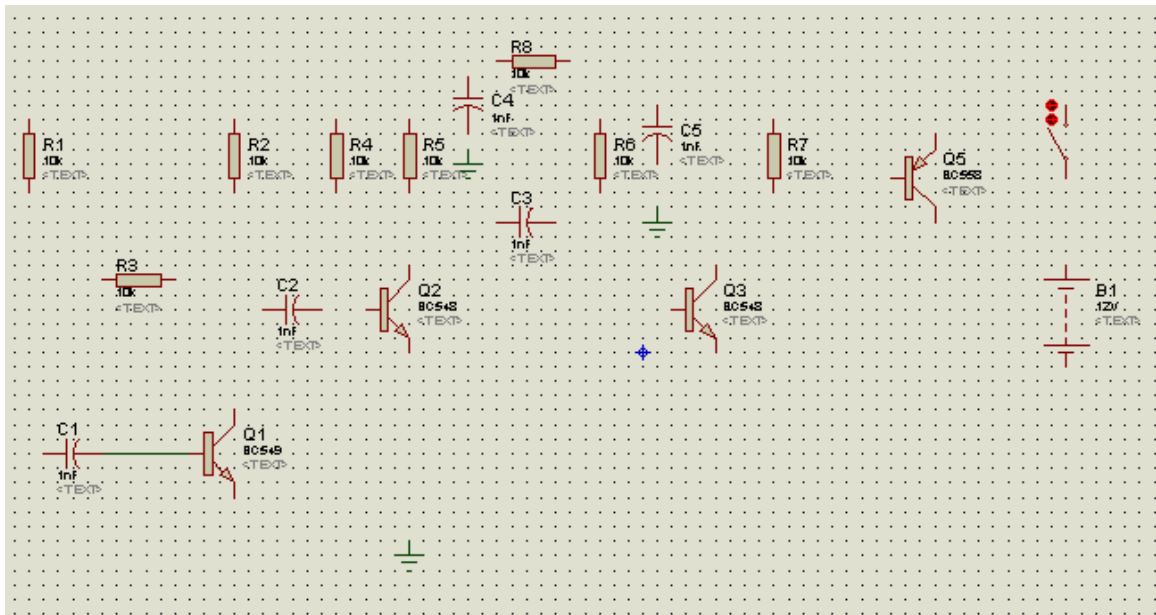
4.3 การวางอุปกรณ์ลงบนพื้นที่ใช้งาน ให้เริ่มจากการวางทรานซิสเตอร์ Q1 – Q4 โดยเลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ทรานซิสเตอร์ BC459 แล้วกดปุ่มเมาส์ด้านซ้าย 1 ครั้ง เมื่อวางทรานซิสเตอร์ Q1 การวางทรานซิสเตอร์ Q2 – Q4 ก็ทำเช่นเดียวกัน จะได้ตามรูปที่ 1.21



รูปที่ 1.21 การวางทรานซิสเตอร์ลงบนพื้นที่ใช้งาน

มีข้อสังเกตว่าทรานซิสเตอร์ Q4 จากวงจรในรูปที่ 1.12 ขาเบสอยู่ด้านบนแต่ที่หน้าจอยู่ด้านล่าง จะต้องมีการเปลี่ยนตำแหน่ง โดยเลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ Q4 แล้วกดปุ่มเมาส์ด้านขวา 1 ครั้ง สัญลักษณ์ Q4 จะเปลี่ยนเป็นสีแดง ให้เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ลูกศรสีแดงด้านมุมล่างซ้ายมือ ให้เลือกลูกศรชี้ขึ้น ↑ แล้วคลิกเมาส์ด้านซ้าย 1 ครั้ง ขาเบสจะย้ายไปอยู่ด้านบน

การวางตัวต้านทาน คาปาซิเตอร์ สวิตช์ และแบตเตอรี่ก็ทำได้เช่นเดียวกันและเมื่อต้องการหมุนอุปกรณ์ให้ใช้ไอคอนลูกศรที่มุมล่างซ้ายมือ เมื่อวางอุปกรณ์ครบแล้วจะได้ตามรูปที่ 1.22



รูปที่ 1.22 การวางสัญลักษณ์ของวงจรเครื่องช่วยฟัง

4.4 การเคลื่อนย้ายสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ เพื่อให้เหมือนกับวงจรที่กำหนดให้ ทำได้ดังนี้

4.4.1 เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่สัญลักษณ์ของอุปกรณ์ที่ต้องการเคลื่อนย้าย แล้วคลิกเมาส์ด้านขวา 1 ครั้ง สัญลักษณ์จะเปลี่ยนเป็นสีแดงแสดงว่าสัญลักษณ์ตัวนั้นถูกเลือก

4.4.2 การเคลื่อนย้ายสัญลักษณ์ ให้กดปุ่มเมาส์ด้านซ้าย 1 ครั้ง แล้วเลื่อนตัวชี้ไปที่สัญลักษณ์ที่ได้เลือกไว้แล้ว ให้กดปุ่มเมาส์ด้านซ้ายค้างไว้ แล้วเลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ตำแหน่งที่ต้องการ

4.4.3 ยกเลิกการเคลื่อนย้ายสัญลักษณ์ เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ว่างแล้วกดปุ่มเมาส์ด้านขวา 1 ครั้ง สัญลักษณ์ที่เคลื่อนย้ายจะเปลี่ยนเป็นสีดำ

4.5 การเรียกใช้สัญลักษณ์ การต่อลงกราวด์ ให้เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ไอคอนด้านซ้ายมือ ซี่ที่ไอคอน $\leftrightarrow$ (Inter Sheet Terminal) แล้วกดเมาส์ด้านซ้าย 1 ครั้งเลือก GROUND เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ตำแหน่งต่อลงกราวด์ กดปุ่มเมาส์ด้านซ้าย 1 ครั้ง จะมีสัญลักษณ์ต่อลงกราวด์ปรากฏขึ้น

4.6 การย่อขยายสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ เพื่อให้มองเห็นสัญลักษณ์ทั้งหมด หรือดูรายละเอียดของสัญลักษณ์แต่ละตัว ให้เลือกไอคอน เมื่อต้องการลดขนาดหรือเลือกไอคอน เมื่อต้องการขยายให้โตขึ้น

4.7 การเลือกส่วนของวงจรที่มองไม่เห็น ให้เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่กรอบด้านบนและเลื่อนตัวชี้ไปยังจุดที่ต้องการดูให้กดปุ่มเมาส์ด้านซ้าย 1 ครั้ง บนพื้นที่ใช้งาน จะแสดงส่วนของวงจรที่ต้องการดูรายละเอียด

4.8 เมื่อวางสัญลักษณ์ได้เหมือนต้นแบบแล้ว ควรจัดเก็บแฟ้มให้ชื่อว่า Hearing Aid1 กดเลือก Save ต้องจำไว้ด้วยว่าจัดเก็บไว้ที่ใคร่ฟหรือใคร่ทอรีใด

4.9 การโยงสายเชื่อมต่อสัญลักษณ์ เพื่อให้การต่อสายทำได้ง่ายควรขยายสัญลักษณ์ให้โตขึ้น และควรเริ่มโยงสายจากด้านซ้ายไปขวามือ เริ่มที่ขา R1 ต่อกับ C1 ให้เลื่อนตัวชี้ไปที่ขา R1 จะมีเครื่องหมาย X กดปุ่มเมาส์ด้านซ้ายค้างไว้แล้วเลื่อนตัวชี้ไปที่ขา C1 ปล่อยมือที่กดปุ่มเมาส์ สำหรับการโยงสายของอุปกรณ์ตัวอื่นก็ทำได้เช่นเดียวกัน เมื่อโยงสายครบทุกเส้นแล้วให้จัดเก็บไว้ในชื่อว่า Hearing Aid2

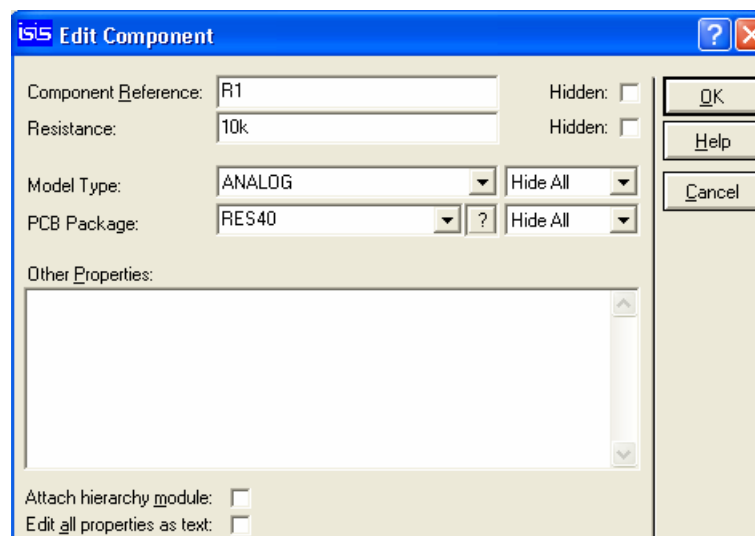
4.10 การเปลี่ยนค่าอุปกรณ์ให้ปฏิบัติดังนี้

4.10.1 ควรเริ่มกำหนดค่าจากด้านซ้ายไปขวามือ

4.10.2 เมื่อต้องการเปลี่ยนค่า R1 เป็น 2.2k ให้เลื่อนตัวชี้ไปที่ R1 แล้วกดปุ่มเมาส์ด้านขวา 1 ครั้ง สัญลักษณ์ R1 จะเป็นสีแดง ต่อจากนั้นให้กดปุ่มเมาส์ด้านซ้าย 2 ครั้ง เพื่อเข้าสู่กรอบโต้ตอบ Edit Component ตามรูปที่ 1.23 เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ช่องเติมค่า Resistance พิมพ์ 2.2k แทน 10k แล้วกด OK

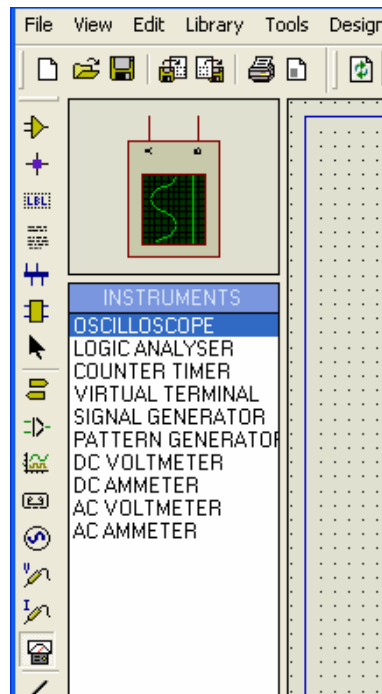
4.10.3 เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ว่างแล้วกดปุ่มเมาส์ด้านขวา

4.10.4 การเปลี่ยนค่าอุปกรณ์ที่เหลือ กำหนดได้เช่นเดียวกัน แล้วจัดเก็บแฟ้มให้ชื่อว่า Hearing Aid3



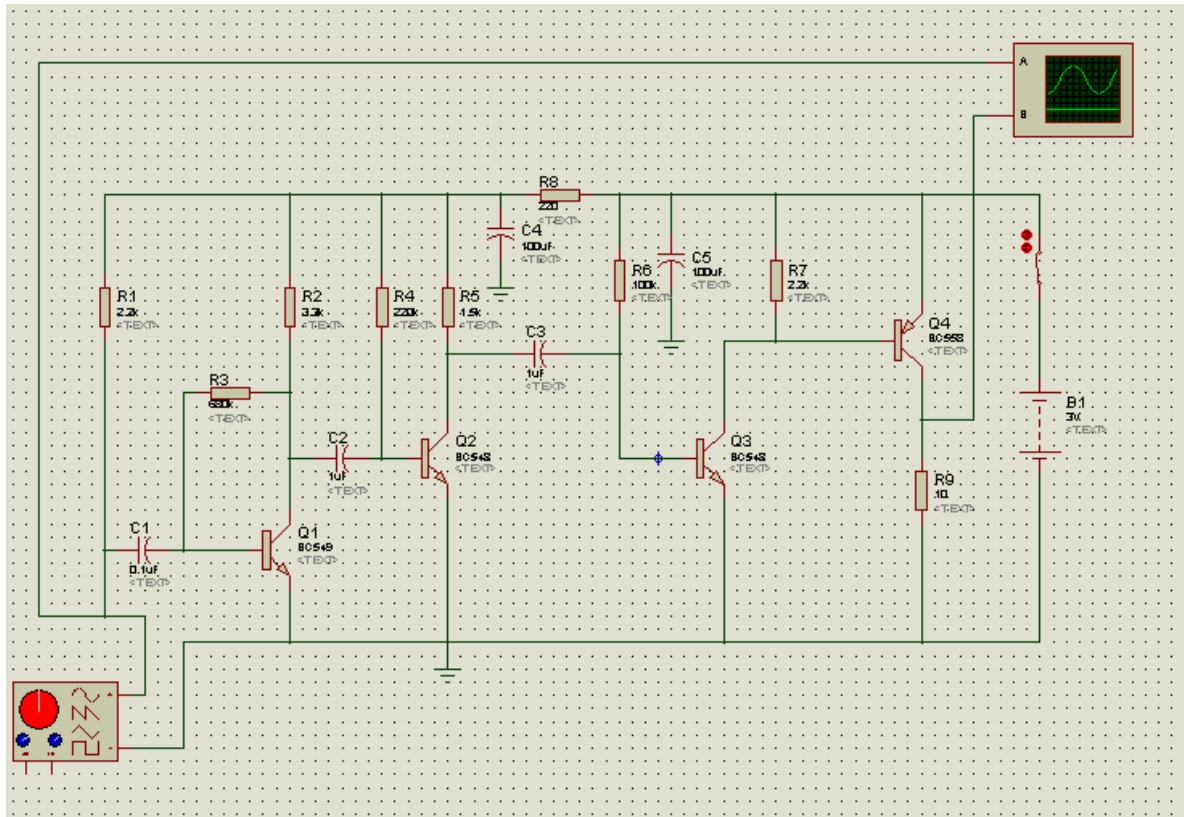
รูปที่ 1.23 แสดงกรอบโต้ตอบ Edit Component

4.11 การเรียกใช้เครื่องมือวัด ให้เลื่อนตัวชี้ไปที่ไอคอนรูปเครื่องมือวัดด้านซ้ายมือ จะมีรายการเครื่องมือวัดแสดงในรูปที่ 1.24



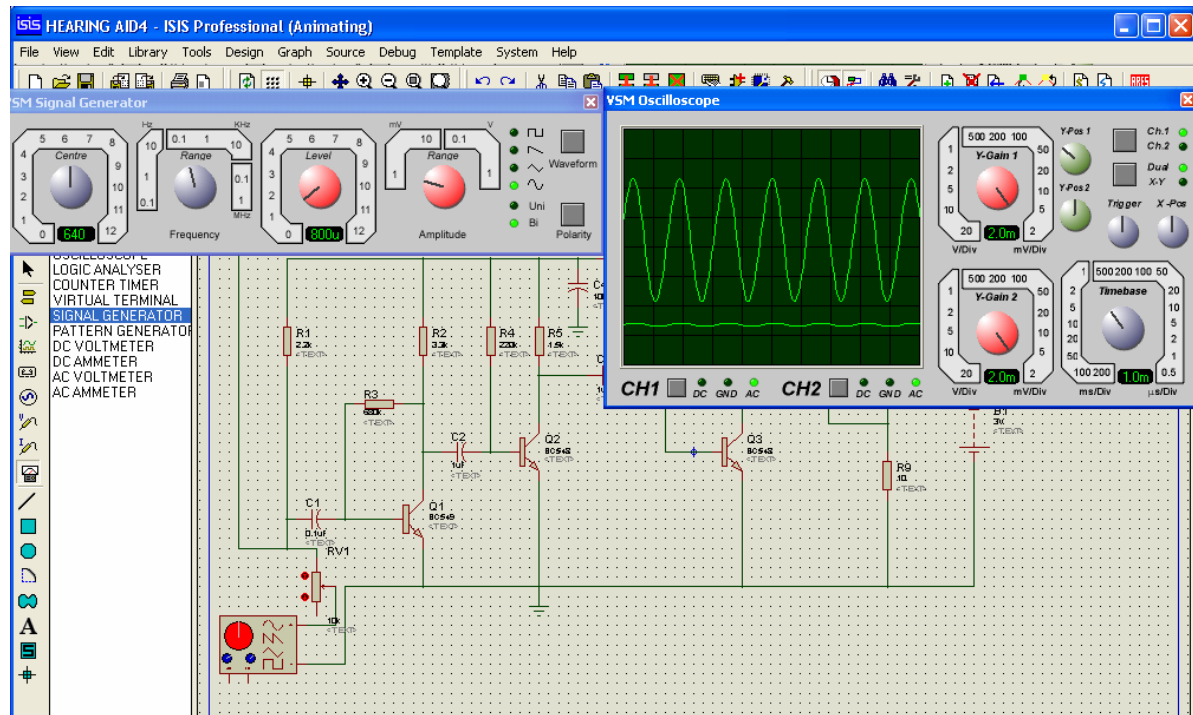
รูปที่ 1.24 แสดงรายการเครื่องมือวัด

4.12 จากตัวอย่างวงจรเครื่องช่วยฟัง เมื่อต้องการจำลองการทำงานจะต้องป้อนสัญญาณรูปไซน์เข้าที่ด้านอินพุตโดยใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณและใช้ออสซิลโลสโคปตรวจสอบคลื่นที่ด้านเอาต์พุต โดยต่อเข้ากับขาคอลเลกเตอร์ของ Q4 การเรียกใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณและออสซิลโลสโคปให้เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ SIGNAL GENERATORS แล้วกดปุ่มเมาส์ด้านซ้าย 1 ครั้ง จะมีรูปเครื่องกำเนิดสัญญาณด้านบนของรายการ INSTRUMENT เลื่อนตัวชี้ไปที่จุดใกล้กับ C1 กดปุ่มเมาส์ด้านซ้าย 1 ครั้ง จะมีรูปเครื่องกำเนิดสัญญาณที่พื้นที่ใช้งาน เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ OSCILLOSCOPE แล้ววางออสซิลโลสโคปไว้ด้านบนของ Q4 โดยสายเครื่องกำเนิดสัญญาณขั้วบวกเข้าที่ขา C1 ที่ต่อกับ R1 และขั้วลบต่อลงกราวด์ โยงสายออสซิลโลสโคปช่อง A กับขั้วบวกของเครื่องกำเนิดสัญญาณ ส่วนช่อง B ต่อกับขาคอลเลกเตอร์ของ Q4 ได้ตามรูปที่ 1.25 แล้วจัดเก็บไฟล์ชื่อ Hearing Aid4



รูปที่ 1.25 การต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณและออสซิลโลสโคปเข้าที่วงจร

4.13 การประมวลผลการทำงานของวงจร ให้เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่เครื่องหมาย ► ซึ่งอยู่ด้านล่างซ้ายมือจะมีรูปจำลองของเครื่องกำเนิดสัญญาณและรูปออสซิลโลสโคปปรากฏขึ้น ให้เคลื่อนย้ายเครื่องกำเนิดสัญญาณ ไว้ที่มุมด้านซ้าย โดยเลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่แถบชื่อเครื่องกำเนิดสัญญาณ (VSM Signal Generator) แล้วกดปุ่มเมาส์ด้านซ้ายค้างไว้ ให้เลื่อนตัวชี้ไปที่มุมด้านซ้ายเพื่อย้ายเครื่องกำเนิดสัญญาณ ส่วนการย้ายออสซิลโลสโคปทำได้เช่นเดียวกัน เมื่อวางตำแหน่งเครื่องมือวัดเสร็จแล้วจะได้ตามรูปที่ 1.26



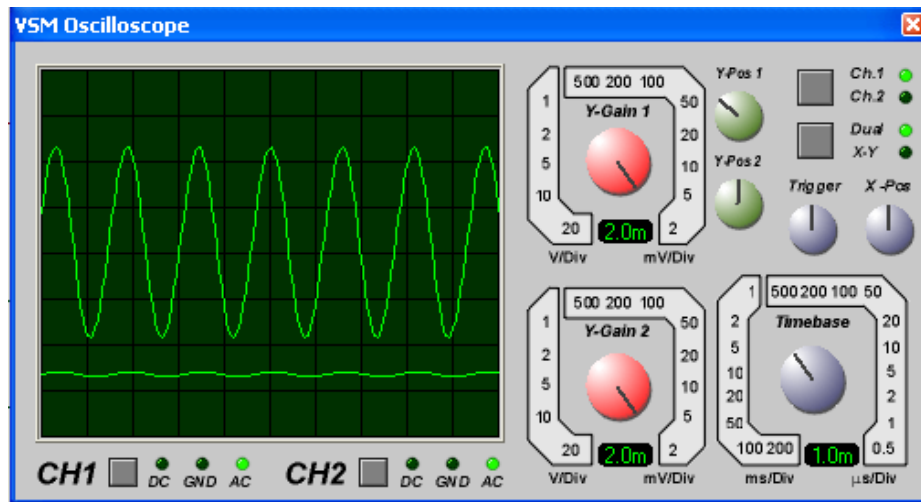
รูปที่ 1.26 การวางตำแหน่งเครื่องมือวัด

4.14 การปรับปุ่มที่ออสซิลโลสโคป ตั้งปุ่มรูปร่างสัญญาณไว้ที่ Dual (ดู 2 เส้นภาพ) ปุ่มนี้อยู่ทางด้านขวาของออสซิลโลสโคป ให้เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ปุ่มนั้นแล้วกดปุ่มเมาส์ด้านซ้าย 1 ครั้ง จะมีเส้นภาพ 2 เส้นปรากฏที่จอภาพ ต่อจากนั้นจึงปรับ CH1 และ CH2 ไว้ที่ AC และปรับปุ่ม Y Pos 1 โดยกดปุ่มเมาส์ด้านซ้ายค้างไว้ ใช้ตัวชี้หมุนปุ่มให้เส้นสัญญาณอยู่ด้านล่าง ส่วนปุ่ม Y Pos 2 ปรับให้เส้นสัญญาณอยู่ด้านบน

4.15 การตั้งค่าที่เครื่องกำเนิดสัญญาณ ในการจำลองการทำงานของวงจรเครื่องช่วยฟัง จะใช้สัญญาณรูปไซน์ โดยกดปุ่ม waveform ให้หลอดไฟติดสว่างหน้าสัญญาณรูปไซน์ แล้วตั้งค่าปุ่ม Center ไว้ตรงกลาง ปุ่ม Range เลือกความถี่ไว้ที่ 1 KHz ปุ่ม Level ตั้งไว้ที่ 1 และปุ่ม Amplitude ไว้ที่ 1 mV ถ้าสัญญาณที่ป้อนเข้าด้านอินพุตมีสัญญาณแรงไป ให้ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ต่อเข้าที่อินพุตเพื่อปรับระดับความแรงของสัญญาณให้เหมาะสม

4.16 การดูรูปสัญญาณที่ออสซิลโลสโคป ให้ปรับปุ่ม Y – Gain1 และปุ่ม Y – Gain2 เพื่อปรับความสูงของสัญญาณ (Amplitude) ส่วนปุ่ม Timebase ใช้ปรับความถี่

4.17 การตรวจสอบการทำงานของวงจรเครื่องช่วยฟัง ให้สังเกตรูปลักษณ์ของสัญญาณด้านอินพุต (เส้นล่าง) เปรียบเทียบกับสัญญาณด้านเอาต์พุต(เส้นบน) ถ้าวางจรทำงานได้ถูกต้องจะได้รูปลักษณ์ตามรูปที่ 1.27



รูปที่ 1.27 รูปลักษณ์สัญญาณของวงจรเครื่องช่วยฟัง

สรุป

โปรแกรมโปรติอุสเป็นโปรแกรมที่ใช้จำลองการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทางด้านแอนะล็อก ดิจิตอล และไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ยังใช้ในการออกแบบลายแผ่นวงจรพิมพ์ การเริ่มต้นใช้โปรแกรมต้องมีการติดตั้งโปรแกรมและต้องเข้าใจขั้นตอนในการใช้โปรแกรม ซึ่งมีขั้นตอนในการจำลองการทำงานของวงจรดังนี้ การเรียกใช้อุปกรณ์ การวาง การเคลื่อนย้าย การโยงสายเชื่อมต่อ การเปลี่ยนค่าอุปกรณ์ การเรียกใช้เครื่องมือวัดและการประมวลผลการทำงานของวงจร

คำถามท้ายบท

1. โปรแกรมโปรติอุสใช้จำลองการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในด้านใดบ้าง
2. การติดตั้งโปรแกรมโปรติอุสมีขั้นตอนอย่างไรบ้าง จงอธิบาย
3. จงสรุปขั้นตอนในการใช้โปรแกรมโปรติอุส
4. จงอธิบายวิธีการเปลี่ยนค่าตัวต้านทานและคาปาซิเตอร์
5. เมื่อประมวลผลการทำงานของวงจรเครื่องช่วยฟัง แล้วรูปออสซิลโลสโคปหายไปจะต้องทำ

อย่างไร รูปออสซิลโลสโคปจึงจะกลับมาแสดงที่จอภาพ

เอกสารอ้างอิง

Pradeep G. Low-Cost Hearing Aid. <http://www.Electronicsforu.com> (26/04/2006).

บทที่ 2

วงจรแอนะล็อก 1

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถและทักษะดังนี้

1. ใช้โปรแกรมโปรติอุสจำลองการทำงานของวงจรไดโอดได้ถูกต้อง
2. ใช้โปรแกรมโปรติอุสจำลองการทำงานของวงจรไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง
3. ใช้โปรแกรมโปรติอุสจำลองการทำงานของวงจรเฟตได้ถูกต้อง
4. อธิบายการทำงานของวงจรในข้อ 1-3 ได้ถูกต้อง

หัวข้อเรื่อง

วงจรไดโอด

วงจรไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์

วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์

วงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วม

วงจรขยายเบสร่วม

วงจรขยายคอลเลกเตอร์ร่วม

วงจรขยายสัญญาณไมโครโฟนคอนเดนเซอร์

วงจรขยายกำลัง

วงจรเฟต

วงจรขยายซอร์สร่วม

วงจรขยายเกตร่วม

วงจรเดรนร่วม

การประยุกต์ใช้งานเฟต

สรุป

คำถามท้ายบท

เอกสารอ้างอิง

บทที่ 2

วงจรแอนะล็อก 1

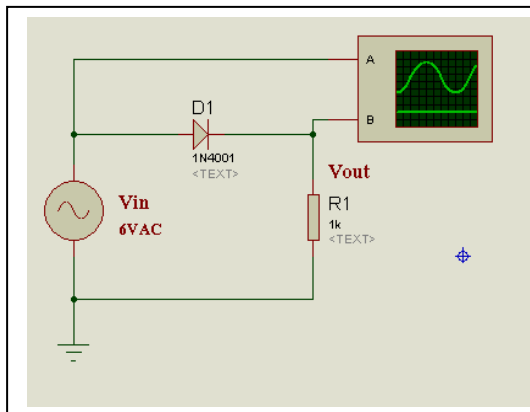
บทนำ

วงจรแอนะล็อกเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานกับสัญญาณที่มีหลายระดับ มีลักษณะต่อเนื่อง (สัญญาณแอนะล็อก) วงจรแอนะล็อกประกอบด้วยอุปกรณ์ประเภทต่อเนื่องงาน เช่น ตัวต้านทาน คาปาซิเตอร์ หรือขดลวดเหนี่ยวนำ กับอุปกรณ์ประเภทไวงาน เช่น ไดโอด ทรานซิสเตอร์ หรือไอซี ในบทเรียนนี้จะกล่าวถึงการทดลอง วงจรไดโอด วงจรไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ และวงจรเฟต โดยทำการทดลองบนโปรแกรมโปรติอุส

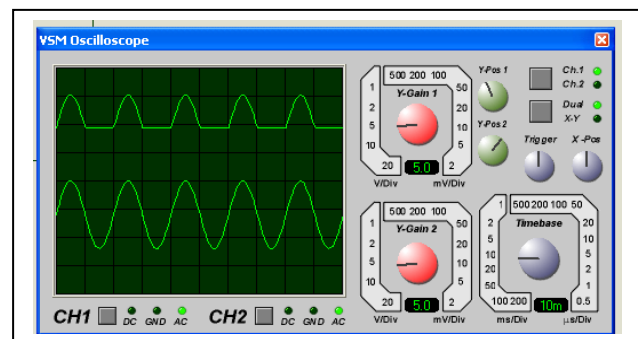
วงจรไดโอด

ไดโอดเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทิศทางเดียว จึงนำมาใช้เป็นวงจรเรียงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง มีการต่อเป็นวงจรได้ดังนี้

1. วงจรเรียงแรงดันแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier) เป็นวงจรเรียงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่ราบเรียบ มีวงจรตามรูปที่ 2.1



(ก) วงจร



(ข) รูปคลื่นที่อินพุต/เอาต์พุต

รูปที่ 2.1 วงจรเรียงแรงดันแบบครึ่งคลื่น

ภาคปฏิบัติ

ให้วาดวงจรตามรูปที่ 2.1 ลงบนโปรแกรมโปรติอุสใช้ไดโอดเบอร์ 1N4001 ตัวต้านทาน 1 k Ω แล้วประมวลผลการทำงานของวงจรโดยป้อนค่าตามตารางที่ 2.1 ใช้ออสซิลโลสโคปตรวจสอบรูปคลื่นและวาดรูปคลื่น V_{out} ลงในตารางที่ 2.1

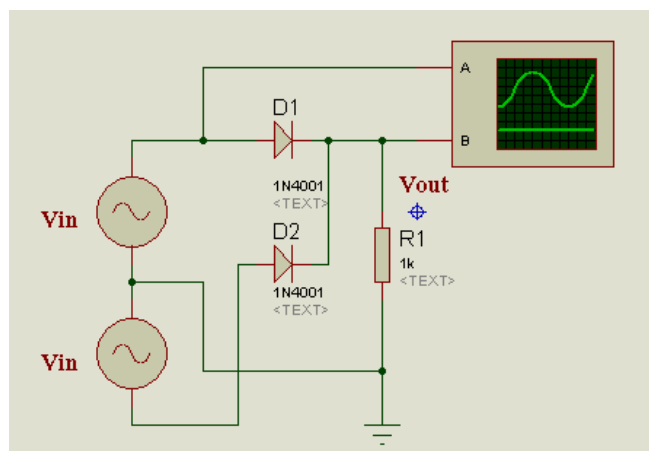
ตารางที่ 2.1 ค่าที่ใช้ทดลองวงจรในรูปที่ 2.1

V_{in} (V)	V_{out} (peak)	รูปคลื่น V_{out}
3		
6		
9		
12		

จากตารางที่ 2.1 สรุปความสัมพันธ์ของ V_{in} กับ V_{out} ได้ดังนี้

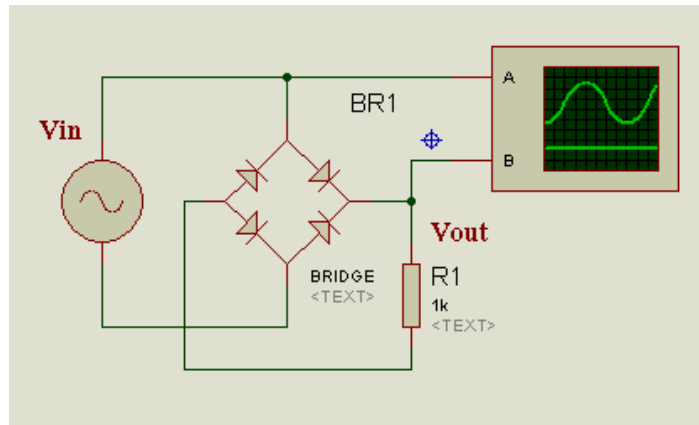
$$V_{out} = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. วงจรเรียงแรงดันแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier) จากวงจรเรียงแรงดันในหัวข้อที่ 1 จะเห็นว่า ไดโอดยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้เฉพาะช่วงที่รูปคลื่นสัญญาณมีค่าเป็นบวก ทำให้ได้ไฟฟ้ากระแสตรงที่ไม่ราบเรียบ จึงมีการต่อไดโอดเพิ่มเป็น 2 ตัว หรือ 4 ตัว มีวงจรตามรูปที่ 2.2



(ก) ใช้ไดโอด 2 ตัว

รูปที่ 2.2 วงจรเรียงแรงดันแบบเต็มคลื่น



(ข) ใช้ไดโอด 4 ตัว

รูปที่ 2.2 (ต่อ)

ภาคปฏิบัติ

ให้วาดวงจรตามรูปที่ 2.2(ก) ไดโอด D1 และ D2 ใช้เบอร์ 1N4001 ตัวต้านทาน R_L ใช้ค่า $1\text{ k}\Omega$ แล้วประมวลผลการทำงาน โดยป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับตามค่าในตารางที่ 2.2 ใช้ออสซิลโลสโคปตรวจสอบรูปคลื่นและวัดค่าแรงดัน

ตารางที่ 2.2 ค่าแรงดันที่ป้อนเข้าวงจรในรูปที่ 2.2(ก)

V_{in}	$V_{out (peak)}$	รูปคลื่น V_{out}
6 V		
12 V		
18 V		
24 V		

จากค่าที่วัดได้ในตารางที่ 2.2 เขียนเป็นสูตรสรุปความสัมพันธ์ของ V_{in} กับ V_{out}

$$V_{out} = \underline{\hspace{2cm}}$$

ให้วาดวงจรตามรูปที่ 2.2(ข) ไดโอด D1 – D4 ใช้เบอร์ 1N4001 หรือ ไดโอดบริดจ์ ตัวต้านทานใช้ค่า 1 k Ω แล้วประมวลผลการทำงานโดยป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับตามค่าในตารางที่ 2.3 ให้ใช้ออสซิลโลสโคปตรวจสอบรูคลื่นและวัดค่าแรงดันที่เอาต์พุต

ตารางที่ 2.3 ค่าแรงดันที่ป้อนเข้าวงจรในรูปที่ 2.2(ข)

V_{in}	$V_{out (peak)}$	รูปคลื่น V_{out}
6 V		
12 V		
18 V		
24 V		

จากค่าที่วัดได้ในตารางที่ 2.2(ข) จงเขียนเป็นสูตรสรุปความสัมพันธ์ของ V_{in} กับ V_{out}

$$V_{out} = \underline{\hspace{2cm}}$$

วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

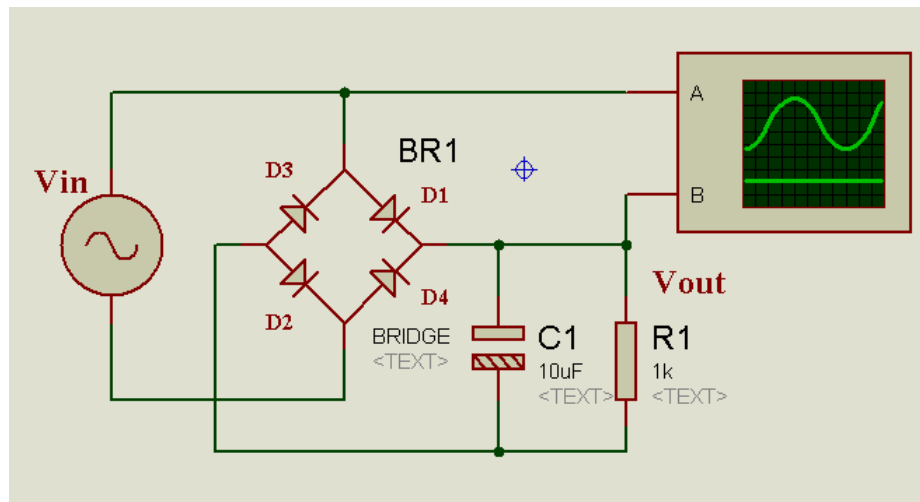
วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเป็นหัวใจของระบบอิเล็กทรอนิกส์ ทุกระบบต้องมีแหล่งจ่ายไฟตรงที่ป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรทำงาน แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วย วงจรเรียงแรงดัน วงจรกรองกระแสและแรงดัน และวงจรคงค่าแรงดันแสดงเป็นแผนภาพบล็อกได้ตามรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แผนภาพบล็อกแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

วงจรกรองกระแสและแรงดัน

จากวงจรเรียงแรงดันตามที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่า รูปคลื่นที่ได้ไม่ราบเรียบ เหมือนกับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแบตเตอรี่ จึงต้องมีวงจรกรองแรงดัน โดยใช้ตัวคาปาซิเตอร์ต่อขนานกับโหลดตามรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การต่อคาปาซิเตอร์กรองแรงดัน

ภาคปฏิบัติ

ให้วาดวงจรตามรูปที่ 2.4 กำหนดให้ $V_{in} = 12\text{ V}$ $D_1 - D_4$ เบอร์ 1N4001 หรือบริดจ์ไดโอด $R_L = 1\text{ k}\Omega$ ส่วนคาปาซิเตอร์มีค่าตามตารางที่ 2.4 เปลี่ยนค่า C แล้วใช้ออสซิลโลสโคปตรวจสอบรูปคลื่นที่เอาต์พุตและวาดรูปไว้ในตารางที่ 2.4

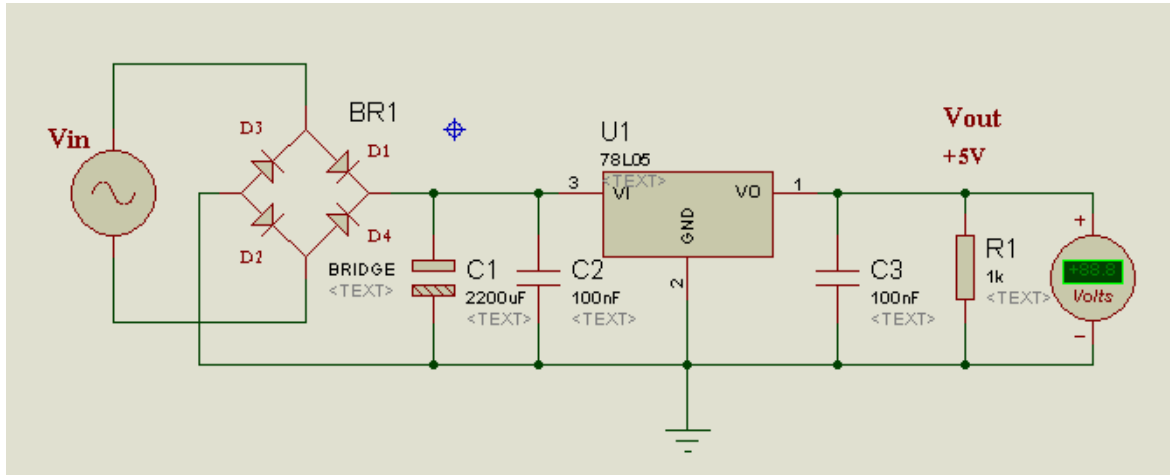
ตารางที่ 2.4 ค่าคาปาซิเตอร์ในวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

C (μF)	รูปคลื่นที่ V_{out}
10	
100	
1000	
2200	

จากรูปคลื่นที่ V_{out} จะเห็นได้ว่าคาปาซิเตอร์มีค่าเป็นอย่างไร จึงจะได้แรงดันไฟตรงที่ราบเรียบเหมือนกับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแบตเตอรี่

วงจรคงค่าแรงดัน

แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากวงจรกรองกระแสและแรงดันจะมีค่าคงที่เมื่อยังไม่ต่อกับโหลด แต่เมื่อต่อโหลดแรงดันจะลดลง หรือเมื่อแรงดันอินพุตเปลี่ยนไปจะทำให้แรงดันที่เอาต์พุตเปลี่ยนไปด้วย ทำให้โหลดทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องมีวงจรคงค่าแรงดัน เพื่อให้ได้แรงดันที่เอาต์พุตคงที่ ถึงแม้ว่า



รูปที่ 2.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟตรง 5 โวลต์

ภาคปฏิบัติ

ให้วาดวงจรตามรูปที่ 2.5 ลงในโปรแกรมโปรติอุส แล้วจำลองการทำงานโดยป้อนแรงดันที่อินพุตและวัดแรงดันที่เอาต์พุต ตามตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ค่าแรงดันที่อินพุตที่ป้อนเข้าวงจรตามรูปที่ 2.5

แรงดันอินพุต (V)	แรงดันเอาต์พุต (V)
6	
7	
8	
9	
10	

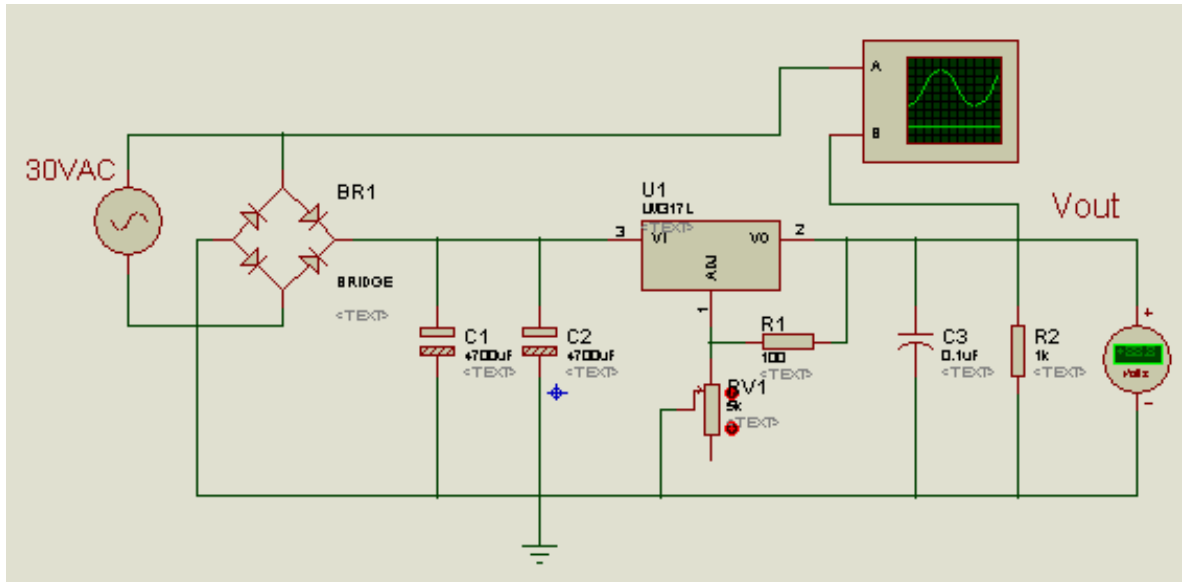
จากแรงดันเอาต์พุตที่บันทึกลงในตารางที่ 2.5 สรุปได้ว่า

.....

.....

.....

การดัดแปลงวงจรคงค่าแรงดันที่ใช้ไอซี LM317 ให้สามารถคงค่าแรงดันที่ปรับค่าได้มีวงจรตามรูปที่ 2.6 ปรับค่าได้ 0V – 30 V โดยต่อตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ มีค่า 5 k Ω เข้าที่ขา Common ของไอซี



รูปที่ 2.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟตรงที่ปรับค่าได้

ภาคปฏิบัติ

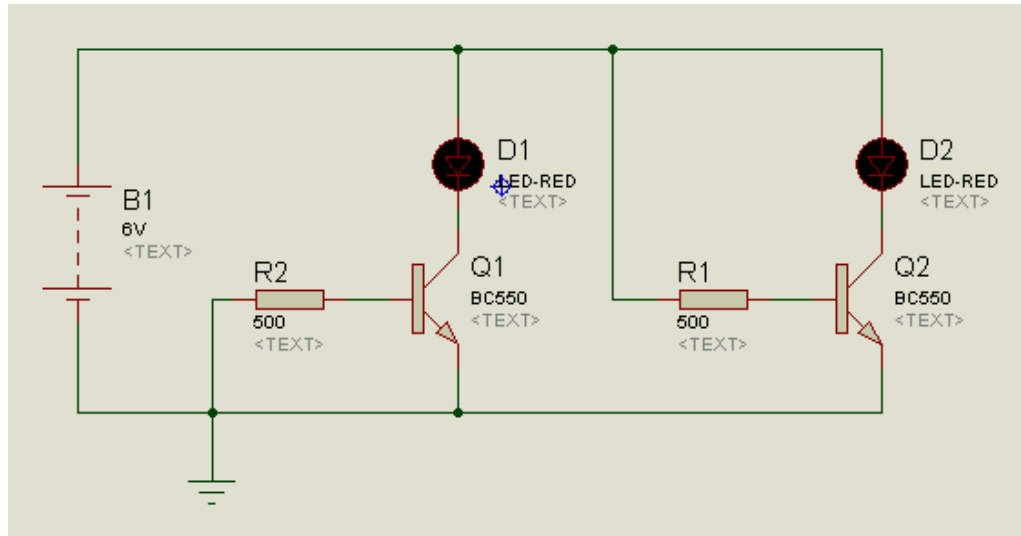
ให้วาดวงจรตามรูปที่ 2.6 โดยใช้โปรแกรมโปรโตคัส แล้วจำลองการทำงานของวงจร โดยป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 30 V เข้าที่อินพุต แล้วปรับค่าตัวต้านทาน 5 k Ω และวัดค่าแรงดันที่เอาต์พุต

วงจรไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์

การนำไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ไปต่อใช้งาน ต้องเริ่มต้นจากการวัดแรงดันไฟตรง (bias) ให้ทรานซิสเตอร์อย่างเหมาะสมจึงจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้ ในบทเรียนนี้จะได้เรียนรู้การทำงานของวงจรที่ใช้ไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ เป็นวงจรขยายแบบเบสร่วม อิมิตเตอร์ร่วม คอลเลกเตอร์ร่วม วงจรขยายขั้นต้น และวงจรขยายกำลัง

วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์

จากวงจรในรูปที่ 2.7 เป็นวงจรที่ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ มีทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 ที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 มีตัวต้านทาน R1 ต่อกับขาเบสและต่อลงกราวด์ ส่วนขาเบส Q2 ต่อกับตัวต้านทาน R2 และต่อกับไฟบวก 6 V ให้สังเกตผลจากการทดลองว่าทรานซิสเตอร์ตัวใดทำหน้าที่ต่อวงจร (on) หรือตัดวงจร (off)



รูปที่ 2.7 วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์

ภาคปฏิบัติ

ให้ต่อวงจรตามรูปที่ 2.7 แล้วจำลองการทำงานของวงจรและสังเกตผลที่หลอดไฟ D1 และ D2 และวัดค่าแรงดันที่ทรานซิสเตอร์ Q2 ตามตารางที่ 2.6 โดยใช้โวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟตรง

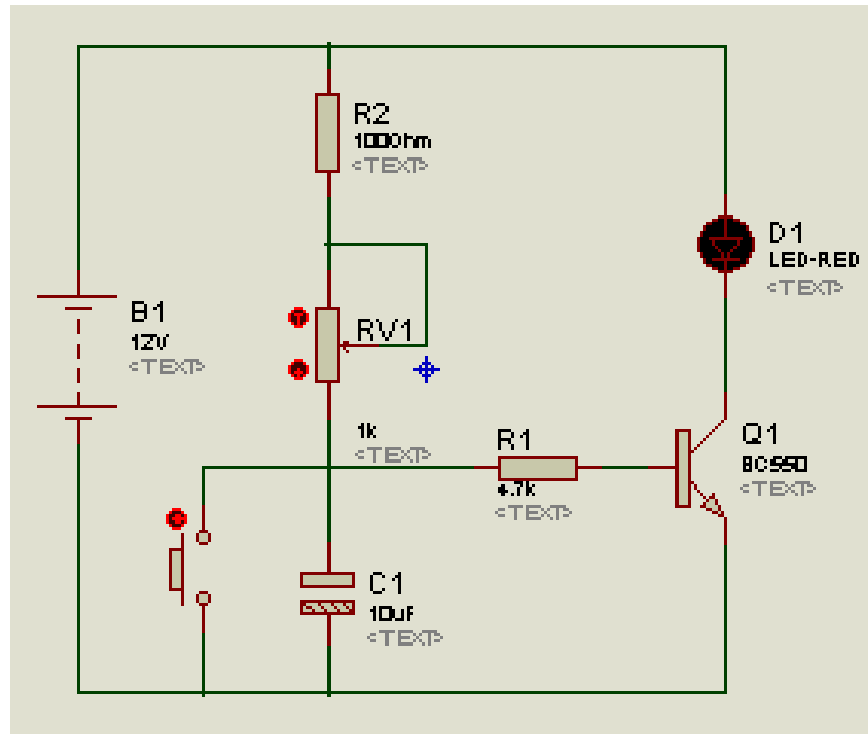
ตารางที่ 2.6 วัดแรงดันที่ทรานซิสเตอร์ Q2

วัดแรงดันที่	ค่าที่วัดได้ (V)
CB	
BE	
CE	

สรุป ความสัมพันธ์ของแรงดันที่ขาทรานซิสเตอร์ Q2

$$V_{CE} = \underline{\hspace{2cm}}$$

การต่อวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ จะต้องปรับค่ากระแสที่ไหลเข้าขาเบสให้เหมาะสมจึงจะทำให้มีกระแสไหลจากขาคอลเลกเตอร์ไปยังขาอีมิเตอร์ได้ ให้ทดลองวงจรตามรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 วงจรสวิตช์ที่มีการปรับกระแสที่ขาเบส

ภาคปฏิบัติ

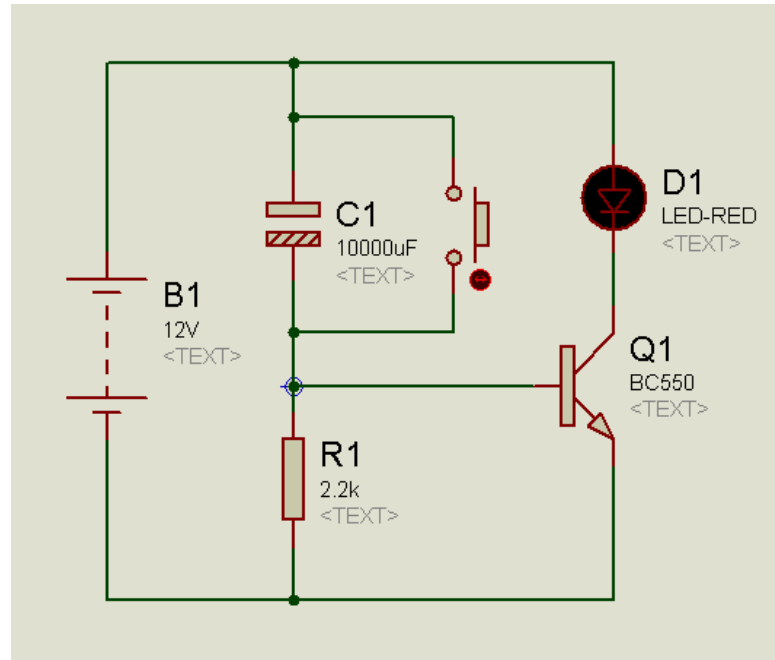
ให้ต่อวงจรตามรูปที่ 2.8 แล้วจำลองการทำงานของวงจร ทดลองปรับ RV1 แล้วสังเกตผลที่ D1 และสรุปผลได้ว่า

.....

.....

.....

จากวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ในรูปที่ 2.6 เมื่อเพิ่มตัวคาปาซิเตอร์เข้าไปตามรูปที่ 2.9 จะทำให้ได้เป็นวงจรตั้งเวลาปิดหลอดไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 2.9 วงจรปิดหลอดไฟโดยอัตโนมัติ

ภาคปฏิบัติ

ให้ต่อวงจรตามรูปที่ 2.9 แล้วจำลองการทำงาน สังเกตผลที่หลอดไฟ D1 แล้วทดลองเปลี่ยนค่า C1 เป็น 100 μF และ 10,000 μF สรุปผลได้ดังนี้

.....

.....

.....

จากวงจรในรูปที่ 2.9 ถ้าสลับที่ C1 กับ R1 และย้ายสวิตช์ S1 ไปไว้ที่ด้านล่าง เมื่อจำลองการทำงานของวงจรจะได้ผลดังนี้

.....

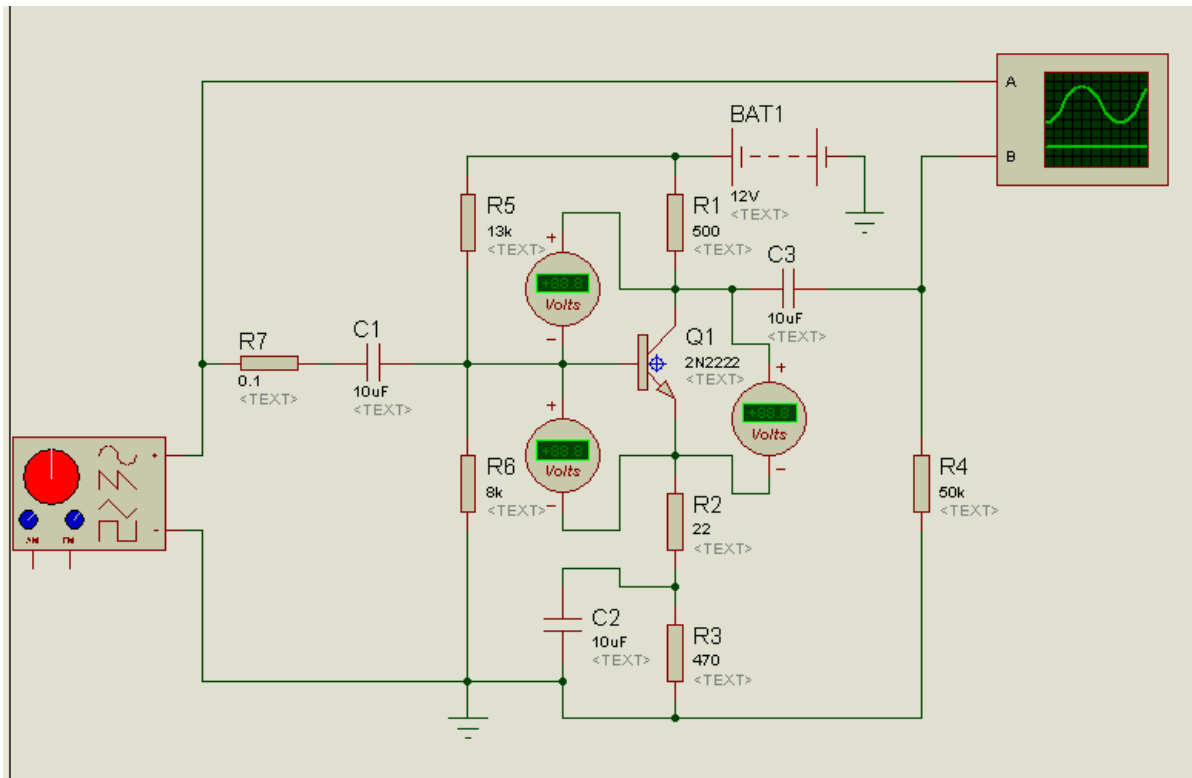
.....

.....

การต่อวงจรทรานซิสเตอร์ให้ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟกระแสสลับ สามารถต่อเป็นวงจรได้ 3 แบบ คือ วงจรแบบอิมิตเตอร์ร่วม วงจรคอลเลกเตอร์ร่วมและวงจรเบสร่วม

วงจรอิมิตเตอร์ร่วม

จากวงจรในรูปที่ 2.10 เป็นวงจรอิมิตเตอร์ร่วมมีสัญญาณอินพุตป้อนเข้าที่ขาเบส และส่งสัญญาณออกที่ขาคอลเลกเตอร์ ส่วนขาอิมิตเตอร์เป็นขาที่ต่อร่วมกับอินพุตและเอาต์พุต โดยต่อกับตัวต้านทาน R6



รูปที่ 2.10 วงจรอิมิตเตอร์ร่วม

ภาคปฏิบัติ

1. ให้ต่อวงจรตามรูปที่ 2.10 แล้วจำลองการทำงานของวงจร โดยใช้โวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟตรงที่ขา BC BE และ CE แล้วหาความสัมพันธ์ของแรงดันที่วัดได้ สรุปเป็นสูตรได้

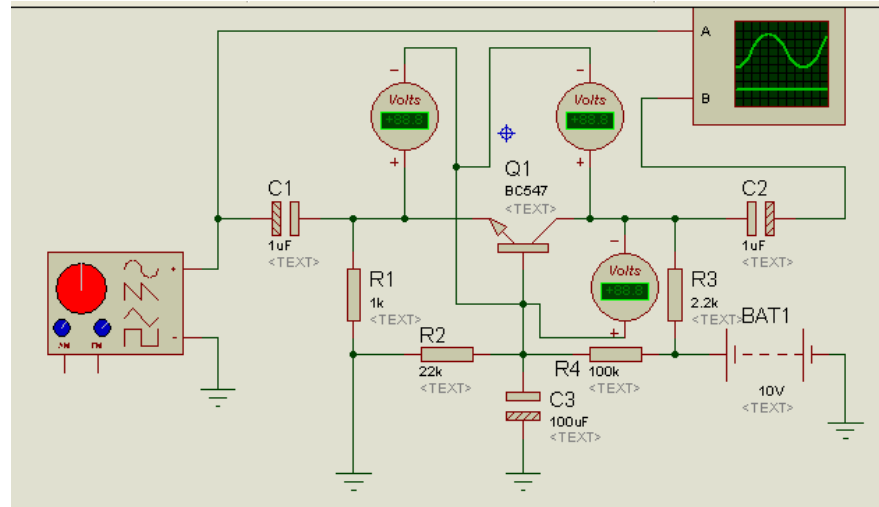
$$V_{CE} = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. ให้ป้อนสัญญาณรูปไซน์ 1 kHz เข้าที่อินพุตแล้วใช้ออสซิลโลสโคปตรวจสอบดูรูปคลื่นที่เอาต์พุตได้อัตราการขยายแรงดันเท่ากับ

$$\frac{v_o}{v_i} = \underline{\hspace{2cm}}$$

วงจรขยายเบสร่วม

วงจรขยายเบสร่วมเป็นวงจรที่ป้อนสัญญาณเข้าที่อินพุตและส่งสัญญาณออกที่ขาคอลเลกเตอร์



รูปที่ 2.11 วงจรขยายเบสร่วม

ภาคปฏิบัติ

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 2.11 แล้วจำลองการทำงานโดยวัดค่าแรงดันที่ขา BE BC และ EC และสรุปหาความสัมพันธ์ได้

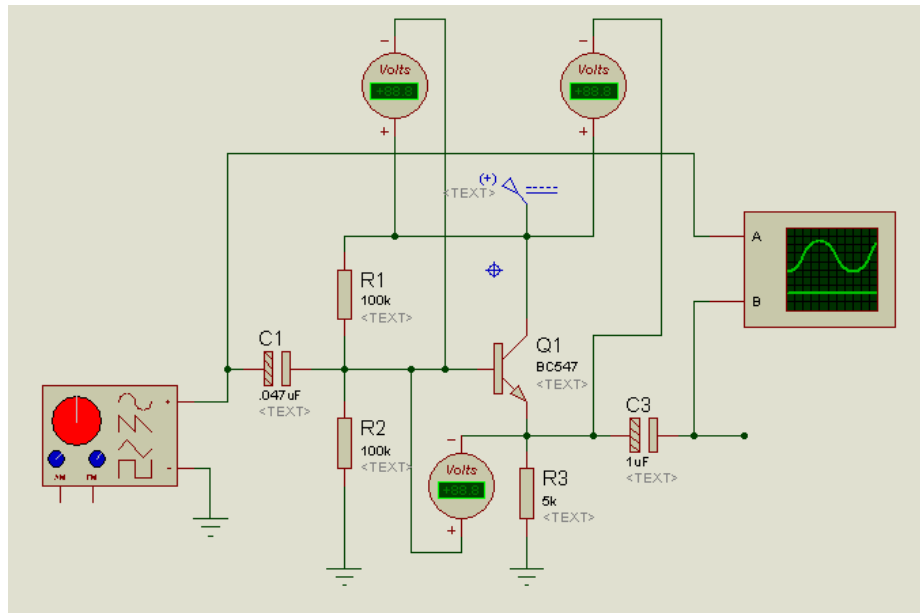
$$V_{CE} = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. ทดสอบการขยายสัญญาณโดยป้อนสัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 1 kHz เข้าที่อินพุตและวัดรูปคลื่นสัญญาณที่เอาต์พุต โดยใช้ออสซิลโลสโคป หาอัตราขยายแรงดันได้

$$\frac{V_o}{V_i} = \underline{\hspace{2cm}}$$

วงจรขยายคอลเลกเตอร์ร่วม

วงจรขยายคอลเลกเตอร์ร่วมเป็นวงจรที่ต่อสัญญาณเข้าขาเบสและส่งสัญญาณออกที่ขาอีมิเตอร์



รูปที่ 2.12 วงจรขยายคอลเล็กเตอร์ร่วม

ภาคปฏิบัติ

1. ให้ต่อวงจรตามรูปที่ 2.12 แล้วจำลองการทำงานโดยวัดแรงดันที่ขา BC BE และ CE และหาความสัมพันธ์ของแรงดันที่วัดได้

$$V_{CE} = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. ให้ป้อนสัญญาณรูปไซน์ความถี่ 1 kHz เข้าที่อินพุตแล้วตรวจวัดครูปคลื่นที่เอาต์พุตด้วยออสซิลโลสโคป เพื่อหาอัตราขยายแรงดันได้

$$\frac{v_o}{v_i} = \underline{\hspace{2cm}}$$

จากการทดลองในรูปที่ 2.10 – 2.12 สรุปลงในตารางที่ 2.7 ได้ดังนี้
ตารางที่ 2.7 เปรียบเทียบวงจรขยายไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์

ค่าที่พิจารณา	CE	CC	CB
อัตราขยายแรงดัน			
เฟสของสัญญาณ			
อินพุตกับเอาต์พุต			

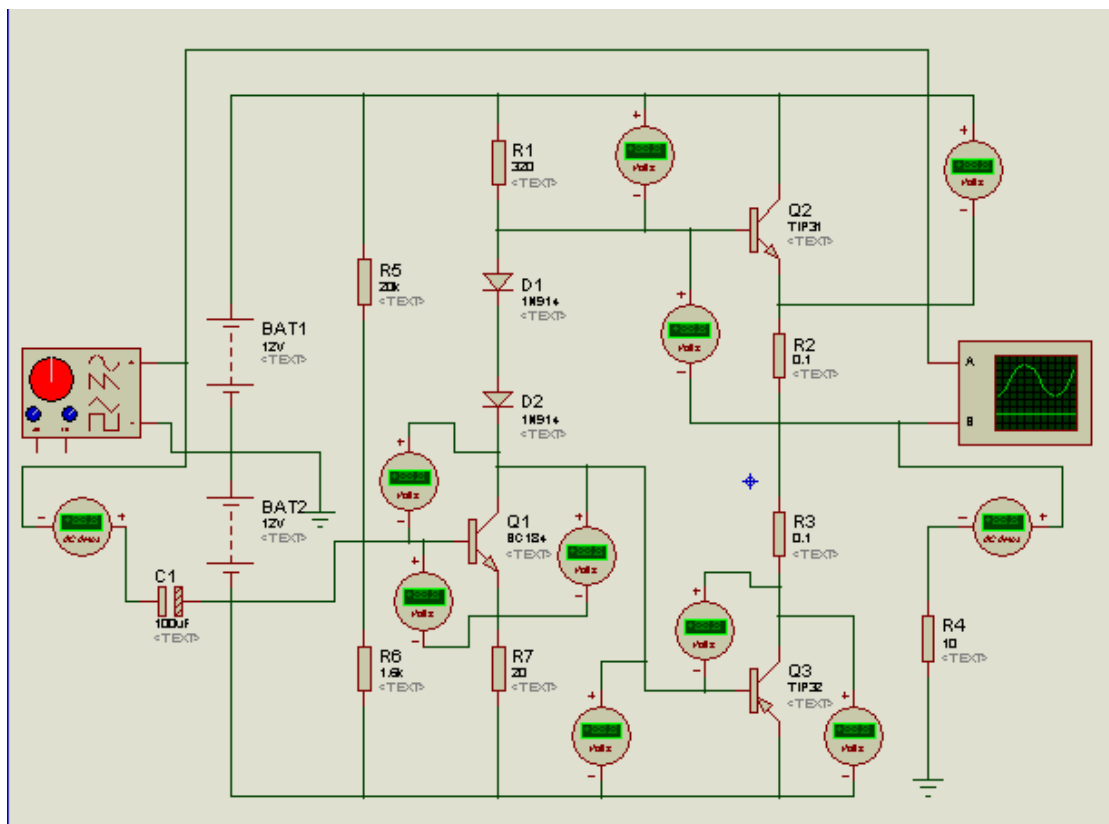
วงจรขยายกำลัง (Power Amplifier)

วงจรขยายกำลังใช้เป็นภาคเอาต์พุตในการขยายกระแสหรือแรงดันเพื่อนำไปขับโหลด วงจรนี้เป็นส่วนที่ทำงานหนักจึงทำให้เกิดความร้อนและมีโอกาสชำรุดได้ง่าย อาการเสียของระบบเกือบ 90 เปอร์เซ็นต์เกิดจากวงจรในส่วนนี้ เพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้นกับทรานซิสเตอร์จึงมีการติดตั้งแผ่นระบายความร้อน เพื่อช่วยลดความร้อนที่เกิดจากการทำงานของทรานซิสเตอร์กำลัง วงจรขยายกำลังจัดแบ่งตามลักษณะการต่อวงจรได้ดังนี้

1. วงจรพุช – พูล (Push – Pull Circuit)
2. วงจรดาร์ลิ่งตัน (Darlington Circuit)
3. วงจรคอมพลิเมนต์ารี (Complementary Symmetry Circuit)

วงจรพุช – พูล

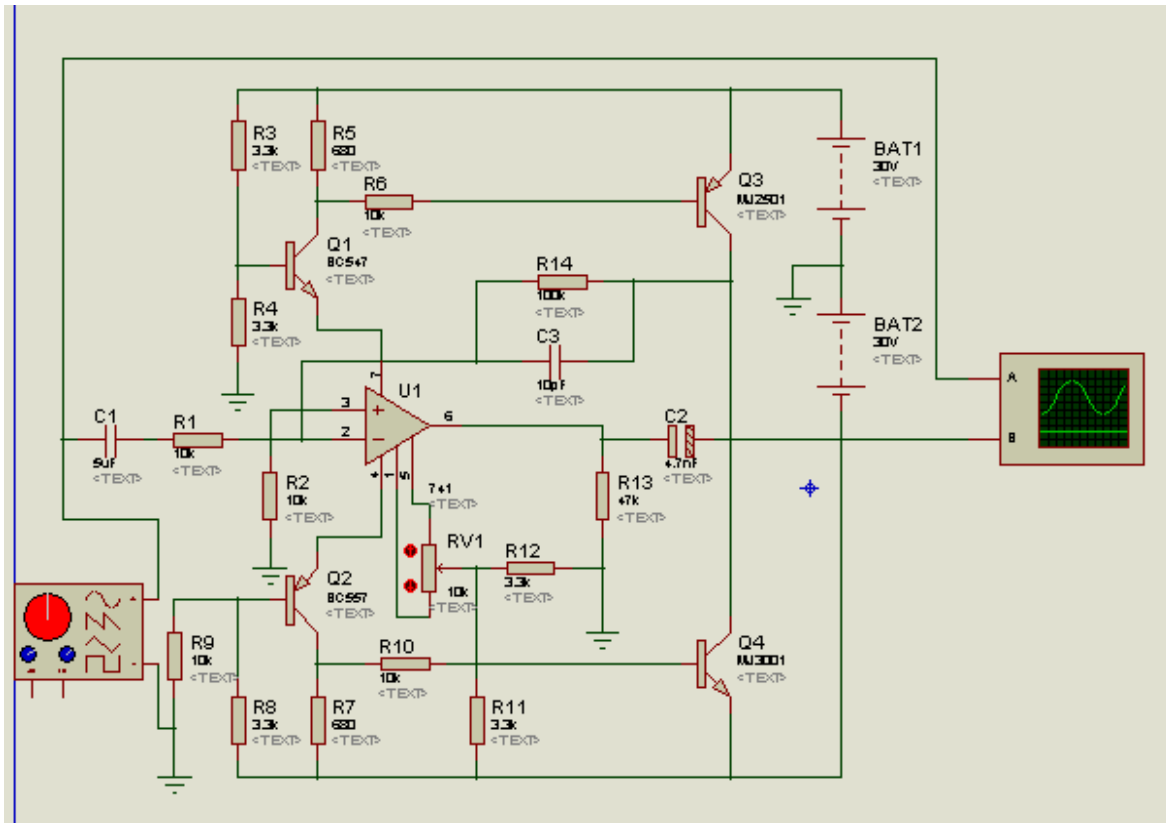
วงจรขยายกำลังแบบพุช – พูล เป็นวงจรที่มีสองส่วนช่วยกันทำงานคนละซีกของสัญญาณ โดยแบ่งเป็นการทำงานขยายสัญญาณซีกบวกและอีกส่วนหนึ่งทำการขยายสัญญาณซีกลบมีวงจรตามรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 วงจรขยายกำลังต่อแบบพุช – พูล

วงจรคาร์ลิ่งตัน

วงจรขยายกำลังที่ใช้ทรานซิสเตอร์คู่เป็นแบบคาร์ลิ่งตัน เป็นวงจรที่ใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวมาต่ออนุกรมกัน เพื่อให้สามารถจ่ายกระแสได้มากขึ้นและมีการแบ่งกำลังสูญเสียในรูปของพลังงานความร้อน ทำให้มีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ทรานซิสเตอร์เพียงตัวเดียว มีวงจรตามรูปที่ 2.15

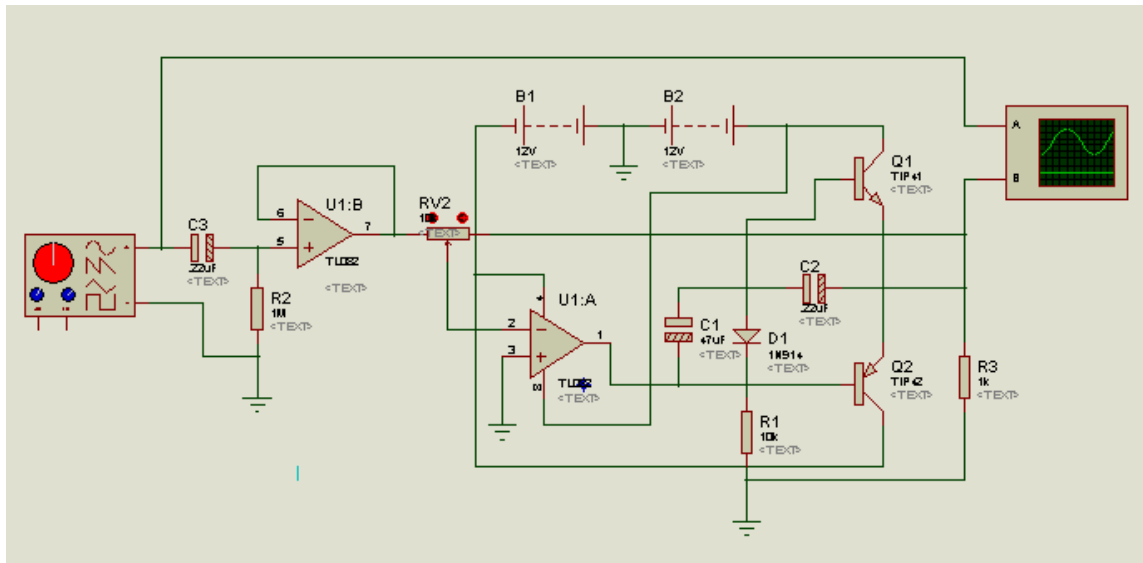


รูปที่ 2.15 วงจรขยายกระแสต่อแบบคาร์ลิ่งตัน

การทำงานของวงจรคาร์ลิ่งตัน อัตราการขยายกระแสจะเท่ากับ $\beta_1 \times \beta_2$ (β_1 = อัตราขยายกระแสของ Q_1 และ β_2 = อัตราขยายกระแสของ Q_2) และกระแสที่จ่ายให้กับโหลด $I_L = 2I_{B1}$

วงจรคอมพลิเมนทารี

วงจรขยายกำลังที่ใช้คู่เป็นแบบคอมพลิเมนทารีใช้ทรานซิสเตอร์กำลัง 2 ตัวที่เข้าคู่กันตัวหนึ่งเป็นแบบ PNP และอีกตัวหนึ่งเป็นแบบ NPN เช่น เบอร์ TIP 41 กับ TIP 42 เป็นต้น มีวงจรตามรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 วงจรขยายกำลังที่ถือเป็นแบบคอมพลีเมนต์

ภาคปฏิบัติ

1. ให้ต่อวงจรขยายกำลังตามรูปที่ 2.14 – 2.16 ลงบนโปรแกรมโปรดิอุส
2. ทดสอบการทำงานของวงจรโดยป้อนสัญญาณรูปไซน์ ที่มีความถี่ 1 KHz เข้าที่อินพุต แล้วใช้ออสซิลโลสโคป ตรวจสอบรูปคลื่นสัญญาณที่เอาต์พุต

3. สรุปผลการสังเกต

3.1 วงจรรูปที่ 2.14

.....

.....

.....

.....

3.2 วงจรรูปที่ 2.15

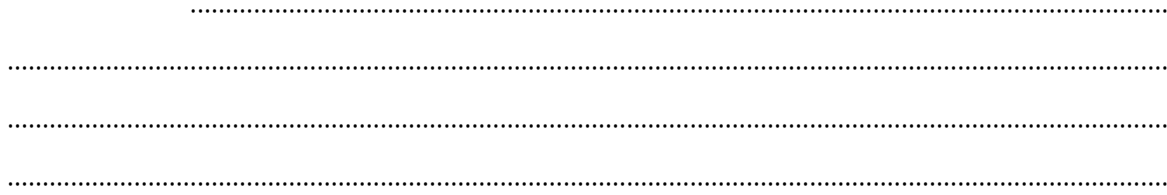
.....

.....

.....

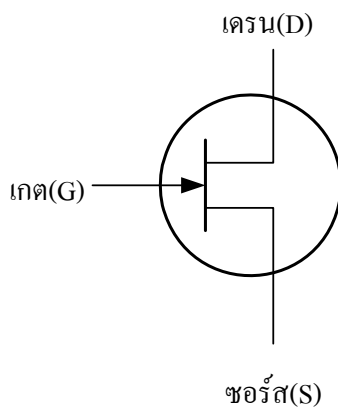
.....

3.3 วงจรรูปที่ 2.16

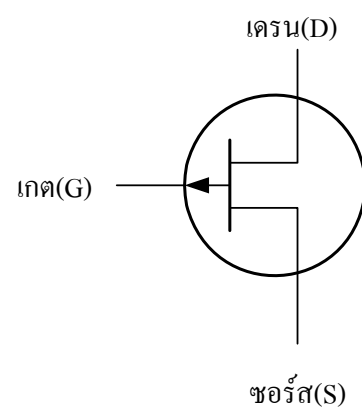


วงจรเฟต

ไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานโดยใช้การควบคุมกระแสโดยใช้กระแสที่ขาเบสไปควบคุมกระแสที่ไหลผ่านขาคอลเลกเตอร์ ส่วนเฟตเป็นทรานซิสเตอร์ที่ทำงานโดยการควบคุมแรงดันใช้การป้อนแรงดันเข้าที่ขาเกตเพื่อควบคุมกระแสที่ไหลผ่านอุปกรณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์กับเฟตจะพบว่าเฟตมีความต้านทานด้านอินพุตสูงมาก เฟตจำแนกได้เป็น 2 ชนิด คือ เจเฟต (Junction Field Effect Transistor : JFET) และ มอสเฟต (Metal – Oxide Semiconductor FET : MOSFET) มีสัญลักษณ์ตามรูปที่ 2.17 – รูปที่ 2.19

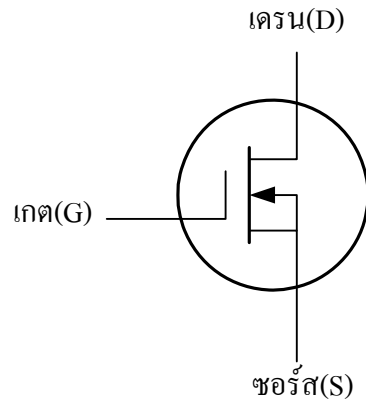


(ก) เอ็นแชนเนล

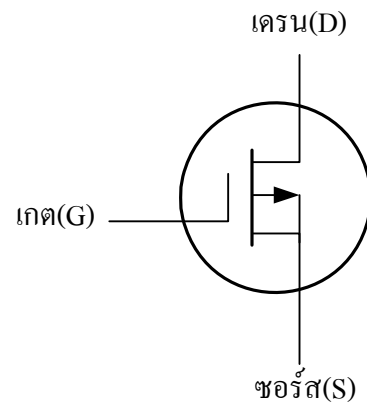


(ข) พีแชนเนล

รูปที่ 2.17 สัญลักษณ์เจเฟต

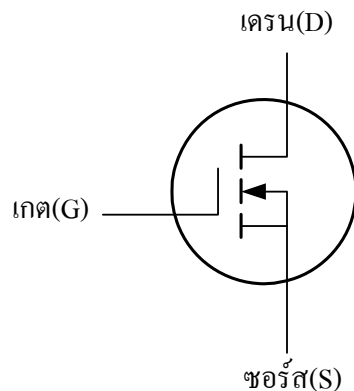


(ก) เอ็นแชนเนล

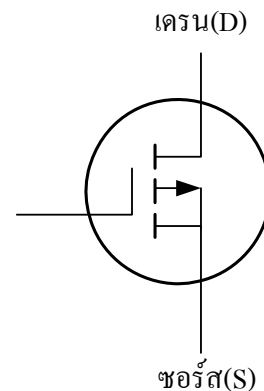


(ข) พีแชนเนล

รูปที่ 2.18 สัญลักษณ์ดี - มอสเฟต



(ก) เอ็นแชนเนล



(ข) พีแชนเนล

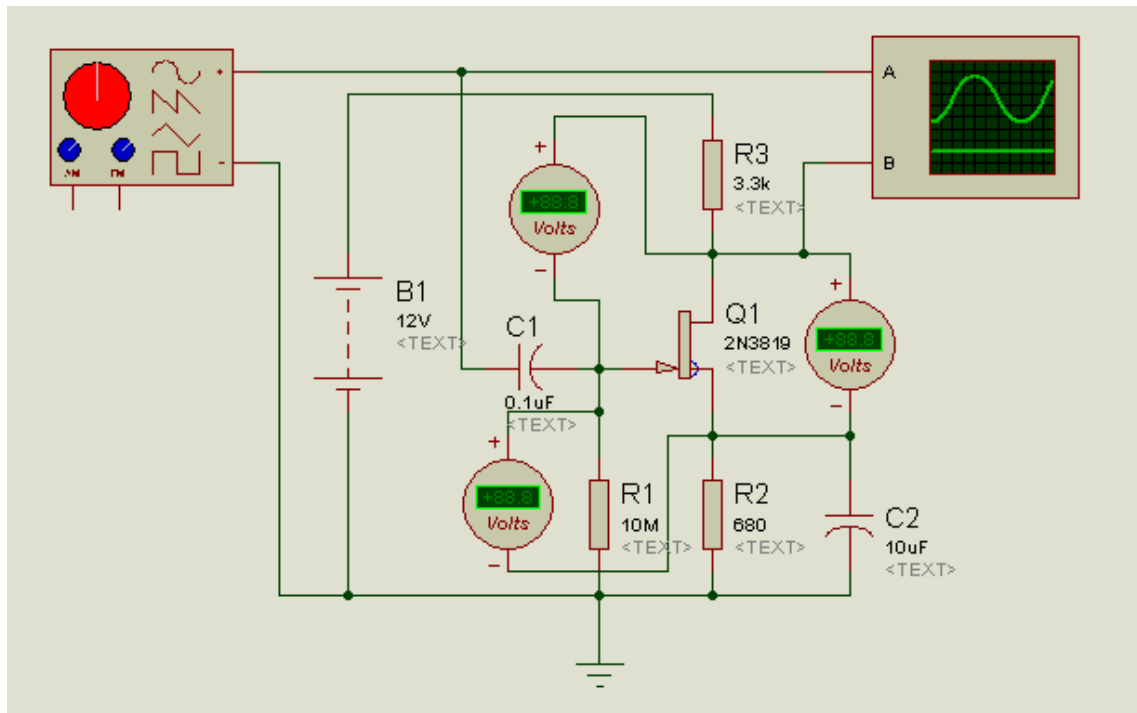
รูปที่ 2.19 สัญลักษณ์อี - มอสเฟต

การนำเฟตไปต่อเป็นวงจรขยายสัญญาณ จัดเป็นวงจรได้ 3 แบบ คือ

วงจรขยายแบบซอร์สร่วม

วงจรขยายแบบซอร์สร่วม มีวงจรตามรูปที่ 2.20 โดยป้อนสัญญาณเข้าที่ขาเกตโดยผ่าน C_1 โดยมี R_G ต่อกับขาเกตและต่อลงกราวด์ เพื่อให้ขาเกตมีค่าแรงดันประมาณ 0 V (เพราะ I_{GSS} มีค่าน้อย) R_G ต้องมีค่าเป็นเมกะโอห์ม เพื่อไม่ให้เกิดการไหลที่แหล่งจ่ายสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ การวัดแรงดันไบแอส

(Q point) ทำให้กระแสที่ขาเดรนหายไปมาด้วย เมื่อกระแสที่ขาเดรนเพิ่มขึ้น แรงดันที่ตกคร่อม R_D ก็จะเพิ่มขึ้นด้วยทำให้แรงดันที่ขาเดรนกับกราวด์ลดลง



รูปที่ 2.20 วงจรขยายแบบซอร์สร่วม

ภาคปฏิบัติ

ให้ต่อวงจรตามรูปที่ 2.20 เพื่อจำลองการทำงานของวงจร โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

1. ต่อวงจรโดยใช้โปรแกรมโปรติอุส
2. จำลองการทำงานของวงจร โดยไม่ต่อสัญญาณอินพุต แล้วต่อโวลต์มิเตอร์วัดแรงดัน

ไฟตรงที่ขา GD GS และ DS

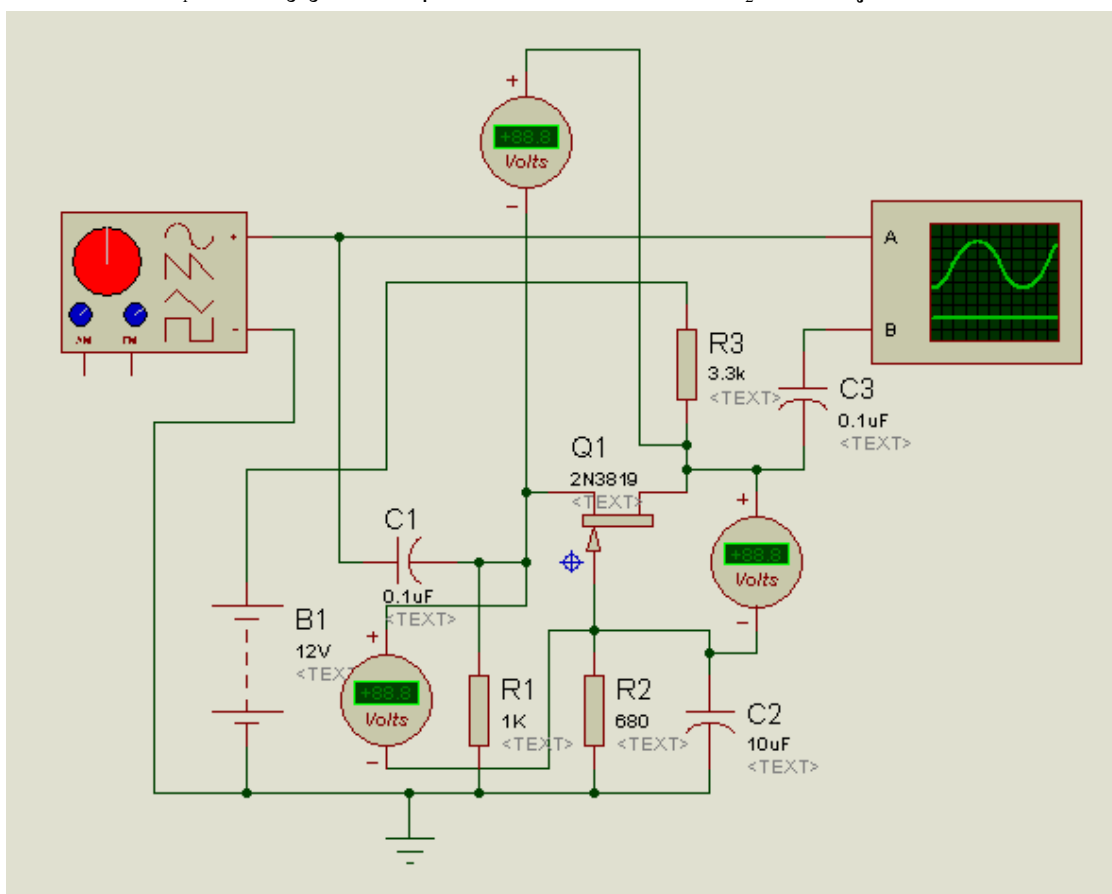
3. ต่อสัญญาณรูปไซน์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเข้าที่อินพุตโดยตั้งความถี่ไว้ที่ 1 KHz และแอมพลิจูด 100 mV_{rms}

4. ต่อออสซิลโลสโคป วัดรูปคลื่นสัญญาณที่อินพุตและเอาต์พุต
5. จำลองการทำงานของวงจรแล้ววาดรูปคลื่นที่อินพุตและเอาต์พุต

6. ปรับแอมพลิจูดของสัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณแล้วสังเกตผลที่เอาต์พุต
สรุปผลการสังเกต

วงจรรขยายแบบเกตรวม

วงจรขยายแบบเกตร่วม ต่อเป็นวงจรได้ตามรูปที่ 2.21 มีขาเกตเป็นกราวด์โฟลต์แบ เพราะมีคาปาซิเตอร์ C_3 ต่อเป็นคาปาซิเตอร์ส่งผ่านสัญญาณที่ไม่ต้องการลงกราวด์ สัญญาณอินพุตป้อนเข้าที่ขาซอร์ส โดยผ่านคาปาซิเตอร์ C_1 ส่วนสัญญาณเอาต์พุตจะส่งออกไปที่คาปาซิเตอร์ C_2 ซึ่งต่ออยู่กับขาเดรน



รูปที่ 2.21 วงจรขยายแบบเกตร่วม

ภาคปฏิบัติ

ให้ต่อวงจรตามรูปที่ 2.21 เพื่อจำลองการทำงานของวงจรและทำตามขั้นตอนเช่นเดียวกับวงจรขยายซอร์สร่วม แล้วสังเกตผล

สรุปผลการสังเกต

.....

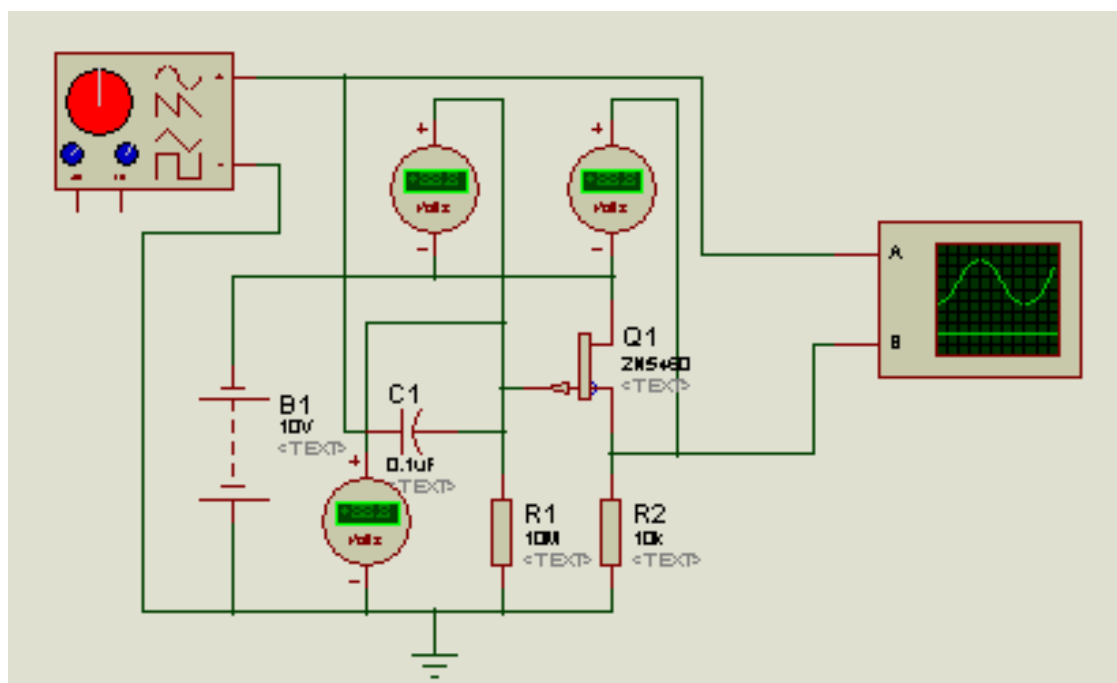
.....

.....

.....

วงจรขยายแบบเดรนร่วม

วงจรขยายแบบเดรนร่วม ต่อเป็นวงจรได้ตามรูปที่ 2.22 มีสัญญาณอินพุตป้อนเข้าที่ขาเกตผ่านคาปาซิเตอร์ C_1 และเอาต์พุตออกที่ขาซอร์ส



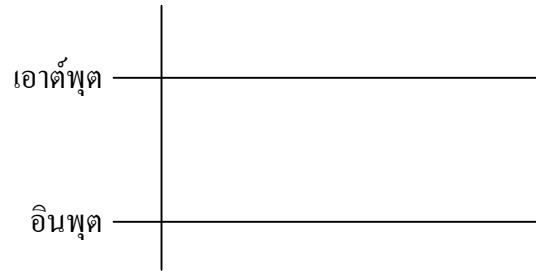
รูปที่ 2.22 วงจรขยายแบบเดรนร่วม

ภาคปฏิบัติ

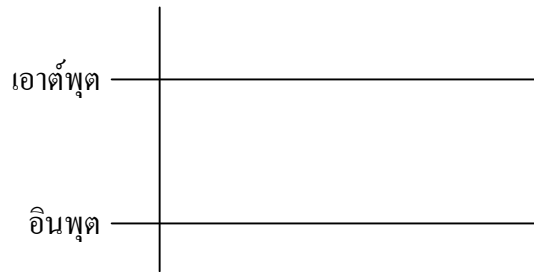
ให้ต่อวงจรตามรูปที่ 2.22 เพื่อจำลองการทำงานของวงจร และทำตามขั้นตอนเช่นเดียวกับวงจรขยายซอร์สร่วม แล้วสังเกตผล

2.3 ป้อนสัญญาณรูปไซน์ความถี่ 1 KHz เข้าที่อินพุตทุกช่อง

2.4 ปรับ RV1 ไว้ที่ค่าต่ำสุด ส่วน RV2 และ RV3 ปรับไว้ที่ค่าสูงสุด สังเกตรูปคลื่นที่
ออสซิลโลสโคปแล้ววาดรูปไว้ด้านล่าง

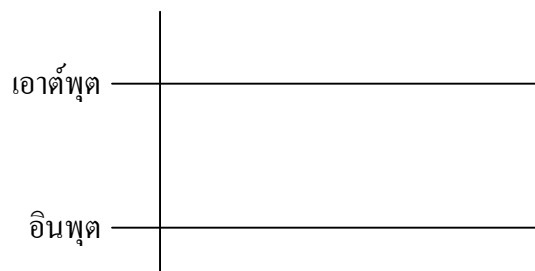


2.5 ปรับ RV ทุกตัวไว้ที่ค่าตรงจุดกึ่งกลาง แล้วสังเกตผลที่ออสซิลโลสโคปและวาดรูปคลื่น
ไว้ด้านล่าง

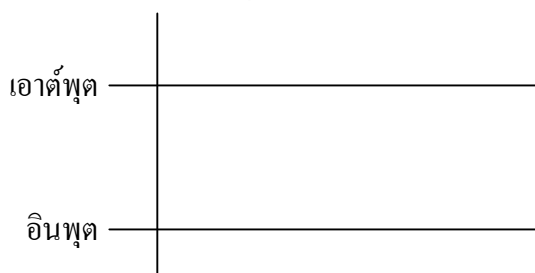


2.6 ป้อนสัญญาณอินพุตที่มีความถี่ไม่เท่ากัน กำหนดให้เป็น 10 Hz 100 Hz และ 1 KHz
ตามลำดับ

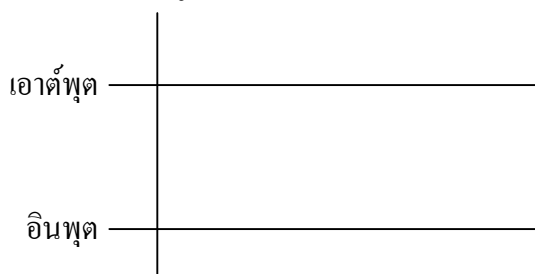
2.7 ปรับ RV ทุกตัวไว้ที่จุดกึ่งกลางแล้วสังเกตผลที่ออสซิลโลสโคปและวาดรูปไว้ด้านล่าง



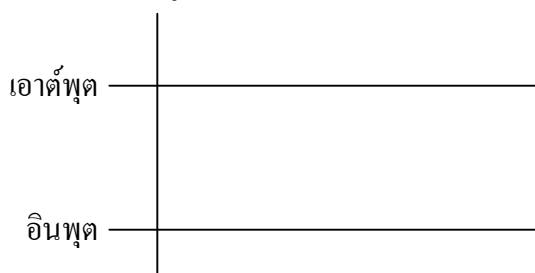
2.8 ปรับ RV1 ให้มีค่าต่ำสุด แล้วสังเกตเปลี่ยนที่ออสซิลโลสโคป และวาดรูปไว้ด้านล่าง



2.9 ปรับ RV2 ให้มีค่าต่ำสุด ส่วน RV1 และ RV3 ปรับไว้ตรงจุดกึ่งกลาง แล้วสังเกตรูปคลื่นที่ออสซิลโลสโคป และวาดรูปไว้ด้านล่าง



2.10 ปรับ RV3 ให้มีค่าต่ำสุด ส่วน RV2 และ RV1 ปรับไว้ตรงจุดกึ่งกลาง แล้วสังเกตรูปคลื่นที่ออสซิลโลสโคปและวาดรูปไว้ด้านล่าง



สรุป

วงจรแอนะล็อก 1 เป็นการจำลองการทำงานของวงจรที่เกี่ยวข้องกับไดโอด ในวงจรแหล่งจ่ายไฟตรง การจำลองการทำงานของวงจรไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ ที่เกี่ยวกับการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์และวงจรขยายสัญญาณ มีการต่อวงจรแบบเบสร่วม แบบอิมิตเตอร์ร่วมและแบบคอลเลกเตอร์ร่วม ในส่วนของวงจรเฟดมีการจำลองวงจรขยายที่ใช้เฟดมีการต่อวงจรแบบเกตร่วม ซอร์สร่วม และเดรนร่วม และการประยุกต์ใช้งานเฟดเป็นวงจรผสมสัญญาณ

คำถามท้ายบท

1. ในวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงตามรูปที่ 2.5 อุปกรณ์ต่อไปนี้ทำหน้าที่อย่างไร
 - 1.1 บริดจ์ไดโอด
 - 1.2 ไอซี 7805
 - 1.3 คาปาซิเตอร์ 2200 μF
 - 1.4 คาปาซิเตอร์ 100 nF
2. จากวงจรในรูปที่ 2.8 ต้องการตั้งเวลาปิดหลอดไฟไว้ที่ 3 นาที จะต้องใช้ค่า C_1 และ R_1 เท่าใด
3. จากวงจรในรูปที่ 2.11 คาปาซิเตอร์ C_1 และ C_2 มีหน้าที่อย่างไร และเมื่อเปลี่ยนค่าให้สูงขึ้นหรือต่ำลงจากที่กำหนดไว้จะมีผลอย่างไรบ้าง
4. จากวงจรในรูปที่ 2.16 จงหาคู่ทรานซิสเตอร์กำลังที่จะมาเปลี่ยนทรานซิสเตอร์ TIP41 และ TIP42 แล้วทดสอบการทำงาน
5. จงหาวงจรการประยุกต์ใช้งานเฟด 1 วงจร แล้วนำมาจำลองด้วยโปรแกรมโปรติอุส

เอกสารอ้างอิง

สมชาย ชื่นวัฒนาประณีต. (2548). การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์. อุดรธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

บทที่ 3

วงจรแอนะล็อก 2

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถและทักษะดังนี้

1. ใช้โปรแกรมโปรตีสจำลองการทำงานของวงจรอปแอมป์ได้ถูกต้อง
2. ใช้โปรแกรมโปรตีสจำลองการทำงานของวงจรไอซี 555 ได้ถูกต้อง
3. อธิบายการทำงานของวงจรในข้อ 1-2 ได้ถูกต้อง
4. ออกแบบวงจรขยายสัญญาณโดยใช้อปแอมป์ได้
5. ออกแบบวงจรอะอสเตเบิลและโมนอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์โดยใช้ไอซี 555 ได้ถูกต้อง

หัวข้อเรื่อง

อปแอมป์

วงจรบัฟเฟอร์

วงจรขยายอินเวอร์ตติง

วงจรขยายนอนอินเวอร์ตติง

วงจรอินทรีเกรต

วงจรดิฟเฟอเรนเชียล

วงจรขยายผลต่าง

วงจรกรองความถี่ไวงาน

ไอซี 555

ภาพรวมของไอซี 555

วงจรทดสอบไอซี 555

มัลติไวเบรเตอร์

การประยุกต์ใช้งาน

สรุป

คำถามท้ายบท

เอกสารอ้างอิง

บทที่ 3

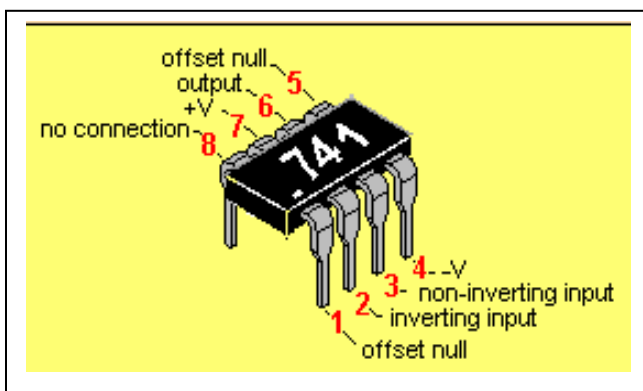
วงจรแอนะล็อก 2

บทนำ

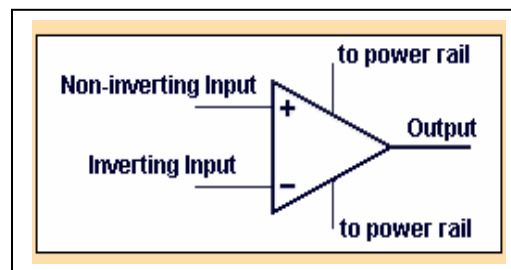
วงจรแอนะล็อก 1 ในบทที่ 2 เป็นการจำลองการทำงานของวงจรไดโอด ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ และทรานซิสเตอร์เฟต ในบทที่ 3 จะเป็นการจำลองการทำงานของวงจรที่จัดอยู่ในรูปของวงจรรวม มีออปแอมป์และไอซีที่เกี่ยวข้องกับฐานเวลา (ไอซี 555) ออปแอมป์จะนำไปต่อเป็นวงจรบัฟเฟอร์ วงจรขยายอินเวอร์ตติ้ง วงจรขยายนอนอินเวอร์ตติ้ง วงจรอินทรีเกต วงจรดิฟเฟอเรนเชียล วงจรขยายผลต่าง วงจรกรองความถี่โวลงาน ส่วนไอซี 555 จะกล่าวถึง ภาพรวม วงจรทดสอบไอซี วงจรมัลติไวเบรเตอร์แบบโมโนสเตเบิลและอะสเตเบิล การประยุกต์ใช้งานไอซี 555

ออปแอมป์

ออปแอมป์เป็นวงจรขยายผลต่างที่มีอัตราขยายสูงมาก มีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงมากและมีเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำ ออปแอมป์มีอินพุต 2 ขา คือ ขาอินเวอร์ตติ้ง (-) และขาอนอินเวอร์ตติ้ง (+) ด้านเอาต์พุตมี 1 ขา ปกติจะใช้กับแหล่งจ่ายไฟคู่ที่มีค่าแรงดัน $\pm 5\text{ V}$ ถึง $\pm 15\text{ V}$ มีลักษณะภายนอกและสัญลักษณ์ตามรูปที่ 3.1



(ก) ลักษณะภายนอก



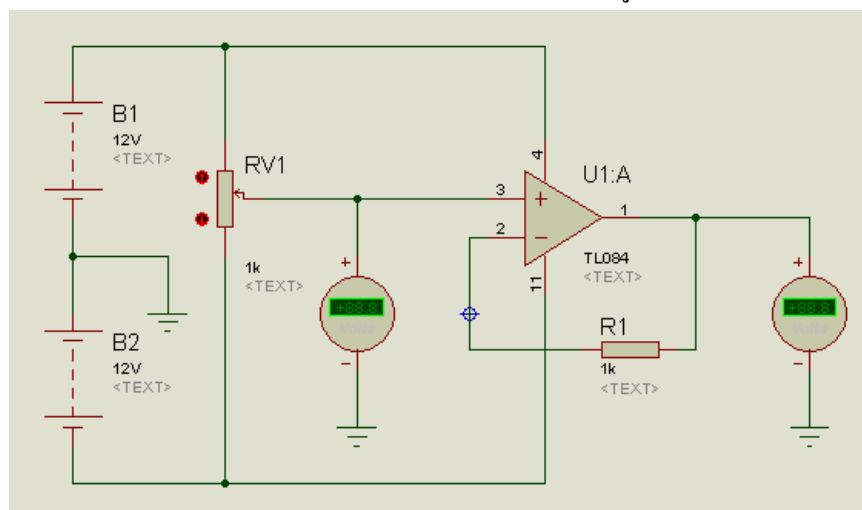
(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 3.1 ออปแอมป์

การนำอปแอมป์ไปต่อใช้งาน จะนำไปใช้เป็นวงจรขยายสัญญาณ วงจรกรองความถี่ และวงจรเปรียบเทียบ มีรายละเอียดดังนี้

วงจรบัฟเฟอร์

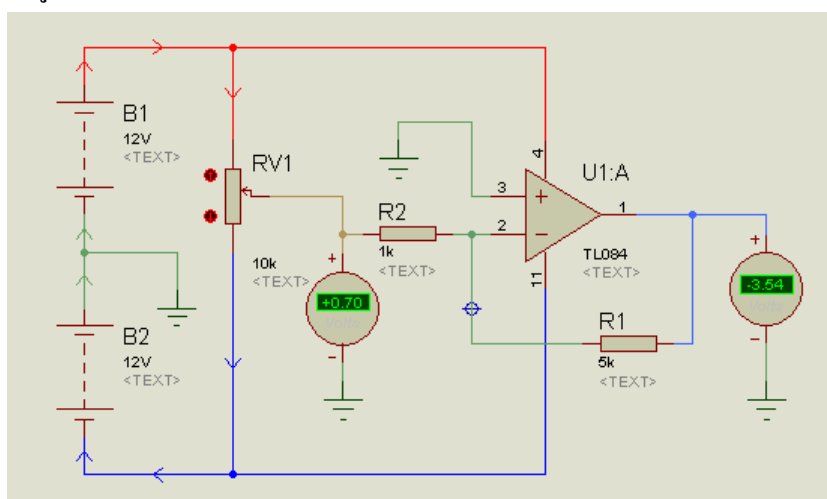
วงจรบัฟเฟอร์เป็นวงจรที่มีอัตราขยายเท่ากับ 1 มีวงจรตามรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วงจรบัฟเฟอร์

วงจรขยายอินเวอร์ตติง

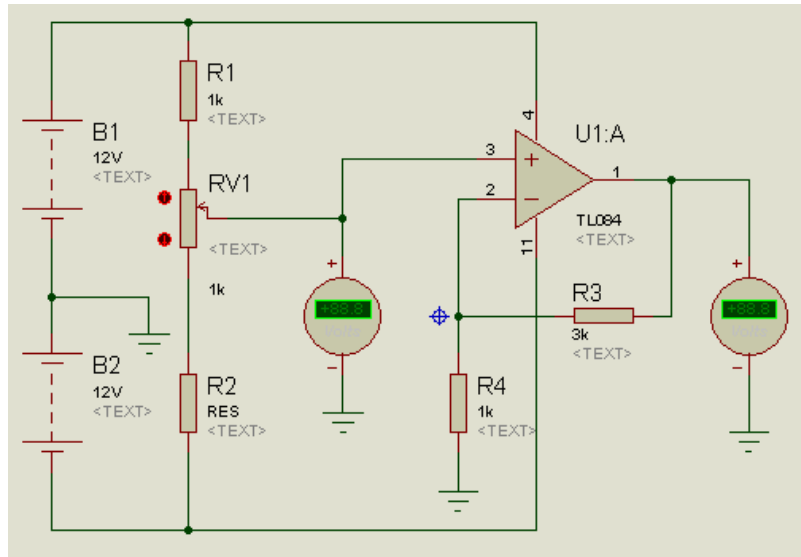
วงจรขยายอินเวอร์ตติงเป็นวงจรขยายที่มีสัญญาณป้อนเข้าที่ขาอินเวอร์ตติงโดยผ่านตัวต้านทาน R_1 10 k Ω มีวงจรตามรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วงจรขยายอินเวอร์ตติง

วงจรขยายนอนอินเวอร์ตติง

วงจรขยายนอนอินเวอร์ตติงเป็นวงจรออปแอมป์ที่ต่อสัญญาณอินพุตเข้าที่ขาอนอินเวอร์ตติง มีวงจรตามรูปที่ 3.4

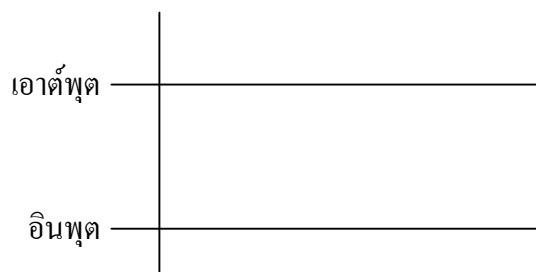


รูปที่ 3.4 วงจรขยายนอนอินเวอร์ตติง

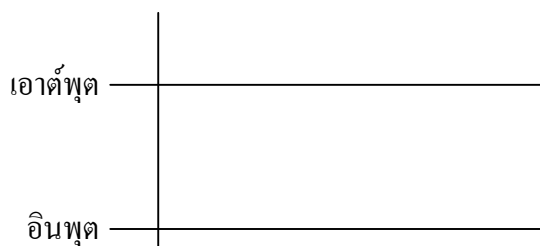
ภาคปฏิบัติ

ให้จำลองการทำงานของวงจร ในรูปที่ 3.2 – รูปที่ 3.4 โดยทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

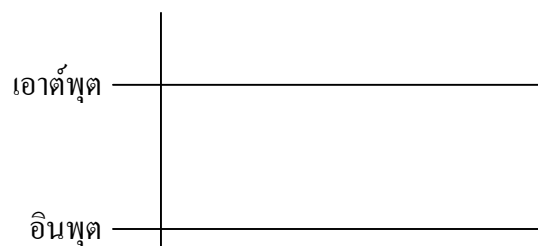
1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.2
2. ต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณเข้าที่อินพุตและต่อออสซิลโลสโคปเข้าที่เอาต์พุต
3. ป้อนสัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 1 KHz เข้าที่อินพุต
4. สังเกตรูปคลื่นที่เอาต์พุต แล้ววาดรูปไว้ด้านล่าง



5. ให้จำลองการทำงานของวงจรในรูปที่ 3.3 และรูปที่ 3.4 โดยทำตามขั้นตอนเช่นเดียวกับข้อ 1 ถึงข้อ 4 แล้ววาดรูปไว้ด้านล่าง



รูปคลื่นของวงจรในรูปที่ 3.3



รูปคลื่นของวงจรในรูปที่ 3.4

สรุปผลการสังเกต

.....

.....

.....

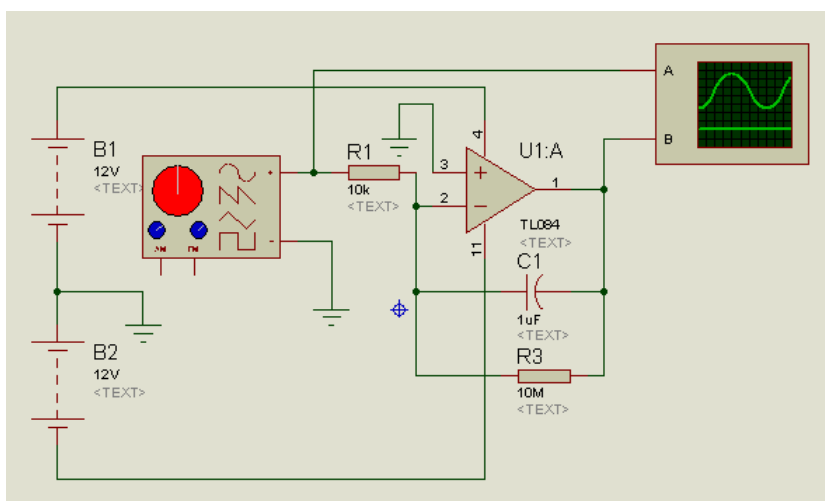
.....

.....

.....

วงจรอินทิเกรต (Integrator)

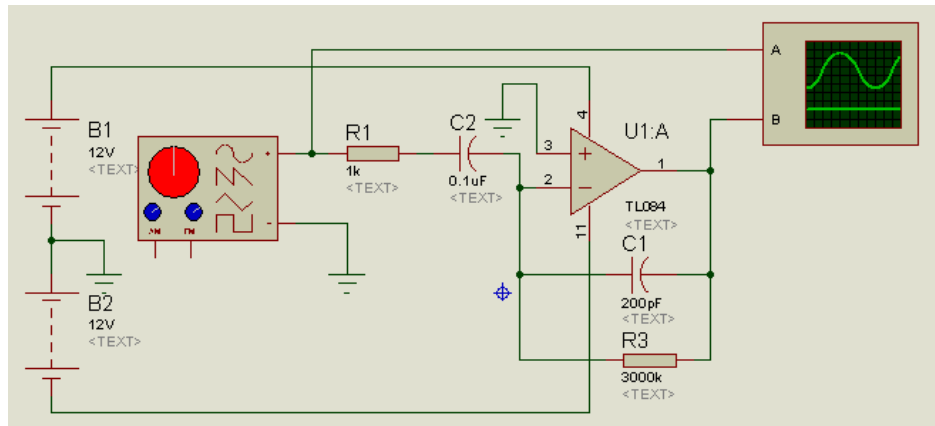
วงจรอินทิเกรตเป็นวงจรที่เปลี่ยนสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม ให้เป็นสัญญาณรูปสามเหลี่ยม มีวงจรตามรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรอินทิเกรต

วงจรดิฟเฟอเรนเชียล (Differentiator)

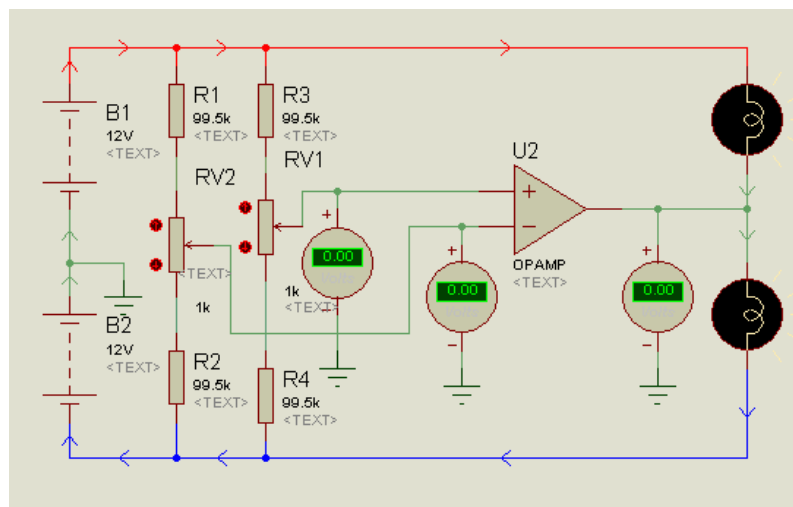
วงจรดิฟเฟอเรนเชียล เป็นวงจรที่เปลี่ยนสัญญาณรูปสามเหลี่ยมให้เป็นสัญญาณรูปไซน์ มีวงจรตามรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรดิฟเฟอเรนเชียล

วงจรขยายผลต่าง (Difference Amplifier)

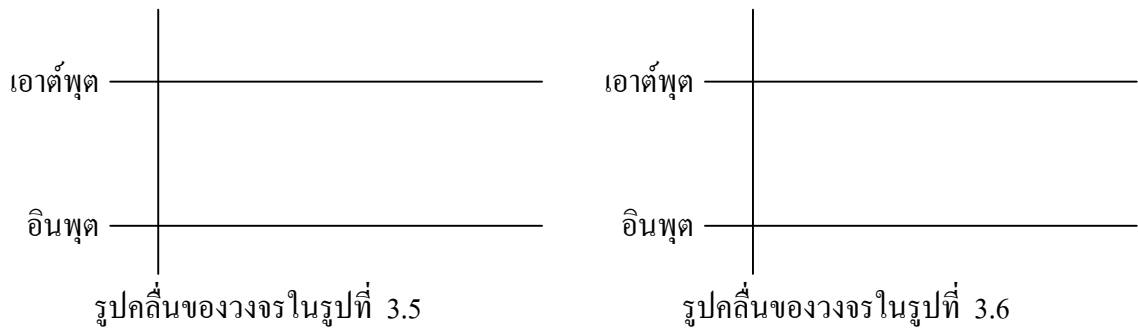
วงจรขยายผลต่าง ใช้เปรียบเทียบแรงดันที่ป้อนเข้าขาอินพุตแล้วแสดงผลที่เอาต์พุต มีวงจรตามรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วงจรขยายผลต่าง

ภาคปฏิบัติ

ให้ต่อวงจรตามรูปที่ 3.5 – รูปที่ 3.7 แล้วจำลองการทำงานและวาดรูปคลื่นสัญญาณที่เอาต์พุต



สรุปผลการสังเกต

.....

.....

.....

.....

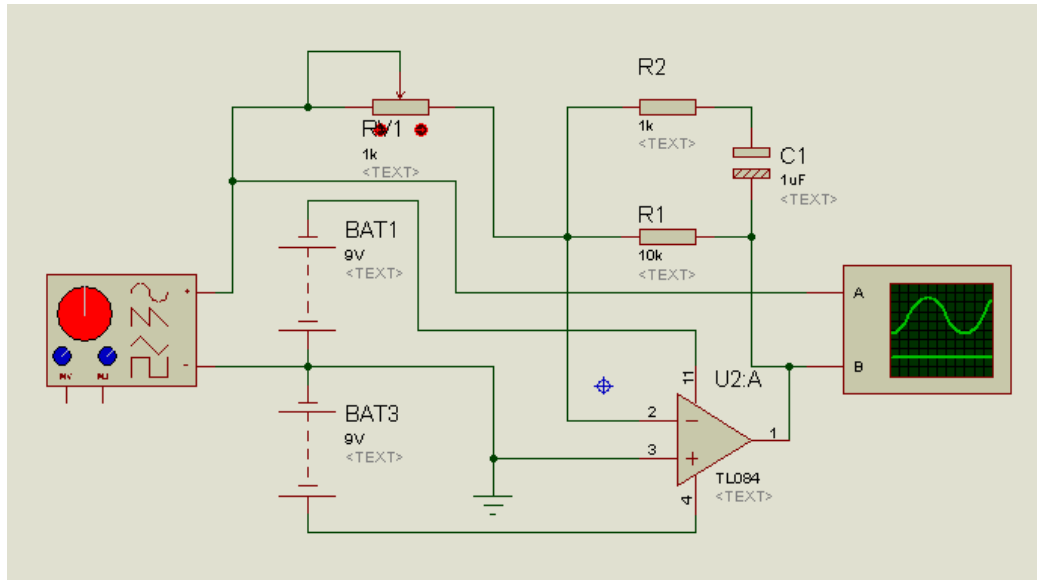
.....

วงจรกรองความถี่ไวงาน (Active Filters)

วงจรกรองความถี่เป็นวงจรกรองสัญญาณอินพุตให้ได้ความถี่ตามต้องการ แล้วส่งออกที่เอาต์พุต และสามารถปรับแอมพลิจูดของสัญญาณที่ผ่านออกมาได้ วงจรกรองความถี่ไวงานแบ่งเป็น วงจรกรองความถี่ต่ำ วงจรกรองความถี่สูง และวงจรกรองแถบความถี่ มีรายละเอียดดังนี้

วงจรกรองความถี่ต่ำไวงาน (Active Lowpass Filters)

วงจรกรองความถี่ต่ำไวงาน เป็นวงจรที่ยอมให้ความถี่ไม่เกิน 1 KHz ผ่านออกที่เอาต์พุต ความถี่ที่ผ่านไปได้อาจมีแอมพลิจูดสูงกว่าสัญญาณที่ป้อนเข้าที่อินพุต มีวงจรตามรูปที่ 3.8



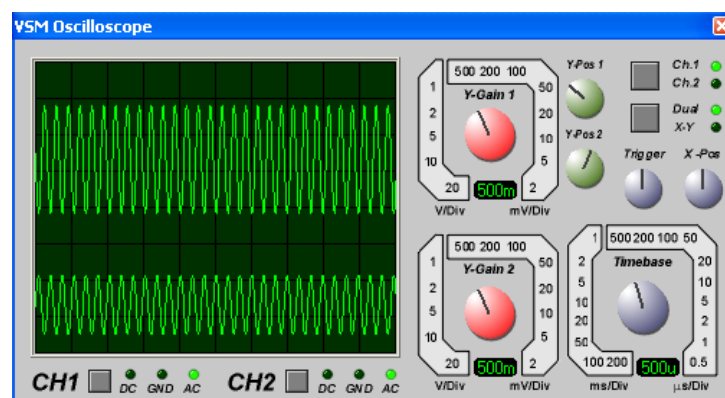
รูปที่ 3.8 วงจรกรองความถี่ต่ำแบบไวงาน

ภาคปฏิบัติ

ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

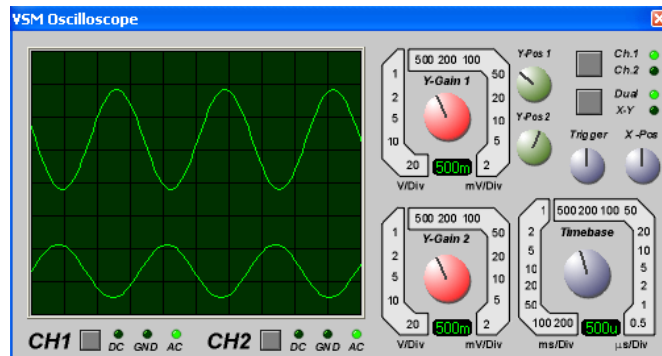
1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.8
2. ต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณและออสซิลโลสโคปเข้าที่อินพุตและเอาต์พุตตามลำดับ
3. จำลองการทำงานของวงจร โดยป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 1 KHz

แล้วสังเกตดูรูปคลื่นที่ออสซิลโลสโคปและวาดรูปไว้ในรูปที่ 3.9



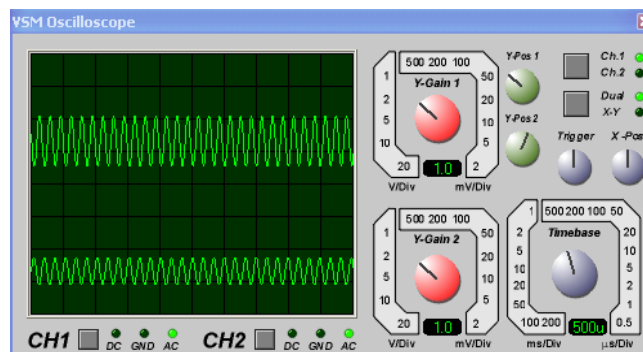
รูปที่ 3.9 รูปคลื่นไซน์ความถี่ 1 KHz ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ

4. เปลี่ยนความถี่ที่ป้อนเข้าเป็น 100 Hz แล้วสังเกตผลลัพธ์ที่ออสซิลโลสโคปและวาดรูปคลื่นลงในรูปที่ 3.10

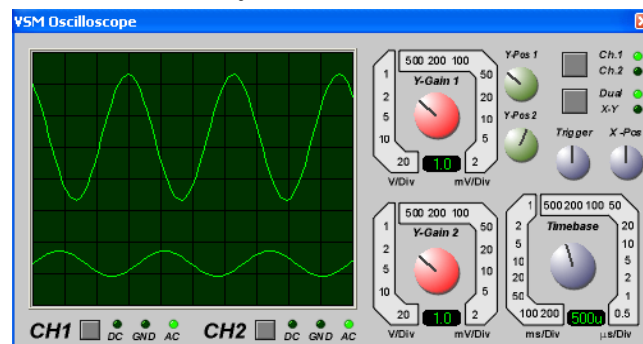


รูปที่ 3.10 รูปคลื่นไซน์ความถี่ 100 Hz ที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ

5. เปลี่ยนค่า C_1 เป็น $1 \mu\text{F}$ แล้วจำลองการทำงานตามข้อ 3 และข้อ 4 และวาดรูปคลื่นลงในรูปที่ 3.11



(ก) รูปคลื่นไซน์ 1 KHz



(ข) รูปคลื่นไซน์ 100 Hz

รูปที่ 3.11 รูปคลื่นที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ เมื่อ $C_1 = 1 \mu\text{F}$

สรุปผลการสังเกต

.....

.....

.....

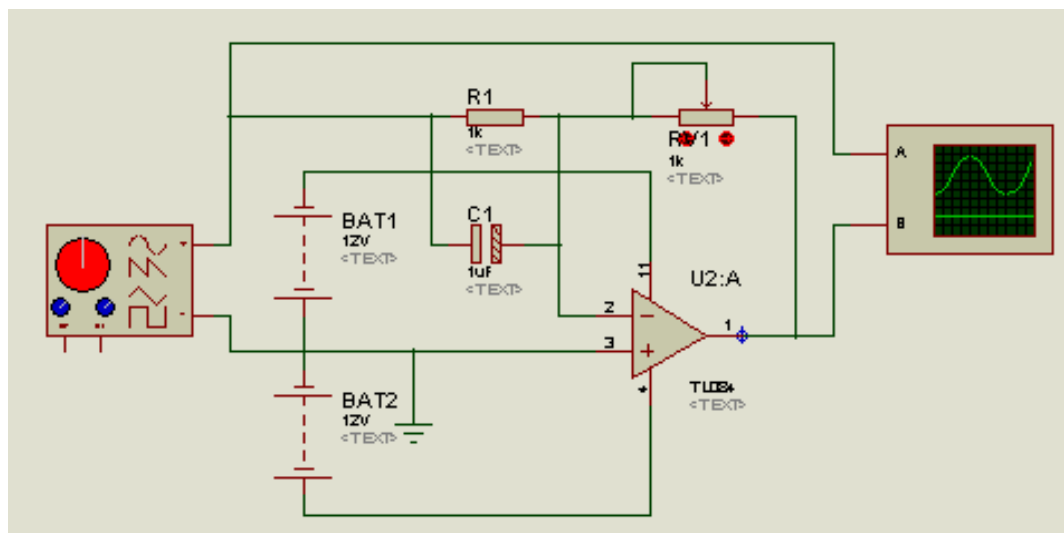
.....

.....

วงจรกรองความถี่สูงไวงาน (Active Highpass Filters)

วงจรกรองความถี่สูงไวงานเป็นวงจรที่ยอมให้ความถี่ที่สูงกว่า 1 KHz ผ่านได้ดี มีวงจรตาม

รูปที่ 3.12

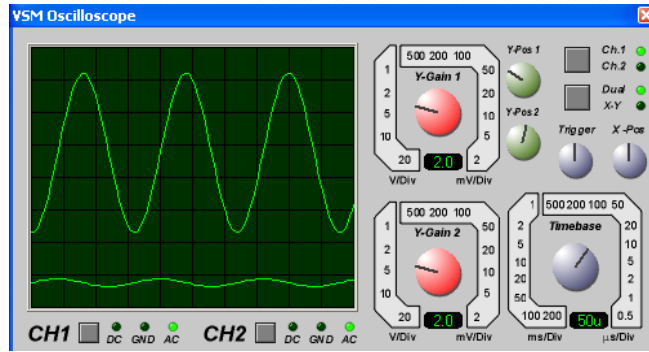


รูปที่ 3.12 วงจรกรองความถี่สูงไวงาน

ภาคปฏิบัติ

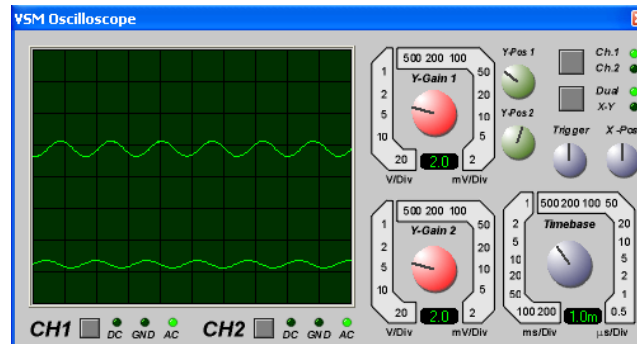
ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.12
2. ต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณและออสซิลโลสโคปเข้าที่อินพุตและเอาต์พุตตามลำดับ
3. จำลองการทำงานของวงจร โดยป้อนสัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 1 KHz เข้าที่อินพุต
4. สังเกตผลลัพธ์ที่ออสซิลโลสโคป แล้ววาดรูปคลื่นลงในรูปที่ 3.13

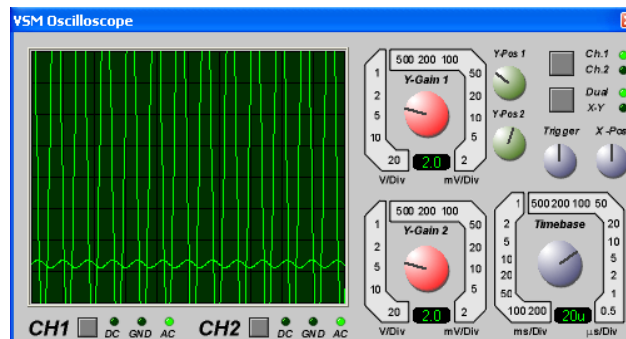


รูปที่ 3.13 รูปคลื่นไซน์ความถี่ 1 KHz ที่ผ่านวงจรกรองความถี่สูง

5. เปลี่ยนความถี่ที่ป้อนเข้าวงจรกรองความถี่สูง เป็น 100 Hz และ 10 KHz แล้วสังเกตผลที่ออสซิลโลสโคปและวาดรูปคลื่นลงในรูปที่ 3.14



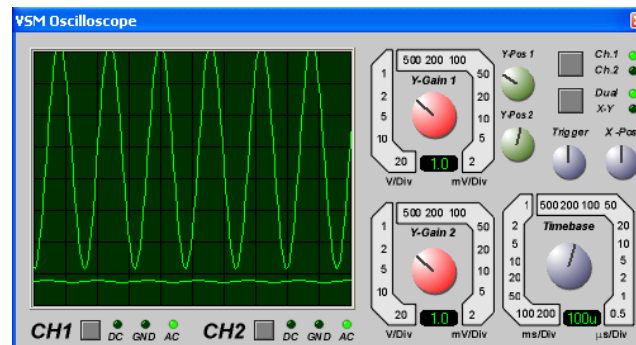
(ก) ความถี่ 100 Hz



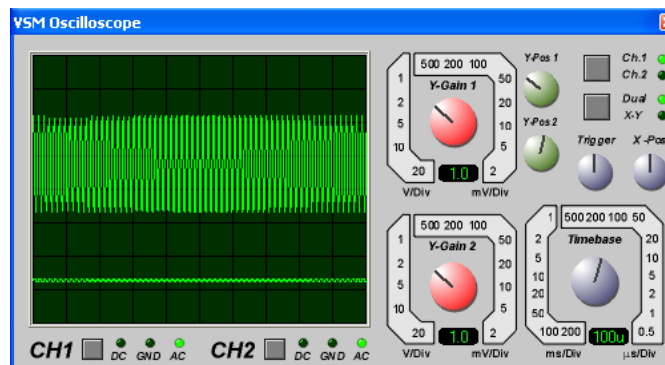
(ข) ความถี่ 10 KHz

รูปที่ 3.14 รูปคลื่นไซน์ 100 Hz และ 10 KHz ที่ผ่านวงจรกรองความถี่สูง

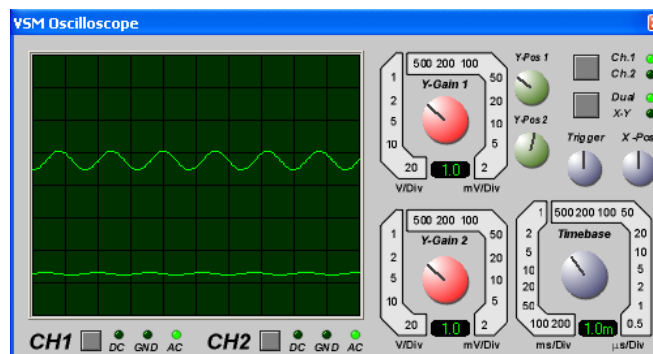
6. เปลี่ยนค่า C_1 เป็น $4.7 \mu F$ แล้วจำลองการทำงานตามข้อที่ 3 – 5 และวาดรูปคลื่นลงในรูปที่ 3.15



(ก) ความถี่ 1 KHz



(ข) ความถี่ 10 KHz



(ค) ความถี่ 100 Hz

รูปที่ 3.15 รูปคลื่นไซน์ที่ผ่านวงจรกรองความถี่สูงเมื่อ $C = 4.7 \mu F$

สรุปผลการสังเกต

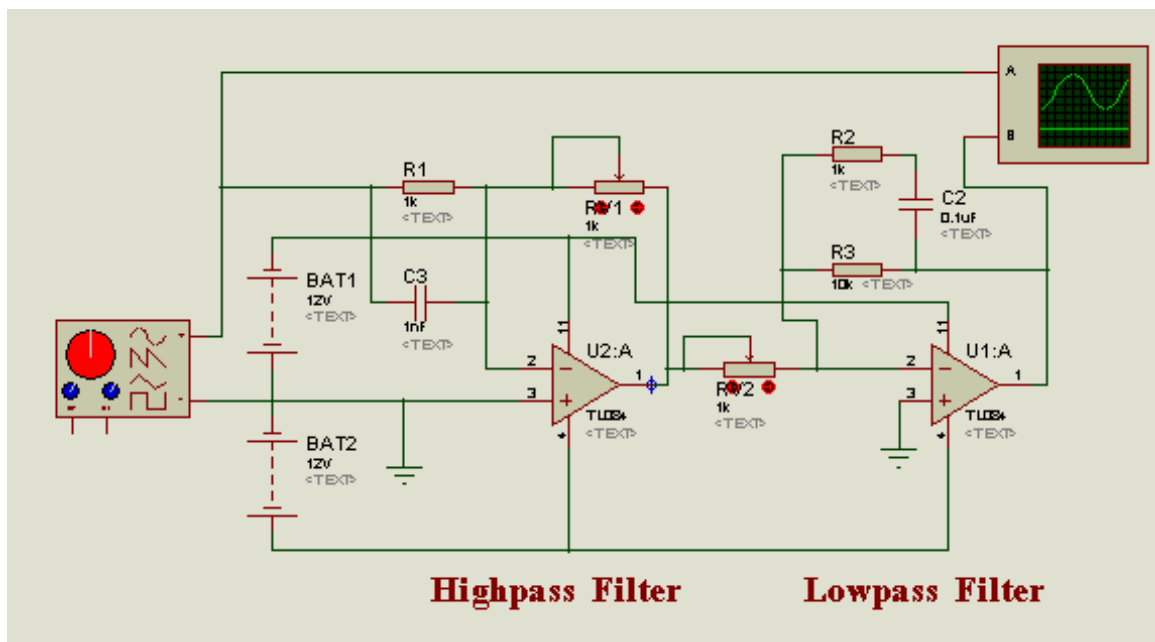
.....

.....

วงจรกรองแถบความถี่แบบไวงาน (Active Bandpass Filters)

วงจรกรองความถี่ไวงานเป็นการนำวงจรกรองความถี่สูงกับวงจรกรองความถี่ต่ำมาต่อรวมกัน

มีวงจรตามรูปที่ 3.16



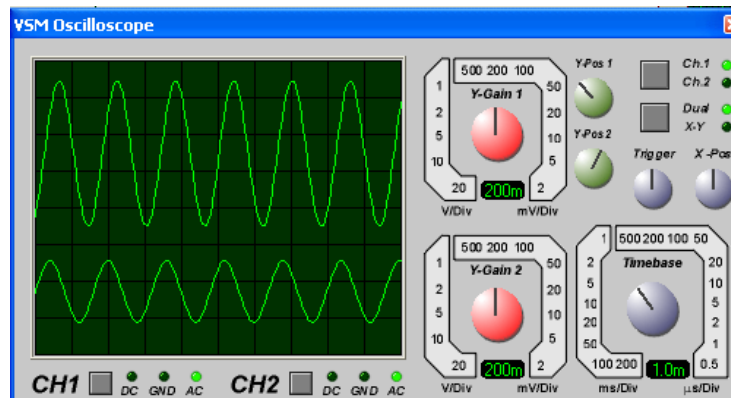
รูปที่ 3.16 วงจรกรองแถบความถี่ไวงาน

ภาคปฏิบัติ

ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.16
2. ต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณและออสซิลโลสโคปเข้าที่อินพุตและเอาต์พุตในข้อ 1
3. จำลองการทำงานของวงจร โดยป้อนสัญญาณรูปไซน์ 1 KHz เข้าที่อินพุต

4. สังเกตผลลัพธ์ที่ออสซิลโลสโคป และวาดรูปคลื่นลงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 รูปคลื่นที่อินพุต/เอาต์พุตของวงจรกรองแถบความถี่

5. ปรับความถี่สัญญาณอินพุตไปที่ 10 KHz และ 100 Hz แล้วทำตามข้อ 4 และวาดรูปคลื่นลงในรูปที่ 3.18



(ก) ความถี่ 10 KHz



(ข) ความถี่ 100 Hz

รูปที่ 3.18 รูปคลื่นที่อินพุต/เอาต์พุต เมื่อป้อนความถี่ 10 KHz และ 100 Hz

สรุปผลการสังเกต

.....

.....

.....

.....

.....

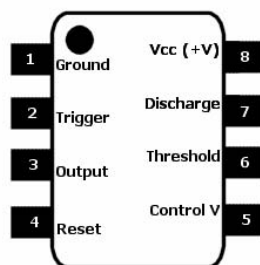
ไอซี 555

ภาพรวมของไอซี 555

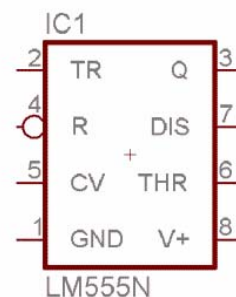
ไอซี 555 เป็นไอซีแอนะล็อกที่มี 8 ขา ใช้ต่อเป็นวงจรมัลติไวเบรเตอร์แบบโมโนสเตเบิล หรืออะสเตเบิล มีรูปร่างภายนอก ตำแหน่งขา และสัญลักษณ์ตามรูปที่ 3.19



(ก) ลักษณะภายนอก



(ข) ตำแหน่งขา



(ค) สัญลักษณ์

รูปที่ 3.19 ตำแหน่งขาไอซี 555

บริษัทผู้ผลิตไอซี 555 มีหลายบริษัทและได้กำหนดเบอร์ตามรายละเอียดในตารางที่ 3.1 ตารางที่ 3.1 เบอร์ไอซี 555 ของแต่ละบริษัท

บริษัทผู้ผลิต	เบอร์
ECG Phillips	ECG 955M
Exar	XR-555
Fairchild	NE-555
Harris	HA-555
Intersil	SE555/NE555
Lithic System	LC555
Maxim	ICM7555
Motorola	MC1455/MC1555
National	LM14555/LM555C
NTE Sylvania	NTE9555M
Raytheon	RM555/RC555
RCA	CA555/CA555C

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

บริษัทผู้ผลิต	เบอร์
Sanyo	LC7555
Texas Instruments	SN52555/SN72555

วงจรภายในไอซี 555 แสดงในรูปที่ 3.20 มีวงจรเทียบเคียงที่ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ประมาณ 20 ตัว ตัวต้านทาน 15 ตัว และไดโอด 2 ตัว จำนวนอุปกรณ์ที่มีอยู่ภายในแล้วแต่บริษัทผู้ผลิต มีวงจรเทียบเคียงจัดเป็นบล็อก ทำหน้าที่ควบคุม กระตุ้น เปรียบเทียบ คายประจุและส่งกำลังออก ไอซี 555 ใช้กับแหล่งจ่ายไฟ 4.5 – 18 โวลต์ กินกระแส 3 – 6 mA มีช่วงเวลาขอบขาขึ้น/ขาลง 100 นาโนวินาที

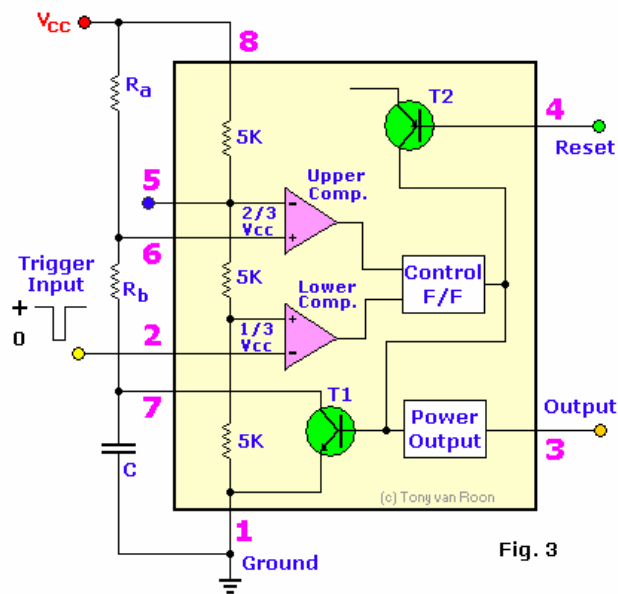


Fig. 3

รูปที่ 3.20 วงจรภายในไอซี 555

หน้าที่แต่ละขาของไอซี 555

ขา 1 (Ground) เป็นขาที่ต่อลงกราวด์ เมื่อใช้กับแหล่งจ่ายแรงดันที่เป็นบวก

ขา 2 (Trigger) เป็นขาอินพุตของตัวเปรียบเทียบตัวล่าง และใช้เป็นตัวตั้งค่าแลตซ์ทำให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 1 เป็นการกำหนดลำดับการทำงานของโมโนสเตเบิล ฟัลซ์ที่จะเข้ามากระตุ้น ต้องมีช่วงเวลาสั้นกว่าค่าที่คำนวณได้จากค่า RC ที่ต่ออยู่นอกวงจร แรงดันที่ใช้กระตุ้นมีค่าระหว่าง $V+$ กับ กราวด์ กระแสจะไหลจากขา 1 ไปยังวงจรภายนอก มีค่าประมาณ 500 nA

ขา 3 (Output) เป็นขาเอาต์พุตของไอซี 555 ต่อมาจากวงจรโทเทมโพลที่จ่ายกระแสสูง ใช้ทรานซิสเตอร์ Q20 – Q24 โดยมี Q21 และ Q22 เป็นแหล่งจ่ายให้กับโหลดโดยถือเป็นแบบคาร์ลิงตัน

ขา 4 (Reset) ขานี้ใช้รีเซ็ตแลตช์เพื่อให้เอาต์พุตกลับมาเป็นลอจิก 0 ค่าแรงดันที่จุดทำงานมีค่า 0.7 V และมีกระแสซิงค์ 0.1 mA ช่วงเวลาประวิงที่จะเกิดการรีเซ็ตที่เอาต์พุตมีค่าประมาณ 0.5 μ s และพัลส์ที่ใช้ในการรีเซ็ตมีค่าความกว้างต่ำสุด 0.5 μ s

ขา 5 (Control Voltage) ขานี้จะต่อกับแรงดันค่า 2/3 ของแรงดันจากแหล่งจ่ายโดยตรงโดยต่อมาจากวงจรแบ่งแรงดันที่อ้างอิงจากตัวเปรียบเทียบตัวบน อัตราส่วนของวงจรแบ่งแรงดันมีค่า 2:1 (R8 – R9) เมื่อใช้ไอซี 555 ทำงานในโหมดควบคุมแรงดันมีค่าต่ำกว่า V_{+} 1-2 โวลต์ ค่าแรงดันควบคุมในโหมดโมโนสเตเบิลจะมีค่าประมาณ 45-90 เปอร์เซ็นต์ของ V_{CC} และในโหมดอะสเตเบิลจะมีค่าแรงดันควบคุม 1.7 V ถึง V_{CC}

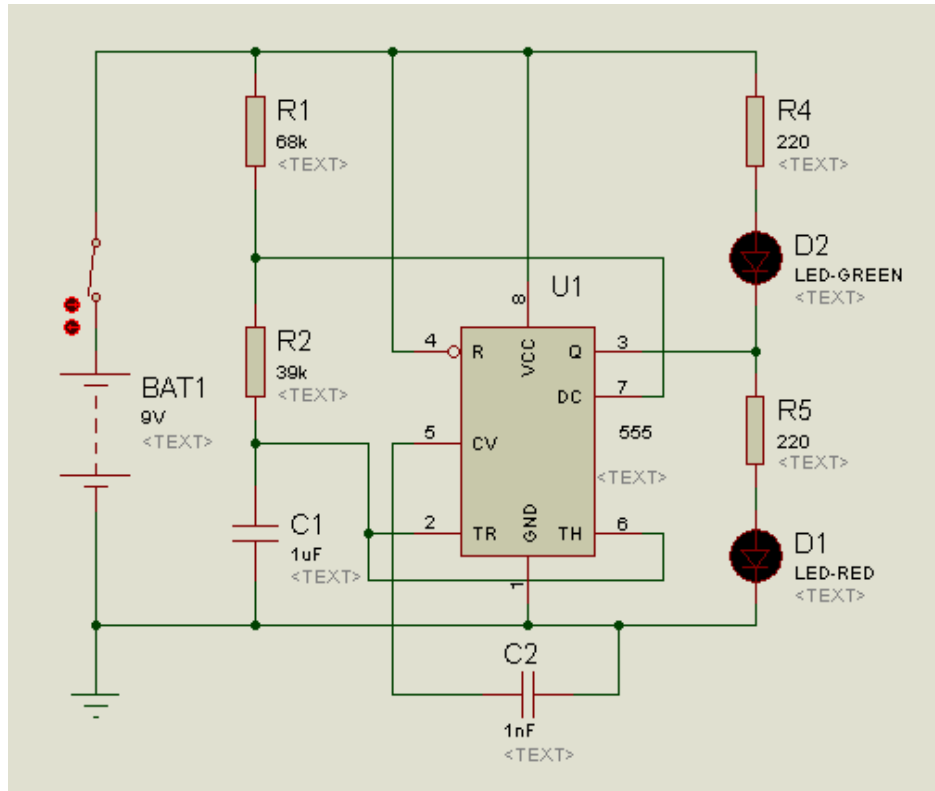
ขา 6 (Threshold) เป็นขาอินพุตขาหนึ่งที่ต่อไปเข้าตัวเปรียบเทียบตัวบนใช้รีเซ็ตแลตช์ ทำให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 0 ค่าแรงดันที่ป้อนเข้าขานี้มีค่า V_{+} กับกราวด์ จะมีกระแสไหลจากภายนอกเข้ามาที่ขานี้ มีค่ากระแสประมาณ 0.1 μ A

ขา 7 (Discharge) ขานี้ต่อเป็นแบบคอลเลกเตอร์เปิดของทรานซิสเตอร์ Q14 มีขาอิมิตเตอร์ต่อลงกราวด์ เพื่อให้ทรานซิสเตอร์ต่อวงจร ขา 7 จะต่อลงกราวด์ ปกติคาปาซิเตอร์ที่เป็นตัวกำหนดเวลาจะต่ออยู่ระหว่างขา 7 กับกราวด์และจะคายประจุเมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 0 และทรานซิสเตอร์จะหยุดทำงาน (off) เมื่อเอาต์พุตเป็นลอจิก 1

ขา 8 (V_{+}) เป็นขาที่ต่อกับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟตรงมีค่า + 4.5 V ถึง 16 V

วงจรทดสอบไอซี 555

วงจรทดสอบไอซี 555 ใช้ทดสอบการทำงานของไอซีว่ายังใช้งานได้หรือไม่ เป็นการทดสอบที่ใช้เวลาน้อย มีวงจรตามรูปที่ 3.21 ถ้าไอซีใช้งานได้ไดโอดเปล่งแสง 2 ตัวจะติดสว่างและดับสลับกัน



รูปที่ 3.21 วงจรทดสอบไอซี 555

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ให้ต่อวงจรตามรูปที่ 3.21
2. เปลี่ยนค่าอุปกรณ์ให้ตรงตามวงจรในรูปที่ 3.21
3. จำลองการทำงานของวงจรและสังเกตผลการทำงาน

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

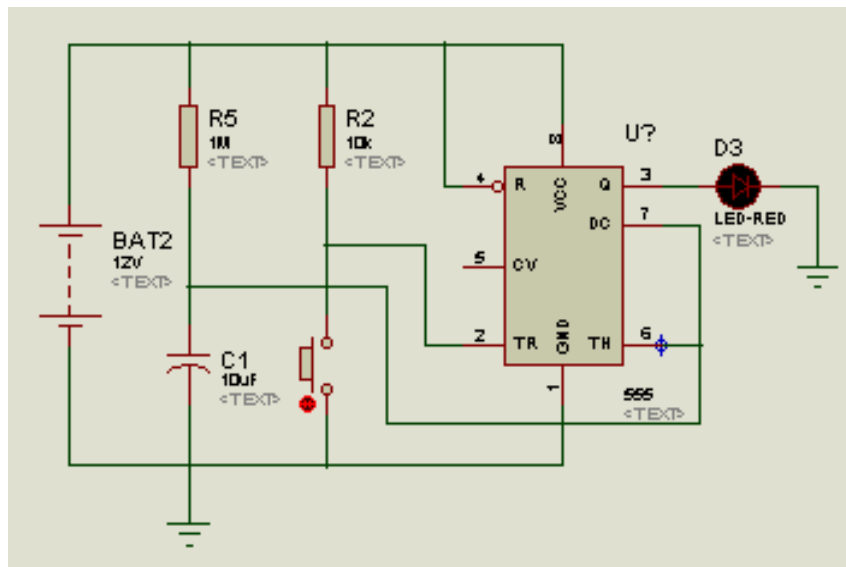
.....

.....

.....

โมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์

โมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์ เป็นวงจรที่ใช้กำเนิดพัลส์ 1 ลูก เมื่อมีสัญญาณมากระตุ้นที่ขา Trigger (ขา 2) ความกว้างของพัลส์ที่เอาต์พุตขึ้นกับค่า R และ C ที่ต่อภายนอก มีวงจรตามรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์

การคำนวณหาความกว้างพัลส์ที่เอาต์พุตใช้สูตร

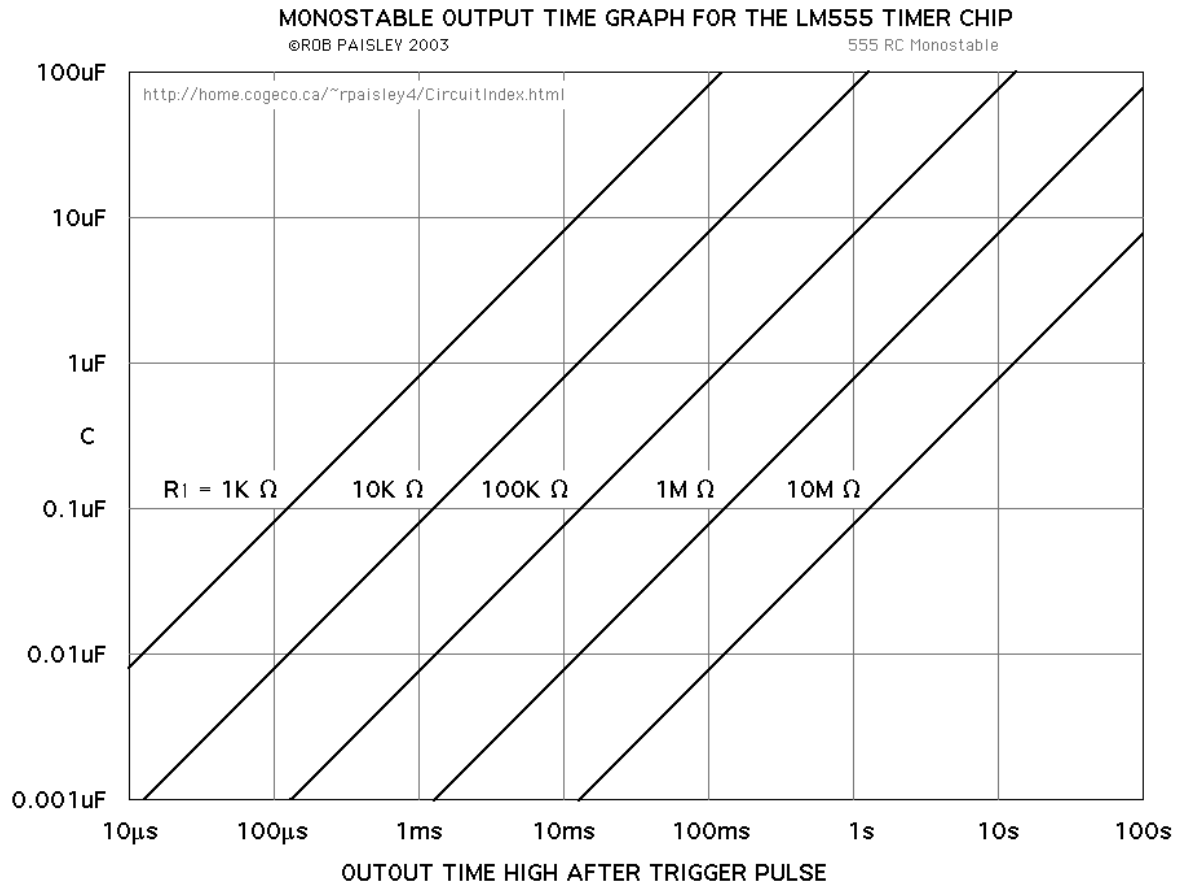
$$T = 1.1 \times R \times C$$

T เป็น วินาที

R เป็น โอห์ม

C เป็น ไมโครฟารัด

การหาความกว้างพัลส์โดยประมาณ ใช้กราฟแสดงเวลาตามรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 กราฟหาความกว้างพัลส์ของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.22
2. ใช้กราฟรูปที่ 3.23 เพื่อเลือกค่า R_1 และ C_1 ให้ได้ความกว้างพัลส์ที่เอาต์พุตเป็น 1 วินาที
3. จำลองการทำงานของวงจร แล้วจับเวลาว่าได้ค่าถูกต้องหรือไม่ เมื่อกดสวิตช์ Tigger

บันทึกผลการสังเกต

.....

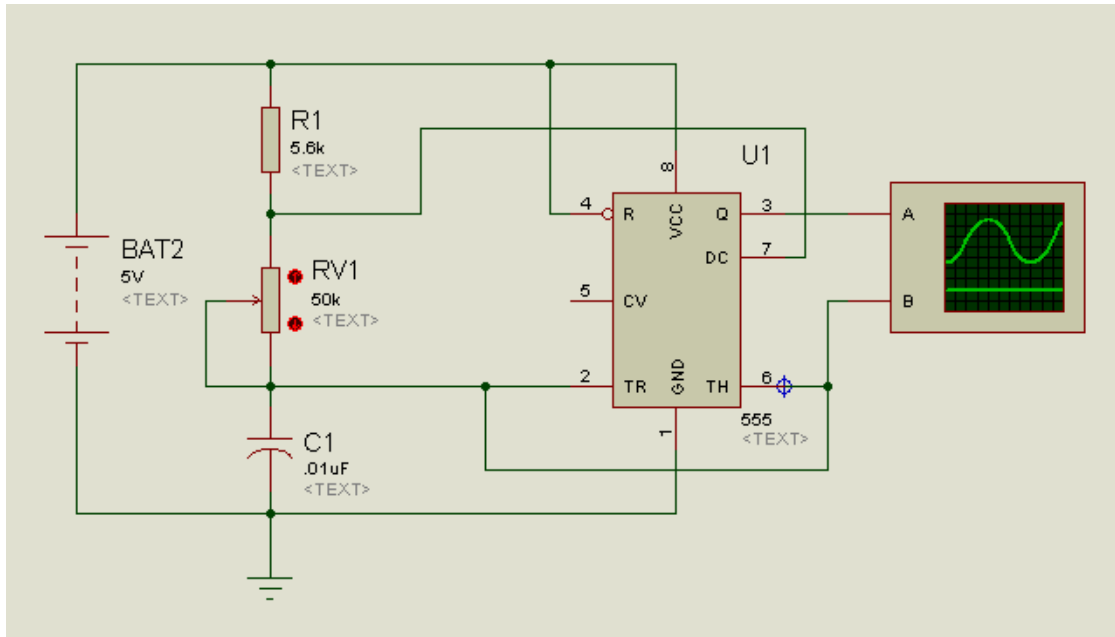
.....

.....

.....

อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เป็นวงจรกำเนิดพัลส์ที่มีความต่อเนื่อง ค่าความถี่ของพัลส์ขึ้นกับค่า RC ที่นำมาต่อภายนอก มีวงจรตามรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

การคำนวณหาความถี่และช่วงเวลาของวงจรอะสเตเบิล มีสูตรดังนี้

$$f = \frac{1}{0.693 \times (R1 + 2R2) \times C} \quad \text{Hz}$$

$$T_{ON} = 0.693 \times (R1 + R2) \times C \quad \text{sec}$$

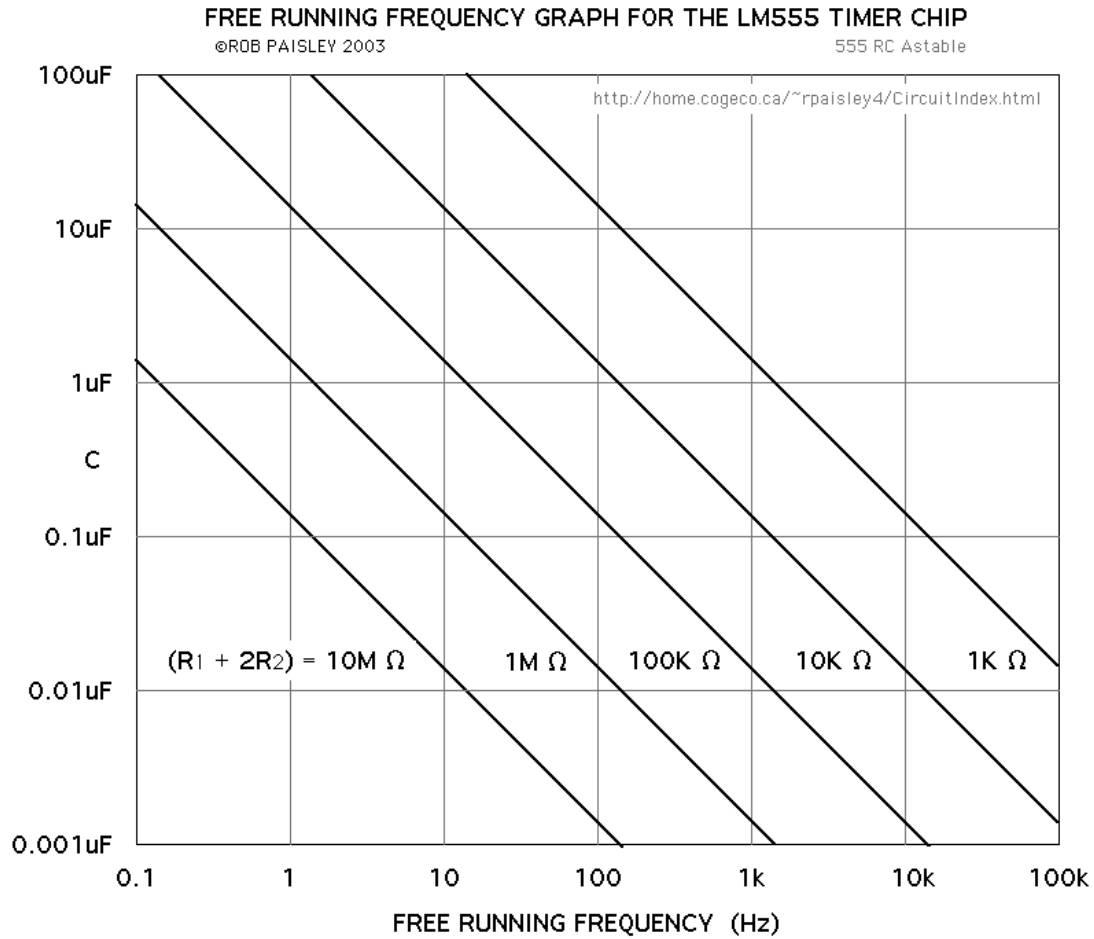
$$T_{OFF} = 0.693 \times R2 \times C \quad \text{sec}$$

f = ความถี่ T_{ON} = ช่วงที่มีระดับแรงดันสูง (ลอจิก 1) T_{OFF} = ช่วงที่มีระดับแรงดันต่ำ (ลอจิก 0)

$$\text{วัฏจักรหน้าที่ช่วงที่เป็นลอจิก 1} = \frac{R1 \times R2}{R1 \times 2R2} \times 100 \quad \%$$

$$\text{วัฏจักรหน้าที่ช่วงที่เป็นลอจิก 0} = \frac{R2}{R1 \times 2R2} \times 100 \quad \%$$

การหาค่าความถี่โดยประมาณของวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ใช้กราฟตามรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 กราฟหาค่าความถี่ของวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ให้ต่อวงจรตามรูปที่ 3.24
2. จากกราฟรูปที่ 3.25 ต้องการความถี่ 10 Hz 100 Hz และ 1KHz ต้องใช้ค่า R และ C เท่าใด
3. เปลี่ยนค่า R และ C จากข้อ 2 ใส่ลงในวงจร
4. จำลองการทำงานของวงจรโดยต่อออสซิลโลสโคปเข้าที่เอาต์พุต
5. สังเกตรูปคลื่นที่เอาต์พุต และบันทึกผลการสังเกต

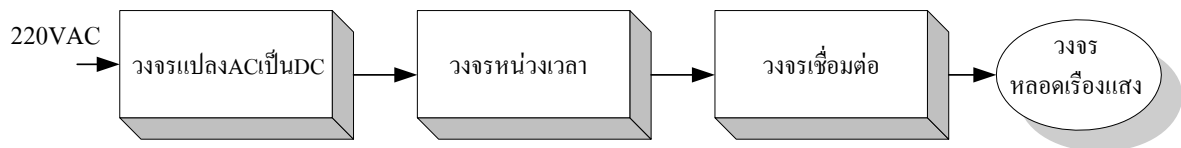
บันทึกผลการสังเกต

การประยุกต์ใช้งานไอซี 555

ไอซี 555 เป็นไอซีที่เกี่ยวกับฐานเวลา สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวงจรที่เกี่ยวกับการกำเนิดพัลส์ได้ ในหัวข้อนี้จะยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานไอซี 555 โดยนำไปต่อเป็นวงจรหน่วงเวลาปิด/เปิดหลอดเรืองแสง การแปลงแรงดันไฟตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับและวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟตรง

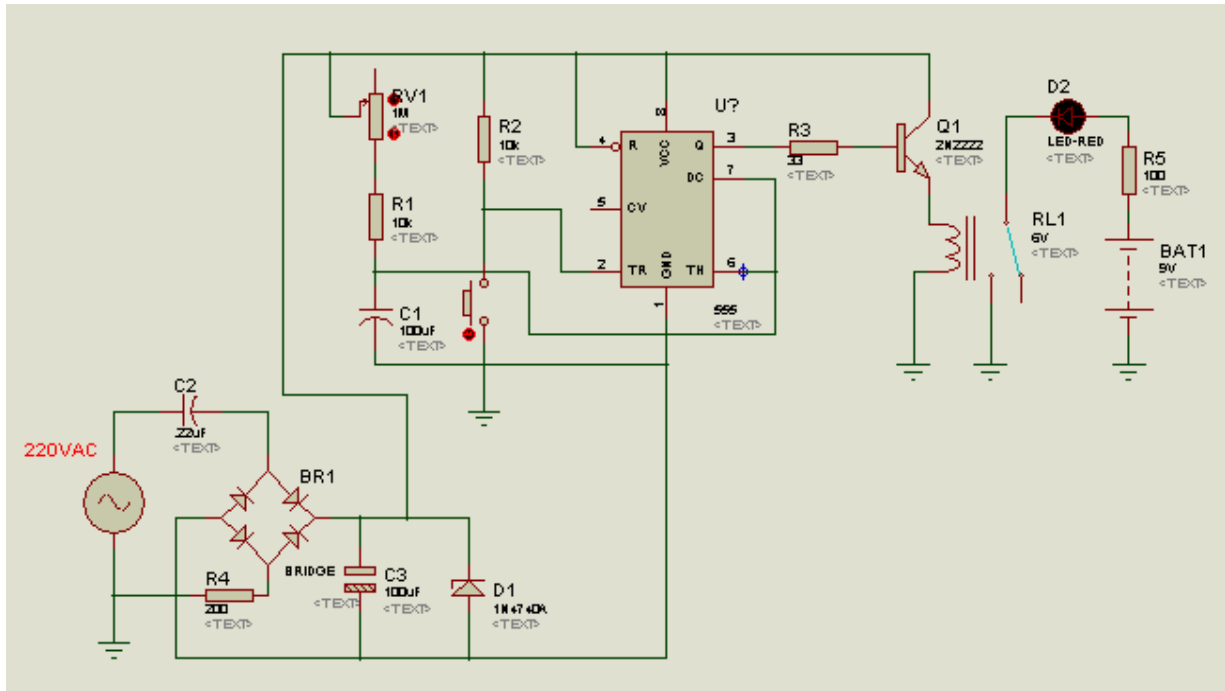
วงจรหน่วงเวลาการปิดหลอดเรืองแสง

ต้องการออกแบบวงจรปิดหลอดเรืองแสงโดยอัตโนมัติ เมื่อกดสวิตช์ให้หลอดเรืองแสงติดสว่างแล้วประมาณ 3 นาที หลอดเรืองแสงจะดับ เขียนเป็นแผนภาพบล็อกได้ตามรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 แผนภาพบล็อกวงจรหน่วงเวลาในการปิดหลอดเรืองแสง

จากแผนภาพบล็อกในรูปที่ 3.26 วงจรหน่วงเวลาการปิดหลอดเรืองแสงประกอบด้วย วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 12 V โดยไม่ใช้หม้อแปลง วงจรกำเนิดพัลส์เดี่ยวเป็นวงจรกำเนิดพัลส์ออกมา 1 ลูก เมื่อมีการกดสวิตช์โดยให้มีช่วงการหน่วง 3 นาที และวงจรเชื่อมต่อไฟฟ้ากระแสสลับที่จะจ่ายให้กับหลอดเรืองแสง เมื่อเขียนเป็นวงจรได้ตามรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 วงจรหน่วงเวลาการปิดหลอดเรืองแสง

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.27
2. เปลี่ยนค่าอุปกรณ์ให้ตรงกับวงจรในรูปที่ 3.27
3. จำลองการทำงานของวงจร โดยการกดสวิตช์ ให้จับเวลาที่ไดโอดเปล่งแสงติดสว่างแล้วดับได้เวลาใกล้เคียง 3 นาทีหรือไม่ ถ้าไม่ได้ให้เปลี่ยนค่า R หรือ C ที่ต่อกับขา 6
4. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

.....

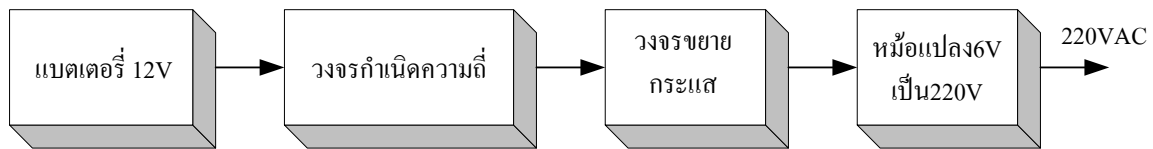
.....

.....

.....

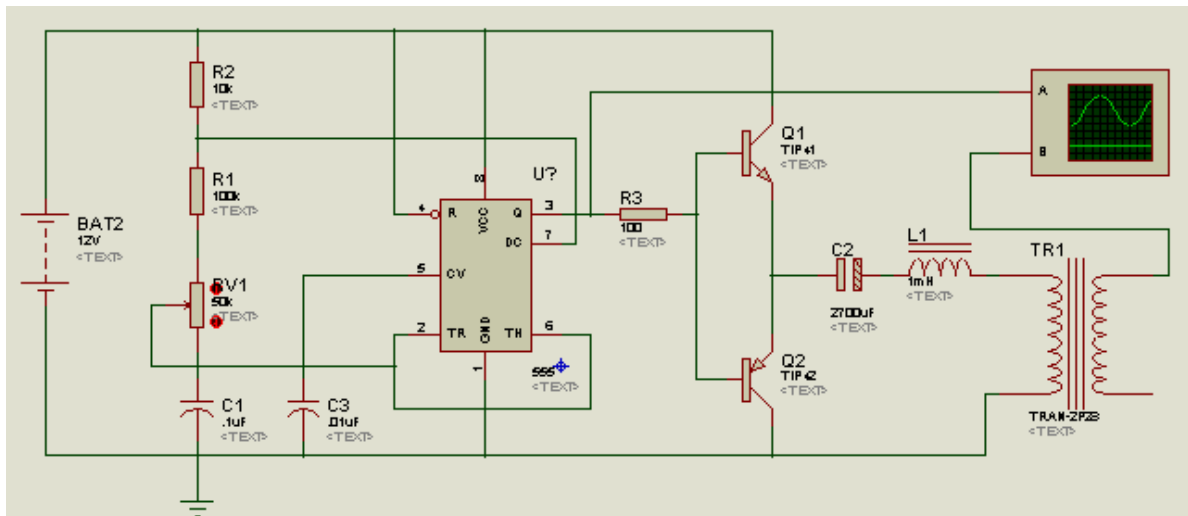
วงจรอินเวอร์เตอร์ 12 VDC เป็น 220 VAC

วงจรอินเวอร์เตอร์เป็นวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ในหัวข้อนี้ต้องการออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์ที่แปลงไฟตรง 12 V ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V ความถี่ 50 Hz เขียนเป็นแผนภาพบล็อกได้ตามรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 แผนภาพบล็อกวงจรอินเวอร์เตอร์

จากรูปที่ 3.28 วงจรอินเวอร์เตอร์ประกอบด้วยวงจรกำเนิดความถี่ 50 เฮิรตซ์ที่ใช้ไอซี 555 เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบดิไวเดอร์ วงจรขยายกระแสทำหน้าที่ขยายกระแสที่ได้จากวงจรกำเนิดความถี่ โดยใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวต่อเป็นแบบพุช – พุล และส่วนสุดท้ายเป็นวงจรกรองความถี่ ประกอบด้วยคาปาซิเตอร์และขดลวดเหนี่ยวนำเพื่อป้อนเข้าหม้อแปลงยกแรงดัน จากแผนภาพบล็อกในรูปที่ 3.28 นำมาเขียนเป็นวงจรได้ตามรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 วงจรอินเวอร์เตอร์

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.29
2. เปลี่ยนค่าอุปกรณ์ให้ตรงกับที่กำหนดไว้ในรูปที่ 3.29
3. จำลองการทำงานของวงจร โดยใช้ออสซิลโลสโคปตรวจสอบคลื่นที่เอาต์พุต ทดลองปรับค่าความถี่แล้วบันทึกผล

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

.....

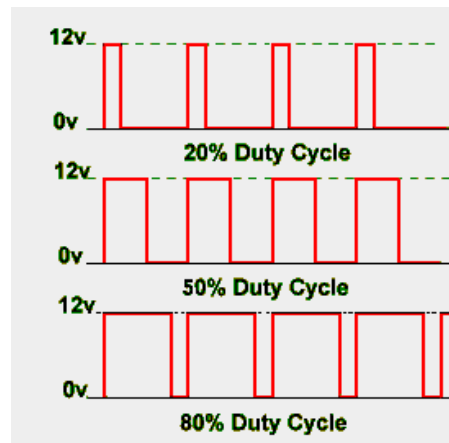
.....

.....

.....

วงจร PWM ควบคุมความเร็วมอเตอร์

การมอดูเลตความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation : PWM) เป็นการควบคุมการทำงานของแหล่งจ่ายไฟตรง ให้ทำงานในลักษณะการตัดต่อวงจรอย่างรวดเร็ว ทำให้ได้เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่มีความกว้างของพัลส์เปลี่ยนไป โดยมีระดับแรงดันอยู่ในช่วง 0 โวลต์ถึงค่าสูงสุดของแรงดันที่จ่ายออกมา ด้วยหลักการดังกล่าวสามารถนำไปใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟตรงได้ สัญญาณที่ได้จากวงจร PWM แสดงในรูปที่ 3.30



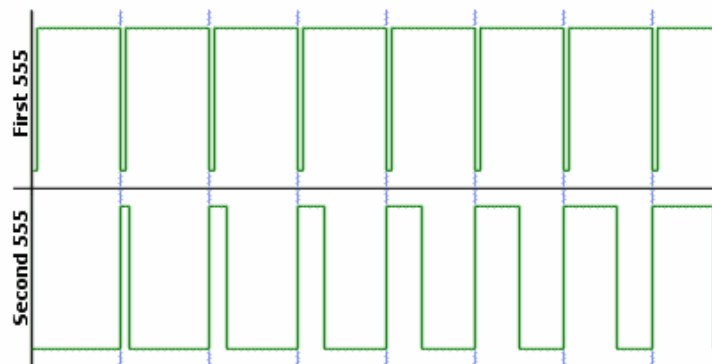
รูปที่ 3.30 รูปคลื่นที่ได้จากวงจร PWM

จากรูปที่ 3.30 การปรับค่าวัฏจักรหน้าที่ของวงจร PWM ทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเปลี่ยนไป สามารถนำไปใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟตรงได้ การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยวงจร PWM มีข้อดีดังนี้

1. การตัดต่อวงจรของเอาต์พุตทรานซิสเตอร์ มีลักษณะเหมือนการคงค่าแรงดัน ทำให้มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าเป็นความร้อนในปริมาณน้อย จึงใช้แผ่นระบายความร้อนขนาดเล็ก
2. เมื่อจัดวงจรได้เหมาะสมจะทำให้มีแรงดันตกคร่อม ทรานซิสเตอร์ที่เอาต์พุตมีปริมาณน้อย ทำให้พิสัยการควบคุมมีค่าแรงดันสูงสุดใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากแหล่งจ่าย
3. กำลังเฉลี่ยจากวงจร PWM ทำให้มอเตอร์ทำงานที่ความเร็วต่ำได้และมีค่าแรงดันคงที่

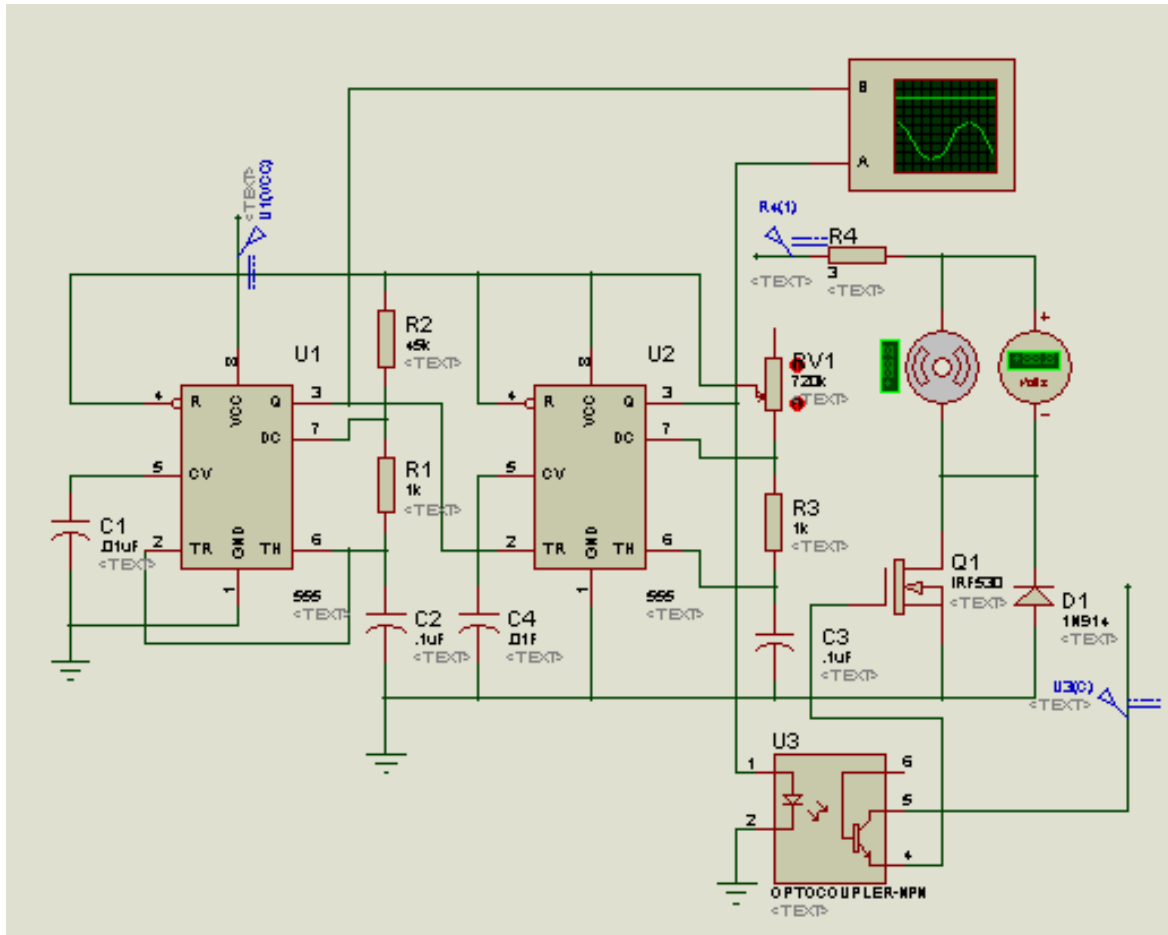
วงจร PWM ที่ใช้ไอซี 555

วงจร PWM ที่ใช้ไอซี 555 จำนวน 2 ตัว (หรือใช้ไอซี 556) โดยให้ไอซีตัวแรกกำเนิดพัลส์ที่มีความถี่คงที่ ส่วนไอซีตัวที่สองจะใช้กำหนดความกว้างของพัลส์ ได้เป็นรูปคลื่นตามรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 รูปคลื่นของวงจร PWM ที่ได้จากไอซี 555

วงจร PWM ที่ใช้ไอซี 555 2 ตัว มีวงจรแสดงในรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 วงจรPWM ใช้ไอซี 555 2 ตัว

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.32
2. เปลี่ยนค่าอุปกรณ์ให้ได้ตามวงจรในรูปที่ 3.32
3. จำลองการทำงานของวงจร โดยปรับค่า RV1 แล้วสังเกตความเร็วของมอเตอร์ และดู

รูปคลื่นที่ออสซิลโลสโคป

4. วาดรูปคลื่นที่เอาต์พุต ที่ความเร็วสูงและความเร็วต่ำ

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

.....

สรุป

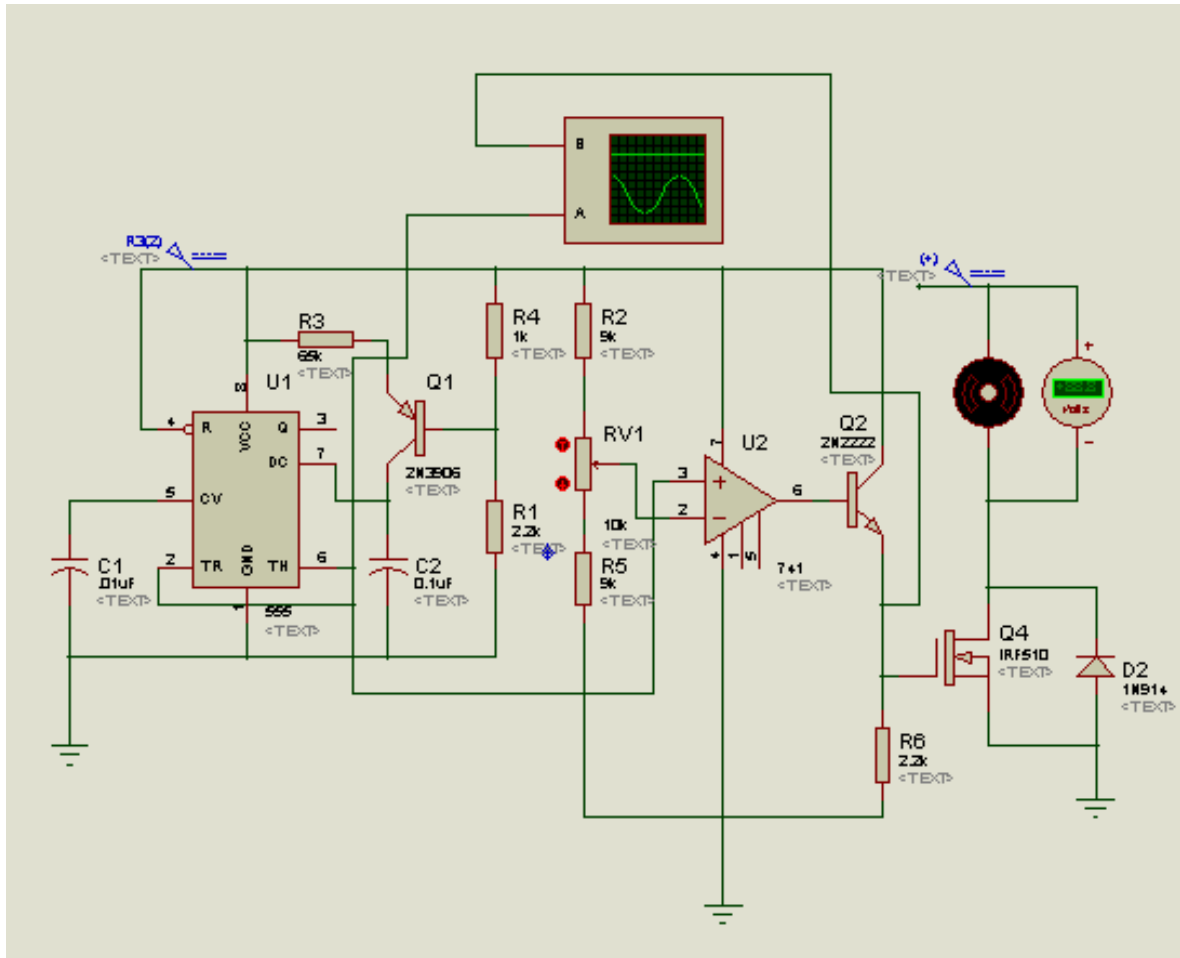
วงจรแอนะล็อก 2 เป็นวงจรที่เกี่ยวกับออปแอมป์ มีการต่อวงจรออปแอมป์เป็นวงจรขยายแบบอินเวอร์ตติ้ง นอนอินเวอร์ตติ้ง วงจรแปลงสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมกับสัญญาณรูปสามเหลี่ยม คือ วงจรอินทรีเกต และวงจรดีฟเฟอเรนเชียล วงจรขยายผลต่างใช้เปรียบเทียบแรงดันที่ป้อนเข้าอินพุตของออปแอมป์ วงจรกรองความถี่โวลงาน เป็นการนำออปแอมป์มาต่อร่วมกับคาปาซิเตอร์และตัวต้านทานเพื่อใช้กรองความถี่สูง ความถี่ต่ำ และแถบความถี่

ไอซี 555 เป็นไอซีเกี่ยวกับฐานเวลา นำมาต่อเป็นวงจร โมโนสเตเบิลและอะสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวกับการกำเนิดพัลส์ได้ เช่น วงจรหน่วงเวลา วงจร PWM ควบคุมความเร็วมอเตอร์ เป็นต้น

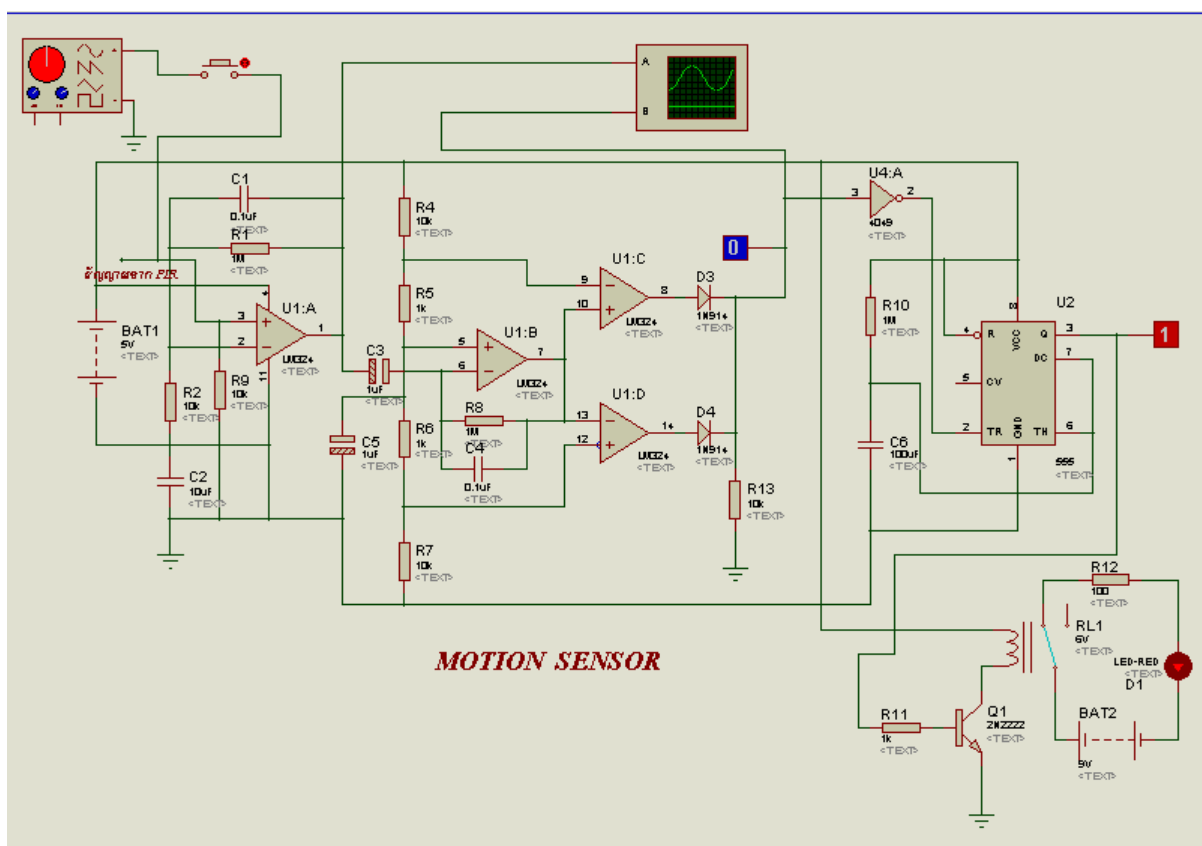
คำถามท้ายบท

1. วงจรขยายอินเวอร์ตติ้งกับนอนอินเวอร์ตติ้ง ต่างกันอย่างไร จงอธิบาย
2. วงจรอินทรีเกตกับวงจรดีฟเฟอเรนเชียล ต่างกันอย่างไร จงอธิบาย
3. วงจรกรองแถบความถี่ในรูปที่ 3.16 ค่าแถบความถี่มีค่าความถี่ต่ำและความถี่สูงเท่าใด
4. ให้ต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ตามรูปที่ 3.33 แล้วจำลองการทำงานและบันทึกผลการสังเกต
5. ให้ต่อวงจรตรวจจับการเคลื่อนไหวตามรูปที่ 3.34 แล้วจำลองการทำงานและบันทึกผลการสังเกต

สังเกต



รูปที่ 3.33 วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วย PWM แบบคลื่นรูปสามเหลี่ยม



รูปที่ 3.34 วงจรตรวจจับการเคลื่อนไหว

เอกสารอ้างอิง

สมชาย ชื่นวัฒนาประณีต. (2548). การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์. อุดรธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

<http://www.uoguelph.ca/~antoon/gadgets/741/741.html>. (08/02/2007).

http://www.talkingelectronics.com/te_interactive_index.html. (09/02/2007).

<http://www.uoguelph.ca/~antoon/circ/555test.html>. (10/02/2007).

<http://www.home.cogeco.ca/~rpaisley4/LM555.html>. (11/02/2007).

บทที่ 4

วงจรดิจิทัล 1

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถและทักษะดังนี้

1. ใช้โปรแกรมโปรติอุสทดสอบการทำงานของเกตได้ถูกต้อง
2. ใช้โปรแกรมโปรติอุสจำลองการทำงานของวงจรเชิงจัดหมู่ได้ถูกต้อง
3. ใช้โปรแกรมโปรติอุสจำลองการทำงานของวงจรเข้ารหัส/ถอดรหัส ระบบเตือนผู้บุกรุกบ้านและระบบควบคุมเครื่องถ่ายภาพเอกสาร ได้ถูกต้อง
4. อธิบายการทำงานของวงจรในข้อ 1-3 ได้ถูกต้อง

หัวข้อเรื่อง

การทดสอบการทำงานของเกต

วงจรเชิงจัดหมู่

วงจรเข้ารหัส

วงจรถอดรหัส

วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์

วงจรดีมัลติเพล็กซ์เซอร์

วงจรเปรียบเทียบ

วงจรบวกเลขฐานสอง

วงจรกำเนิดสัญญาณตรวจสอบข้อผิดพลาด

วงจรประยุกต์ใช้งาน

วงจรเข้ารหัสและวงจรถอดรหัส

ระบบเตือนผู้บุกรุกบ้าน

ระบบควบคุมเครื่องถ่ายภาพเอกสาร

สรุป

คำถามท้ายบท

เอกสารอ้างอิง

บทที่ 4

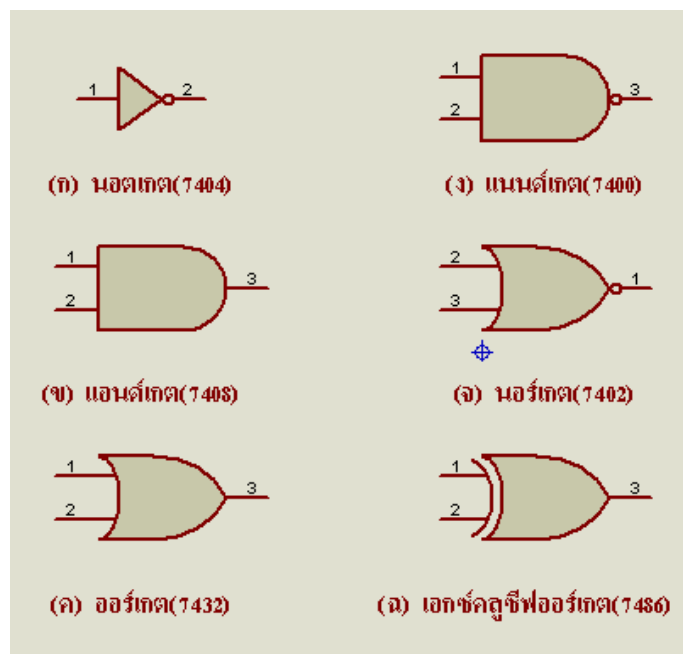
วงจรดิจิทัล 1

บทนำ

โปรแกรมโปรติอูส สามารถนำไปใช้จำลองการทำงานของวงจรดิจิทัลได้ทั้งในระดับเกตพื้นฐาน วงจร และระบบดิจิทัล ในบทเรียนนี้จะเป็นการใช้โปรแกรมโปรติอูสทดสอบการทำงานของเกต การจำลองการทำงานของวงจรเชิงจัดหมู่มี วงจรเข้ารหัส วงจรถอดรหัส วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ วงจรดีมัลติเพล็กซ์เซอร์ วงจรเปรียบเทียบ วงจรบวกเลขฐานสอง และวงจรกำเนิดสัญญาณ ตรวจสอบข้อผิดพลาด และในหัวข้อสุดท้ายเป็นการทดสอบวงจรประยุกต์ใช้งานมี วงจรเข้ารหัส/ถอดรหัส ระบบเตือนผู้บุกรุกบ้าน และวงจรเปรียบเทียบควบคุมเครื่องถ่ายภาพเอกสาร

การทดสอบเกตพื้นฐาน

เกต เป็นสวิตซ์สารกึ่งตัวนำที่เป็นอุปกรณ์พื้นฐานทางดิจิทัล เกตแต่ละตัวจะมีคุณลักษณะเฉพาะ ในการออกแบบวงจรดิจิทัล จำเป็นต้องทราบคุณลักษณะเฉพาะของเกตพื้นฐานซึ่งมีสัญลักษณ์ตามรูปที่ 4.1

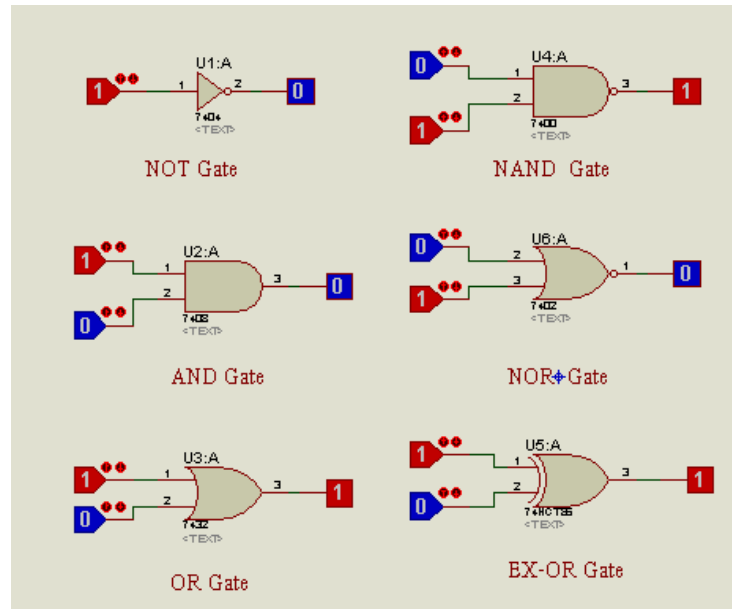


รูปที่ 4.1 สัญลักษณ์และเบอร์ของเกตพื้นฐาน

ภาคปฏิบัติ

ให้หาคุณลักษณะของเกตพื้นฐาน โดยปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.2
2. จำลองการทำงานของเกต โดยการเปลี่ยนค่าอินพุตของเกตแต่ละตัว แล้วสังเกตผลที่เอาต์พุต
3. เขียนผลการสังเกตลงในแบบบันทึกผลการสังเกต



รูปที่ 4.2 วงจรการทดสอบเกต

บันทึกผลการสังเกต

นอตเกต (7404)

อินพุต (A)	เอาต์พุต (X)
0	
1	

แนนด์เกต (7400)

อินพุต (B) (A)	เอาต์พุต (X)
0 0	
0 1	
1 0	
1 1	

แอนด์เกต (7408)

อินพุต		เอาต์พุต
(B)	(A)	(X)
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

นอร์เกต (7402)

อินพุต		เอาต์พุต
(B)	(A)	(X)
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

ออร์เกต

อินพุต		เอาต์พุต
(B)	(A)	(X)
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

เอ็กคลูซีฟออร์เกต (7486)

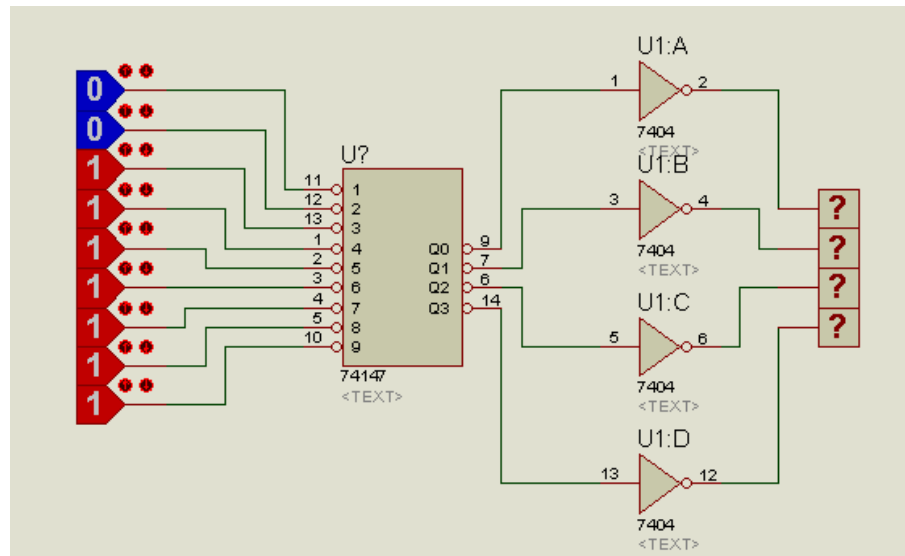
อินพุต		เอาต์พุต
(B)	(A)	(X)
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

วงจรลอจิกเชิงจัดหมู่

วงจรลอจิกเชิงจัดหมู่เป็นวงจรลอจิกที่นำเกตพื้นฐานมาต่อรวมกัน ให้ทำงานตามฟังก์ชันที่ต้องการ เมื่อป้อนลอจิกเข้าที่อินพุตจะได้ผลที่เอาต์พุตทันที วงจรลอจิกเชิงจัดหมู่มีดังนี้

วงจรเข้ารหัส (Encoder)

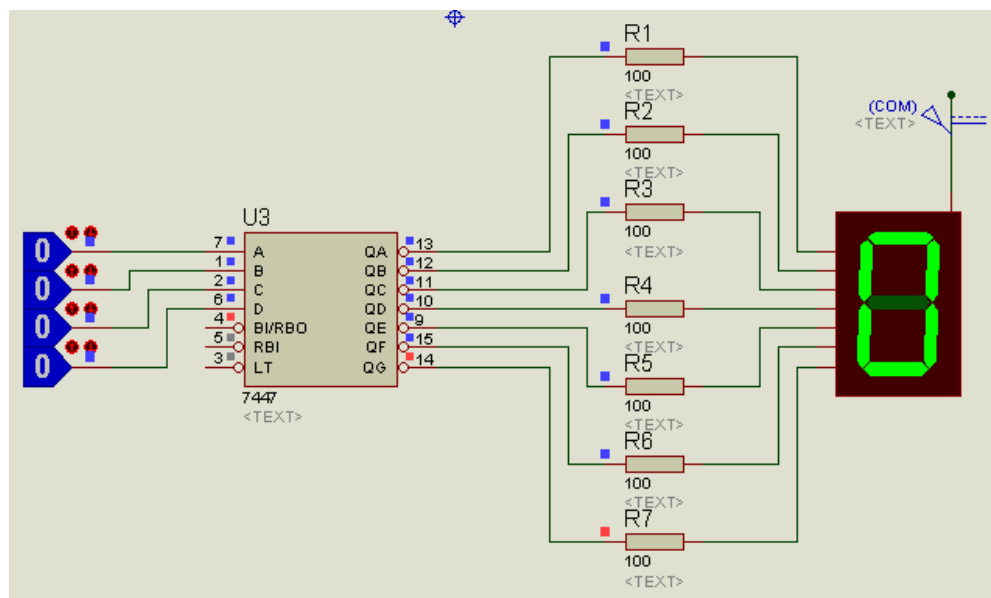
วงจรเข้ารหัส เป็นวงจรที่ใช้เปลี่ยนเลขฐานแปด เลขฐานสิบ หรือเลขฐานสิบหกให้เป็นเลขฐานสอง วงจรเข้ารหัสจัดทำเป็นวงจรในรูปของไอซี เช่น ไอซีเบอร์ 74147 เป็นวงจรเข้ารหัส 0 – 9 มีวงจรตามรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 วงจรเข้ารหัส 0 – 9

วงจรถอดรหัส (Decoder)

วงจรถอดรหัสเป็นวงจรที่ใช้เปลี่ยนเลขฐานสองให้เป็นเลขฐานสิบหรือเลขฐานแปด หรือเลขฐานสิบหก มีวงจรตามรูปที่ 4.4 เป็นวงจรถอดรหัสเลขฐานสองให้เป็นเลขฐานสิบแสดงผลด้วยตัวแสดงผล 7 ส่วน



รูปที่ 4.4 วงจรถอดรหัสเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบ

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.3 แล้วจัดเก็บไฟล์ไว้ชื่อ ENCODER
2. จำลองการทำงานของวงจร โดยการกดสวิทช์ที่อินพุตแล้วสังเกตผลที่เอาต์พุต
3. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.4 แล้วจัดเก็บไฟล์ไว้ชื่อ DECODER
4. จำลองการทำงานของวงจร โดยเปลี่ยนลอจิกด้านอินพุตแล้วสังเกตผลที่เอาต์พุต

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

.....

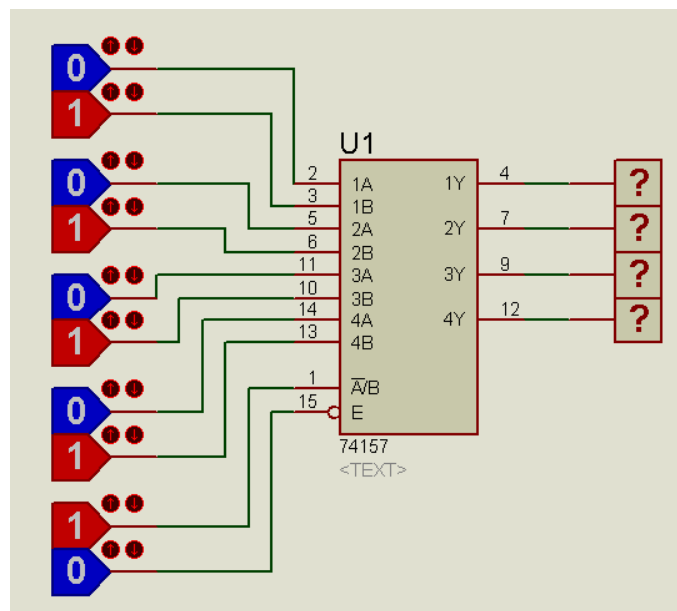
.....

.....

.....

วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ (Multiplexer)

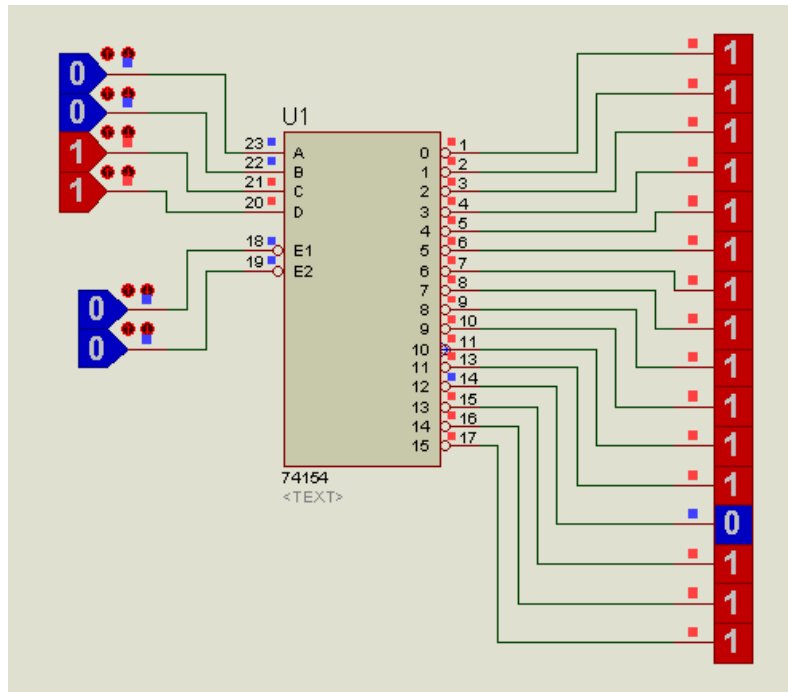
วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์เป็นวงจรที่ใช้ในการคัดเลือกข้อมูลด้านอินพุตเพื่อส่งออกที่เอาต์พุต ด้านอินพุตจะมีขาข้อมูลที่ป้อนเข้าและมีขาเลือกข้อมูล ไอซีที่ใช้เป็นมัลติเพล็กซ์เซอร์ เช่น เบอร์ 74157 มีวงจรตามรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 วงจรมัลติเพล็กซ์ 74157

วงจรดีมัลติเพล็กซ์ (Demultiplexer)

วงจรดีมัลติเพล็กซ์ เป็นวงจรที่ใช้ในการกระจายข้อมูล ด้านอินพุตจะมีขาข้อมูล 1 ขา และขาเลือกข้อมูลที่ส่งออกเอาต์พุต ส่วนด้านเอาต์พุตจะมีหลายขา เช่น ไอซีเบอร์ 74154 มีวงจรตามรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 วงจรดีมัลติเพล็กซ์ 74154

ภาคปฏิบัติ

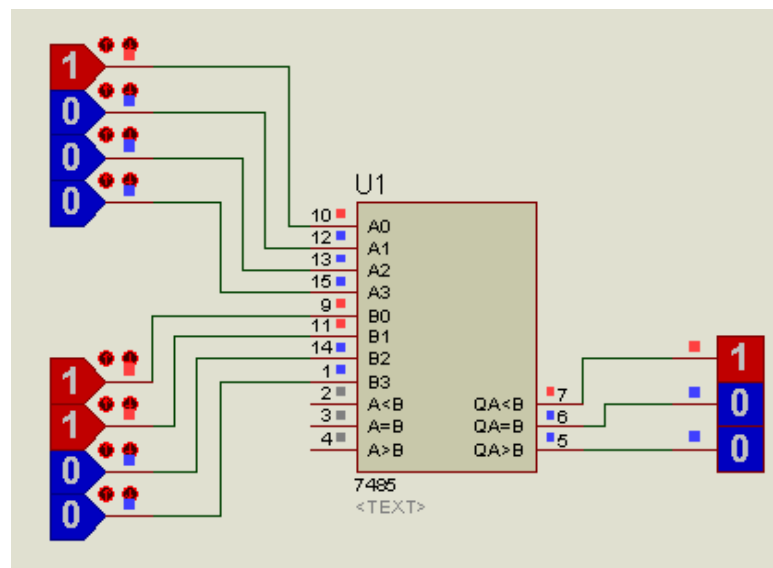
ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.5
2. จำลองการทำงานของวงจร โดยป้อนลอจิกที่ขาเลือกข้อมูลหลาย ๆ ค่า แล้วสังเกตว่าข้อมูลอินพุต ขาใดถูกส่งออก
3. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.6
4. จำลองการทำงานของวงจร โดยป้อนลอจิกที่ขาเลือกข้อมูลหลาย ๆ ค่า แล้วสังเกตดูว่าข้อมูลที่อินพุตถูกส่งออกที่ขาใด

บันทึกผลการสังเกต

วงจรเปรียบเทียบ (Comparator)

วงจรเปรียบเทียบใช้เปรียบเทียบข้อมูล 2 ชุด ที่ป้อนเข้าอินพุต แล้วแสดงผลที่เอาต์พุตเป็นค่าเท่ากัน หรือ มากกว่า หรือ น้อยกว่า ผลการเปรียบเทียบสามารถนำไปใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบได้ เช่น ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ป้อนกระดาษเครื่องถ่ายเอกสาร วงจรเปรียบเทียบแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 วงจรเปรียบเทียบไอซี 7485

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.7
2. จำลองการทำงานของวงจร โดยป้อนข้อมูลเข้าด้านอินพุตทั้งสองชุด ให้มีลักษณะเท่ากัน มากกว่า และน้อยกว่า แล้วสังเกตผลที่เอาต์พุตว่ามีขาใดเป็นลอจิก 1
3. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

.....

.....

.....

วงจรบวกเลขฐานสอง

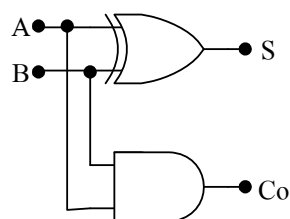
วงจรบวกเลขฐานสอง เป็นวงจรพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณ (การบวก การคูณ และการหาร) ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการจำลองการทำงานของวงจรบวกเลขแบบไม่คิดตัวทดเข้า วงจรบวกแบบคิดตัวทดเข้า และวงจรบวกแบบขนาน

วงจรบวกแบบไม่คิดตัวทดเข้า(Half Adder : HA)

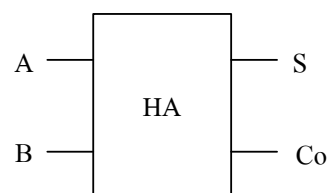
วงจรบวกแบบไม่คิดตัวทดเข้า เป็นวงจรบวกเลขฐานสองขนาด 1 บิต ที่ไม่มีการทดเข้า มีตารางความจริง วงจร และสัญลักษณ์ตามรูปที่ 4.8

อินพุต		เอาต์พุต	
B	A	S	Co
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

(ก) ตารางความจริง



(ข) วงจร



(ค) สัญลักษณ์

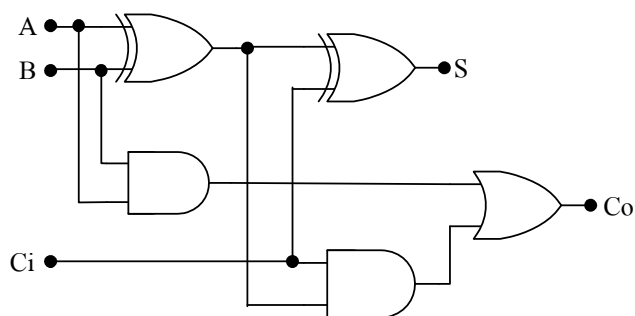
รูปที่ 4.8 วงจรบวกเลขแบบไม่คิดตัวทดเข้า

วงจรบวกแบบคิดตัวทดเข้า

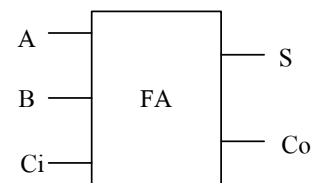
วงจรบวกแบบคิดตัวทดเข้า เป็นวงจรบวกเลขฐานสองขนาด 1 บิต ที่มีการคิดตัวทดเข้า มีตารางความจริง วงจรและสัญลักษณ์ ตามรูปที่ 4.9

อินพุต			เอาต์พุต	
Ci	B	A	S	Co
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

(ก) ตารางความจริง



(ข) วงจร

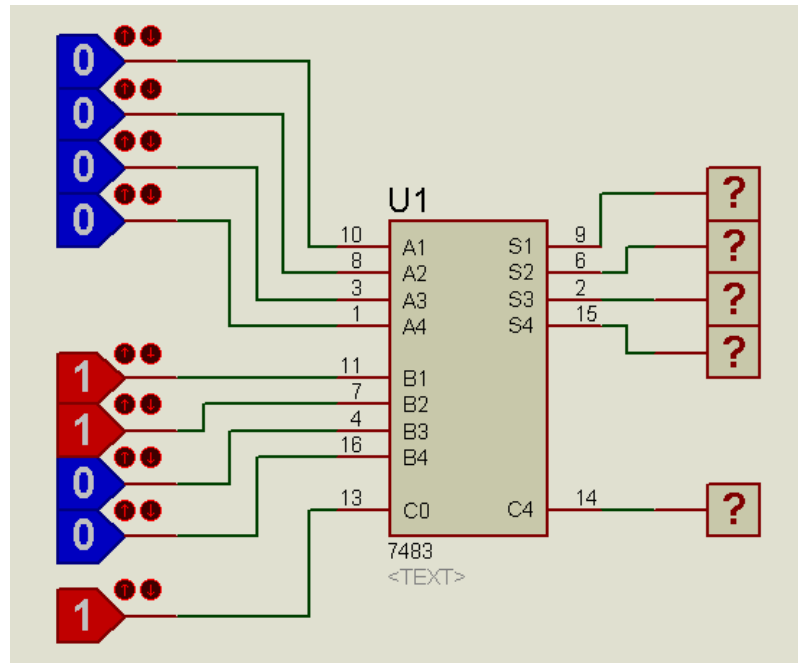


(ค) สัญลักษณ์

รูปที่ 4.9 วงจรบวกเลขแบบคิดตัวทดเข้า

วงจรบวกเลขแบบขนาน

วงจรบวกเลขแบบขนาน จัดทำเป็นวงจรบวกขนาด 4 บิต ในรูปของไอซีเบอร์ 7483 ภายในประกอบไปด้วยวงจรบวกเลขแบบไม่คิดตัวทด 1 วงจร และวงจรบวกเลขแบบคิดตัวทดเข้า 3 วงจร มีวงจรสำหรับจำลองการทำงานตามรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 วงจรบวกเลขแบบขนาน 4 บิต

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

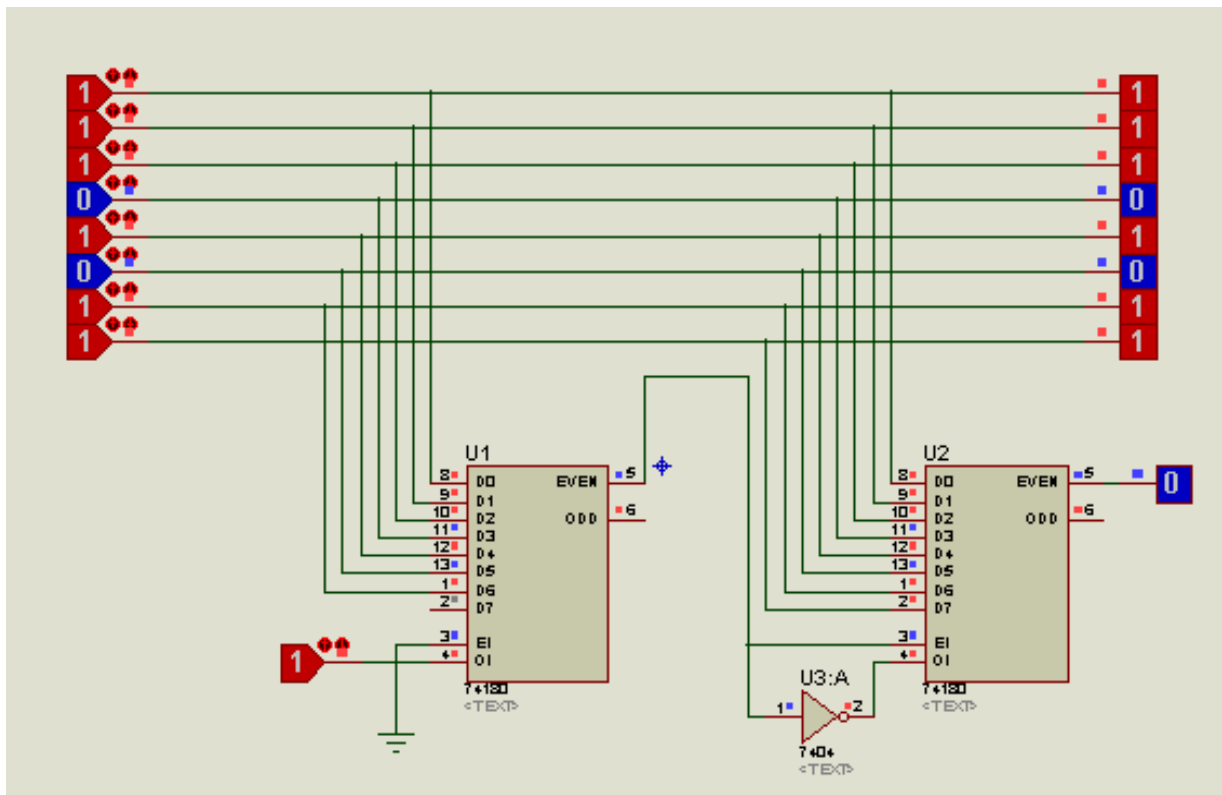
1. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.8
2. จำลองการทำงานของวงจร แล้วเปรียบเทียบกับตารางความจริงในรูปที่ 4.8
3. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.9
4. จำลองการทำงานของวงจรแล้วเปรียบเทียบกับตารางความจริงในรูปที่ 4.9
5. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.10
6. จำลองการทำงานของวงจร โดยสมมติค่าลอจิกที่อินพุตชุด A และชุด B จำนวน 3 แบบที่ไม่

เหมือนกัน

7. ตรวจสอบผลในข้อ 6 ว่าถูกต้องหรือไม่ โดยเปรียบเทียบกับการบวกเลขด้วยมือ
บันทึกผลการสังเกต

วงจรกำเนิดภาวะเสมอผลและการตรวจสอบ

การรับส่งข้อมูลในระบบดิจิทัลมีความแม่นยำและมีความเที่ยงตรง เพราะมีการตรวจสอบข้อผิดพลาด โดยนำข้อมูลที่จะส่งออกมาผ่านวงจรกำเนิดภาวะเสมอผลแล้วส่งสัญญาณร่วมกับข้อมูลเมื่อถึงปลายทางจะนำเอาสัญญาณภาวะเสมอผลมาเปรียบเทียบกับสัญญาณเสมอผลที่กำหนดขึ้นใหม่จากข้อมูลที่ปลายทาง ถ้าข้อมูลต้นทางกับปลายทางเหมือนกัน สัญญาณภาวะเสมอผลจะมีลอจิกเหมือนกัน
วงจรกำเนิดภาวะเสมอผลและการตรวจสอบ มีวงจรตามรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 วงจรกำเนิดภาวะเสมอผลและการตรวจสอบ

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.11
2. จำลองการทำงานของวงจร โดยทดลองป้อนลอจิกด้านอินพุตที่มีจำนวนบิตที่เป็นลอจิก 1 เป็นจำนวนคี่และจำนวนคู่ แล้วสังเกตว่าสัญญาณภาวะเสมอมูลเป็นลอจิกอย่างไรบ้าง
3. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

.....

.....

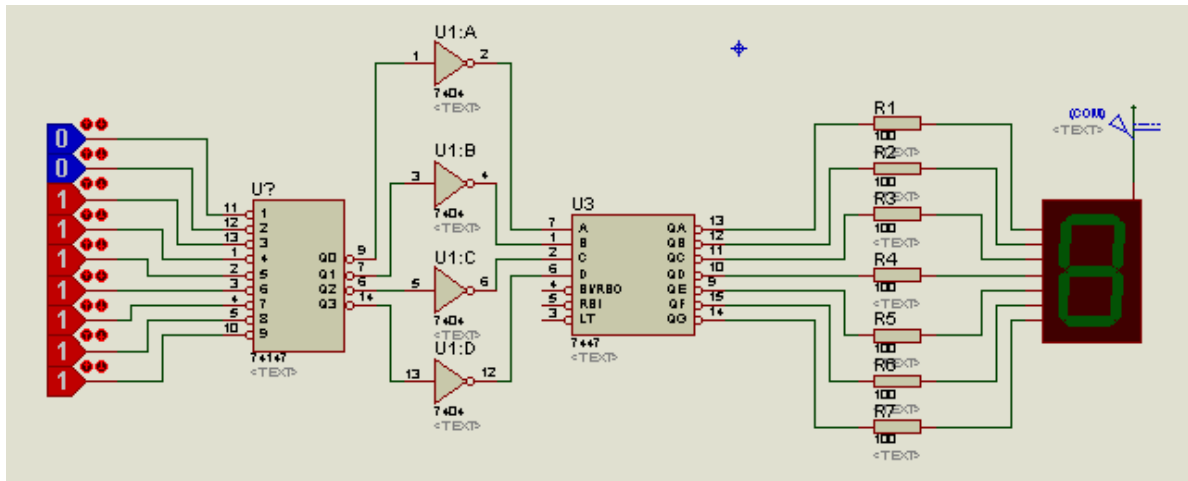
.....

วงจรประยุกต์ใช้งาน

จากวงจรลอจิกเชิงจัดหมู่ที่ได้กล่าวมาแล้ว สามารถนำมาต่อรวมกันเพื่อให้ทำงานตามฟังก์ชันที่ต้องการได้เป็นระบบดิจิทัล ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง วงจรเข้ารหัสและวงจรถอดรหัส ระบบเตือนผู้บุกรุกบ้าน และวงจรเปรียบเทียบควบคุมเครื่องถ่ายภาพเอกสาร

วงจรเข้ารหัสและวงจรถอดรหัส

วงจรเข้ารหัสใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างมนุษย์กับระบบดิจิทัล เช่น การแปลงเลขฐานสิบให้เป็นเลขฐานสอง เมื่อระบบดิจิทัลได้รับเลขฐานสองเข้าไปแล้วจะนำไปประมวลผลในรูปของเลขฐานสอง เมื่อต้องการส่งข้อมูลออกมาให้มนุษย์เข้าใจต้องแสดงออกเป็นเลขฐานสิบ จึงต้องใช้วงจรถอดรหัสในการแปลงเลขฐานสองให้เป็นเลขฐานสิบ โดยแสดงที่ตัวแสดงผล 7 ส่วน มีวงจรตามรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 วงจรเข้ารหัสและถอดรหัส

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.12
2. จำลองการทำงาน โดยการกดสวิตช์ที่อินพุตและดูผลที่เอาต์พุต
3. สังเกตการทำงานและบันทึกผล

บันทึกผลการสังเกต

.....

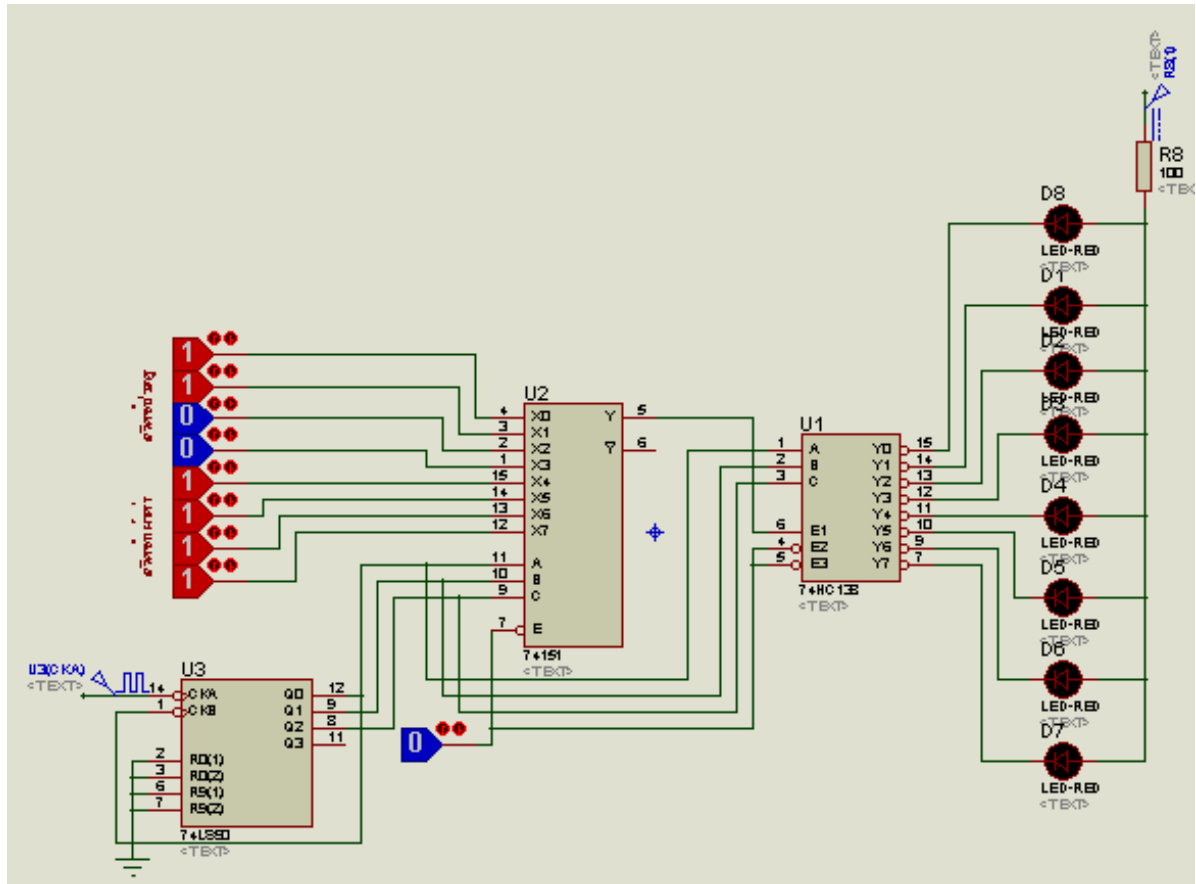
.....

.....

.....

ระบบเตือนผู้บุกรุกบ้าน

ระบบเตือนผู้บุกรุกบ้าน เป็นระบบเตือนให้เจ้าของบ้านทราบว่า มีประตูหรือหน้าต่างบานใดบ้าง ที่ลืมปิด หรือแจ้งให้ทราบว่า มีประตู หน้าต่างบานใดถูกงัดให้เปิดออก มีวงจรตามรูปที่ 4.13 ประกอบด้วยไอซีเบอร์ 74151 เป็นไอซีมัลติเพล็กซ์เซอร์ ไอซี 74138 เป็นไอซีดีมัลติเพล็กซ์เซอร์ ด้านอินพุตมีสวิตช์ 8 ตัว ทางด้านเอาต์พุตมีไดโอดเปล่งแสง 8 ตัว และมีวงจรรับ 0 – 7



รูปที่ 4.13 ระบบเตือนผู้บุกรุกบ้าน

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.13
2. จำลองการทำงานของวงจร โดยการกดสวิตช์ต่อวงจรแล้วสังเกตผลที่เอาต์พุต
3. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

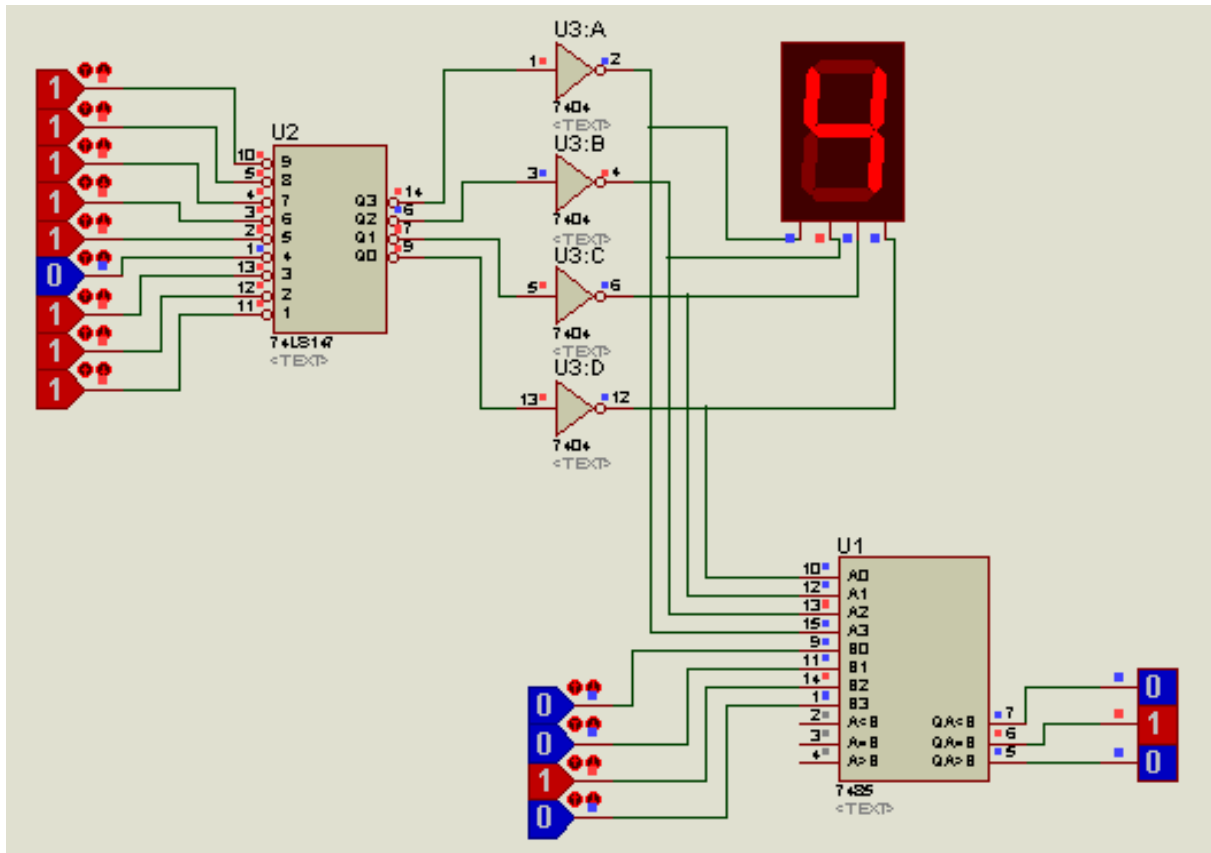
.....

.....

.....

ระบบควบคุมเครื่องถ่ายภาพเอกสาร

ระบบควบคุมเครื่องถ่ายภาพเอกสาร เป็นวงจรควบคุมการป้อนกระดาษเข้าเครื่องถ่ายภาพเอกสารตามจำนวนที่ตั้งไว้ เมื่อครบจำนวนที่ตั้งไว้วงจรจะควบคุมให้มอเตอร์หยุดทำงาน วงจรควบคุมเครื่องถ่ายภาพเอกสาร ประกอบด้วยวงจรเปรียบเทียบที่ใช้ไอซีเบอร์ 7485 ซึ่งเป็นไอซีเปรียบเทียบข้อมูลขนาด 4 บิต แสดงผลที่เอาต์พุตออกมาเป็นแบบใดแบบหนึ่ง คือ เท่ากับ มากกว่า หรือ น้อยกว่า มีวงจรตามรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 วงจรควบคุมเครื่องถ่ายภาพเอกสาร

ภาคปฏิบัติ

ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.14
2. จำลองการทำงานของวงจร โดยตั้งค่าไว้ที่ข้อมูลชุด A แล้วเพิ่มค่าข้อมูลที่ชุด B
3. สังเกตผลที่เอาต์พุต มอเตอร์จะหยุดหมุน เมื่อเอาต์พุตขาใดเป็นลอจิก 1
4. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

.....

.....

สรุป

ดิจิทัล 1 เป็นการทดสอบการทำงานของเกตพื้นฐานจำนวน 6 ตัว คือ นอตเกต แอนด์เกต ออร์เกต แนนด์เกต นอร์เกต และเอกซ์คลูซีฟออร์เกต เหมือนนำเกตหลายตัวมาต่อกันจะได้เป็นวงจรที่ทำงานตามฟังก์ชันที่ต้องการ ในบทนี้ได้กล่าวถึงวงจรเชิงจัดหมู่ ซึ่งเป็นวงจรที่ทำงานเมื่อมีการป้อนอินพุตจะทำให้ได้ผลที่เอาต์พุตออกมาทันที วงจรเชิงจัดหมู่ที่ได้จำลองการทำงานมีวงจรเข้ารหัส/ถอดรหัส วงจรมัลติเพล็กซ์/ดีมัลติเพล็กซ์ วงจรเปรียบเทียบ วงจรบวกเลขฐานสอง และวงจรกำเนิดสัญญาณภาวะเสมอ-มูล ในตอนท้ายของบทนี้เป็นการนำวงจรมาต่อรวมกันเพื่อให้ได้เป็นระบบที่ต้องการ คือ วงจรเข้ารหัส/ถอดรหัส วงจรเตือนผู้บุกรุกบ้าน และระบบควบคุมเครื่องถ่ายเอกสาร

คำถามท้ายบท

1. จงเปรียบเทียบการทำงานของวงจรต่อไปนี้
วงจรเข้ารหัส/วงจรถอดรหัส 1.2 วงจรมัลติเพล็กซ์/ดีมัลติเพล็กซ์
2. จงอธิบายการทำงานของวงจรต่อไปนี้
วงจรเปรียบเทียบ 2.2 วงจรบวกเลขฐานสอง ทั้ง 2 แบบ
3. จากระบบเตือนผู้บุกรุกบ้านในรูปที่ 4.13 ถ้าต้องการให้มีสัญญาณเสียงเตือนจะต้องเพิ่มวงจรในส่วนใด จงเขียนวงจรและจำลองการทำงาน
4. จากวงจรในรูปที่ 4.14 จะตั้งค่าการนับกระดาษที่ป้อนเข้าได้สูงสุดเท่าใด และถ้าต้องการให้มีสัญญาณเสียงเมื่อถ่ายเอกสารได้ครบตามจำนวน จะต้องเพิ่มวงจรในส่วนใด จงเขียนวงจรและจำลองการทำงาน

เอกสารอ้างอิง

สมชาย ชื่นวัฒนาประณีต. (2548). เอกสารคำสอนดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ 2. อุดรธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

บทที่ 5

วงจรดิจิทัล 2

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถและทักษะดังนี้

1. ใช้โปรแกรมโปรตูลูสจำลองการทำงานของวงจรเชิงลำดับได้ถูกต้อง
2. ใช้โปรแกรมโปรตูลูสจำลองการทำงานของระบบดิจิทัลที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง
3. อธิบายการทำงานของวงจรในข้อ 1-2 ได้ถูกต้อง

หัวข้อเรื่อง

วงจรเชิงลำดับ

ฟลิปฟล็อป

ชิพรีจิสเตอร์

วงจรมัลติ

วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกกับดิจิทัล

ตัวอย่างระบบดิจิทัล

ระบบการนับจำนวนผู้เข้า/ออก

เครื่องวัดความเร็วลม

วงจรควบคุมการหมุนของมอเตอร์ด้วยสวิทช์ตัวเดียว

วงจรควบคุมความเร็วพัดลมอัตโนมัติ

สรุป

คำถามท้ายบท

เอกสารอ้างอิง

บทที่ 5

วงจรดิจิทัล 2

บทนำ

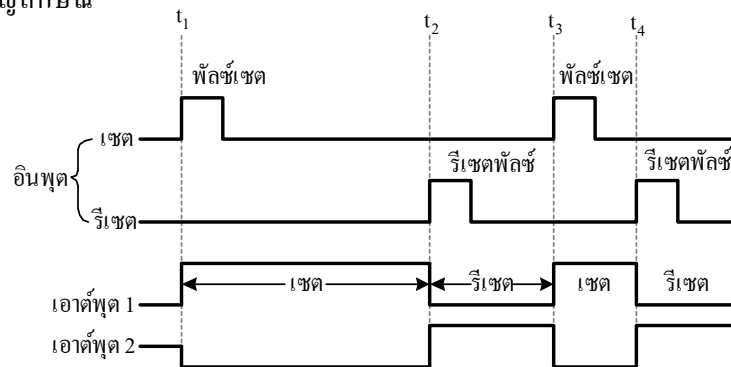
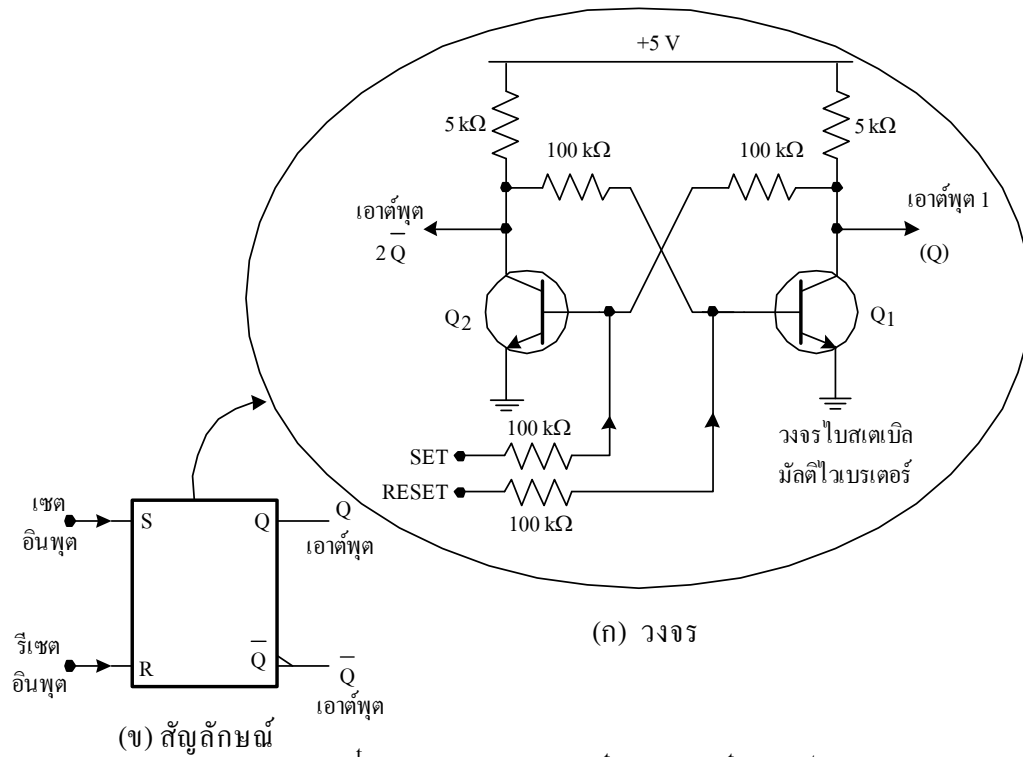
วงจรดิจิทัลแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ วงจรเชิงจัดหมู่ที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 และวงจรเชิงลำดับ เป็นวงจรที่ทำงานตามจังหวะสัญญาณนาฬิกา ในบทนี้จะได้กล่าวถึง ฟลิปฟลอป ชิฟริจิสเตอร์ วงจรนับ วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกกับสัญญาณดิจิทัล และตัวอย่างระบบดิจิทัล เช่น ระบบการนับจำนวนผู้เข้า/ออกและการควบคุมหลอดไฟฟ้า เครื่องวัดความเร็วลม วงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ด้วยสวิตช์ตัวเดียว และระบบควบคุมความเร็วพัดลมอัตโนมัติ

ฟลิปฟลอป

ฟลิปฟลอปเป็นอุปกรณ์ดิจิทัล ใช้เป็นหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลเลขฐานสอง วงจรฟลิปฟลอปพื้นฐานมี 3 ชนิด คือ เซต – รีเซต (S - R) ฟลิปฟลอป ฟลิปฟลอปแบบดี (Data-type Flip Flop) และเจ – เค ฟลิปฟลอป (J-K Flip Flop) ในหัวข้อนี้จะได้ศึกษาการทำงานของฟลิปฟลอปโดยการจำลองการทำงานบนโปรแกรมโปรติอุส

เซต – รีเซต ฟลิปฟลอป

เซต – รีเซต ฟลิปฟลอป เป็นฟลิปฟลอปที่ใช้ในการเริ่มการทำงานของระบบ การเซตเป็นการตั้งค่าเริ่มต้นในการทำงานของระบบดิจิทัล ส่วนการรีเซตเป็นการยกเลิกการทำงานของระบบเพื่อให้เริ่มการทำงานใหม่ เซต-รีเซต ฟลิปฟลอป ใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ต่อเป็นวงจรสวิตช์ มีวงจร สัญลักษณ์ แผนภูมิ แสดงเวลาและตารางการทำงาน ตามรูปที่ 5.1



(ง) ตารางการทำงาน

	S	R	Q	
เงื่อนไขไม่เปลี่ยนแปลง	0	0	Q	เอาต์พุตไม่เปลี่ยนแปลง(Q = Q)
เงื่อนไขรีเซต	0	1	0	เอาต์พุต Q รีเซต(Q = 0)
เงื่อนไขเซต	1	0	1	เอาต์พุต Q เซต(Q = 1)
เงื่อนไขไม่แน่นอน	1	1	RACE	เอาต์พุต Q ไม่แน่นอน
	อินพุต		เอาต์พุต	

รูปที่ 5.1 เซต-รีเซต ฟลิปฟลอป

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.1 (ก) ทราานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 ใช้เบอร์ 2N2222
2. จำลองการทำงานของวงจร โดยป้อนลอจิกทางอินพุต แล้วตรวจผลที่เอาต์พุตเปรียบเทียบกับตารางการทำงานในรูปที่ 5.1(ง)
3. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

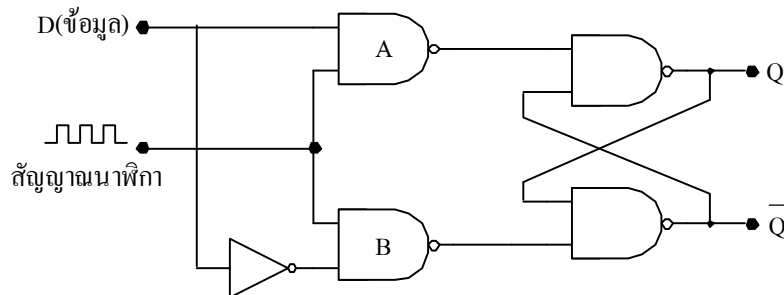
.....

.....

.....

ดีฟลิปฟล็อป

ดีฟลิปฟล็อป เป็นฟลิปฟล็อปที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล มีวงจรและตารางการทำงาน ตามรูปที่ 5.2 ด้านอินพุตมี 2 ขา คือ ขาข้อมูล (D) และขาสัญญาณนาฬิกา (CLK) ด้านเอาต์พุตมีขา Q และ $\bar{Q}$

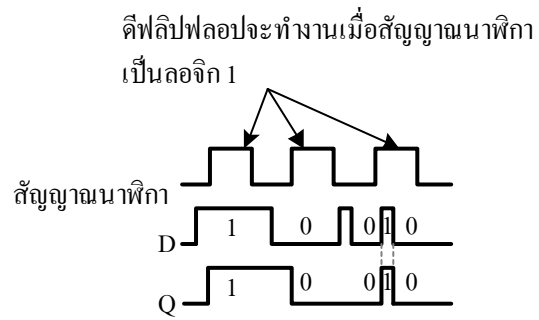


(ก) วงจร

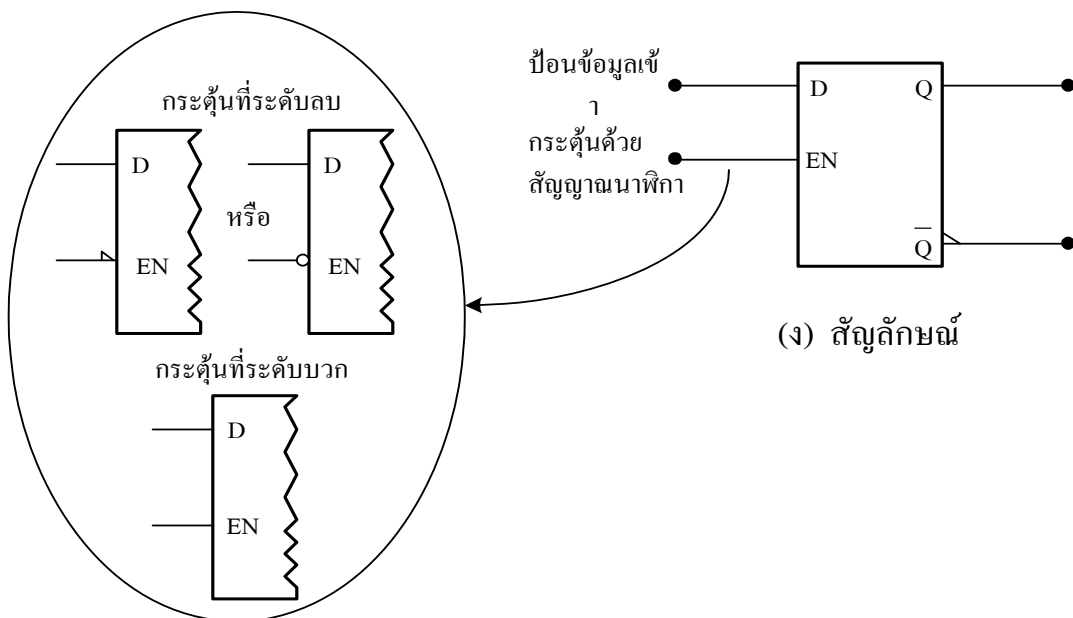
รูปที่ 5.2 ดีฟลิปฟล็อป

CLK	D	Q	
0	X	0	ไม่เปลี่ยนแปลง
1	0	0	รีเซต
1	1	1	เซต

(ข) ตารางการทำงาน



(ค) แผนภาพแสดงเวลา



รูปที่ 5.2 (ต่อ)

ดีฟลิปฟล็อปที่ใช้งานจริงจะอยู่ในรูปของไอซี คือ เบอร์ 7475 มีตารางการทำงาน และตำแหน่งขาตามรูปที่ 5.3

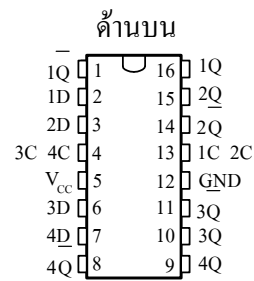
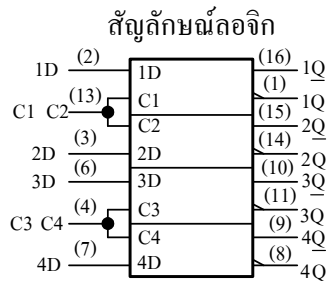
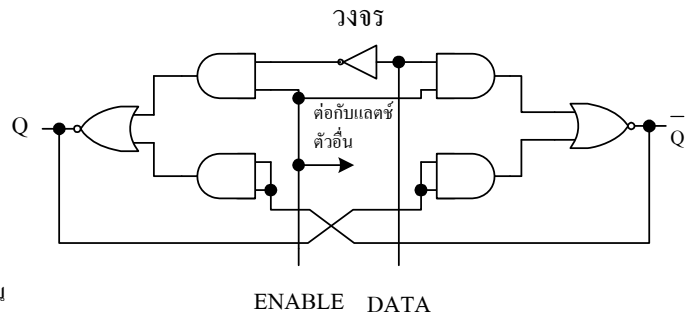
ไอซี : SN7475 ไบสเตเบิลแลตช์ 4 บิต

ตารางการทำงาน

อินพุต		เอาต์พุต		
D	C	Q	$\bar{Q}$	
L	H	L	H	รีเซต
H	H	H	L	เซต
X	L	Q_0	$\bar{Q}_0$	ไม่เปลี่ยน

H = ลอจิก 1 L = ลอจิก 0 X = ลอจิก 1 หรือลอจิก 0

Q_0 = ระดับลอจิกของ Q ก่อนสัญญาณที่ขา C
จะเปลี่ยนจากลอจิก 1 เป็นลอจิก 0



รูปที่ 5.3 ไอซีดีฟลิปฟล็อป 7475

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. ให้ต่อวงจรตามรูปที่ 5.3
2. จำลองการทำงานของวงจร โดยป้อนลอจิกด้านอินพุตตามตารางการทำงานในรูปที่ 5.3

แล้วสังเกตผลที่เอาต์พุต

3. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

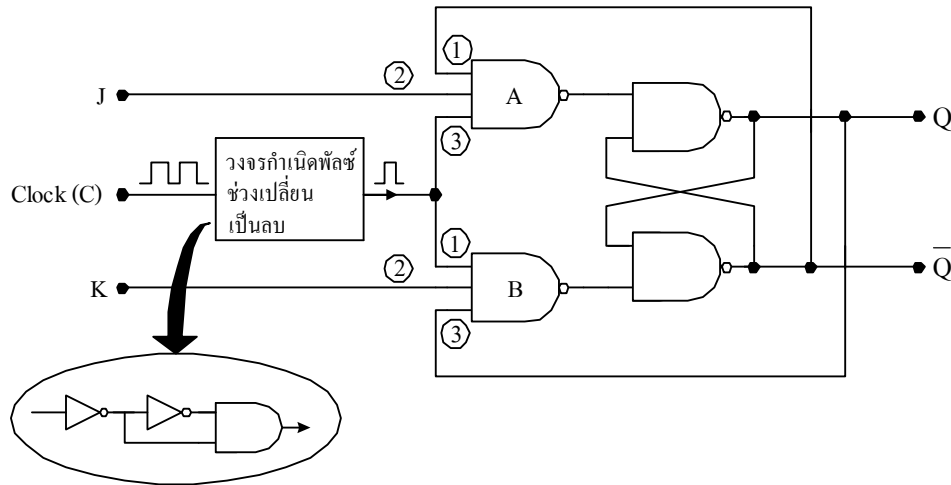
.....

.....

.....

เจ – เค ฟลิปฟลอป

เจ – เค ฟลิปฟลอป เป็นฟลิปฟลอปเอนกประสงค์ ทำงานได้ 4 โหมด คือ คงค่าข้อมูล (Hold) เซต (Set) รีเซต (Reset) และกลับค่าให้เป็นตรงข้าม (Toggle) เจ – เค ฟลิปฟลอป ประกอบด้วยแชนด์เกต 4 ตัว มีวงจร ตารางการทำงานและสัญลักษณ์ ตามรูปที่ 5.4

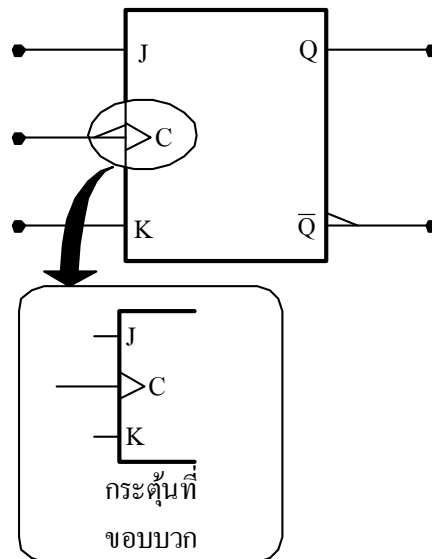


(ก) วงจร

(เซต) (รีเซต)

C	J	K	Q
0	X	X	Q - ไม่เปลี่ยน
1	X	X	Q - ไม่เปลี่ยน
1	X	X	Q - ไม่เปลี่ยน
1	0	0	Q - ไม่เปลี่ยน
1	0	1	0 - รีเซต
1	1	0	1 - เซต
1	1	1	$\bar{Q}$ - กลับค่า

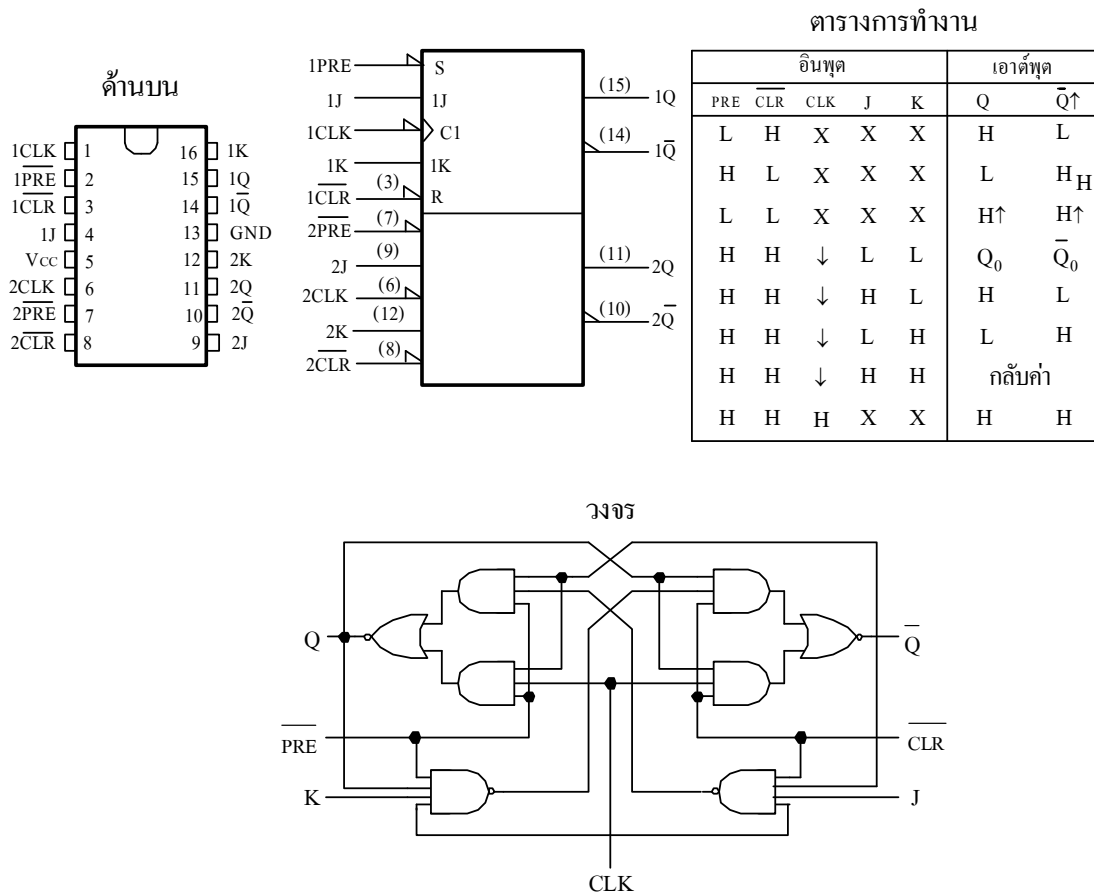
(ข) ตารางการทำงาน



(ค) สัญลักษณ์

รูปที่ 5.4 เจ – เค ฟลิปฟลอป

เจ – เค ฟลิปฟล็อป ที่จัดอยู่ในรูปของไอซี เช่น เบอร์ 7476 ภายในไอซี 1 ตัว มีเจ – เค ฟลิปฟล็อป 2 ตัว มีตำแหน่งขา ตารางการทำงาน และวงจร ตามรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 ไอซีเจ – เค ฟลิปฟล็อปเบอร์ 7476

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. ให้ต่อวงจรตามรูปที่ 5.5
2. จำลองการทำงานของวงจร โดยป้อนลอจิกด้านอินพุตตามตารางการทำงานในรูปที่ 5.5
3. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

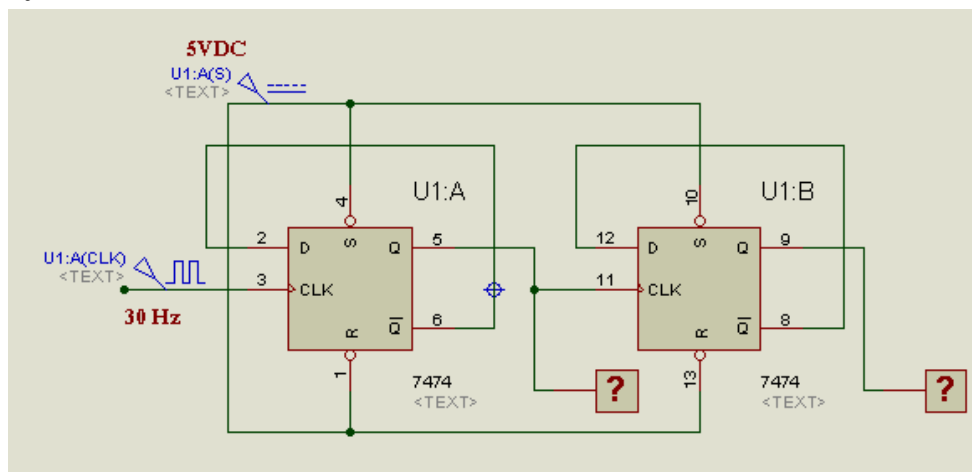
.....

.....

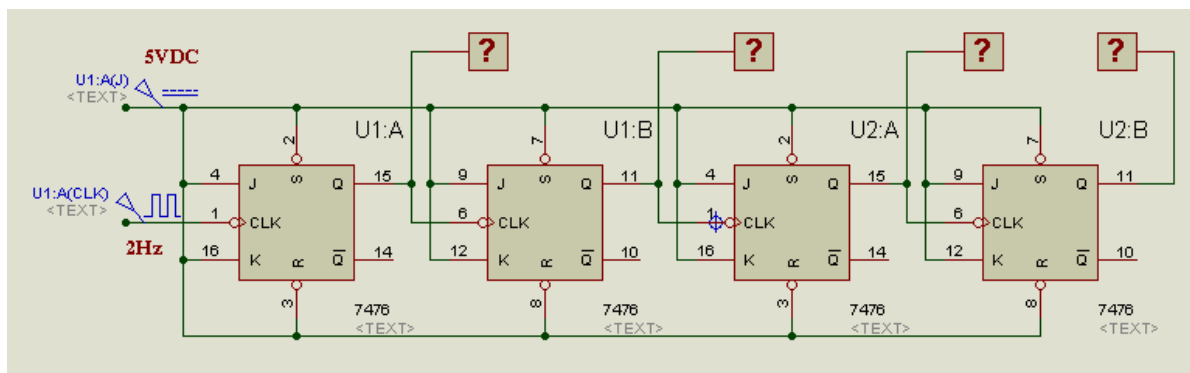
.....

การนำฟลิปฟล็อปมาต่อเป็นวงจร

ฟลิปฟล็อปที่กล่าวมาแล้วเมื่อนำมาต่อรวมกัน ทำให้ได้เป็นวงจรเชิงลำดับหลายแบบ เช่น วงจรหารความถี่ที่ใช้ดีฟลิปฟล็อป มีวงจรตามรูปที่ 5.6 และวงจรนับเลขฐานสอง 4 บิต โดยใช้เจ – เค ฟลิปฟล็อป มีวงจรตามรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.6 วงจรหารความถี่ที่ใช้ดีฟลิปฟล็อป



รูปที่ 5.7 วงจรนับเลขฐานสอง 4 บิต ใช้เจ – เค ฟลิปฟล็อป

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.6
2. จำลองการทำงานของวงจร และสังเกตการทำงาน
3. บันทึกผลการสังเกต
4. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.7
5. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 และข้อ 3

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

.....

วงจรนับเลขฐานสอง 4 บิต ใช้ เจ – เค ฟลิปฟล็อป

.....

.....

.....

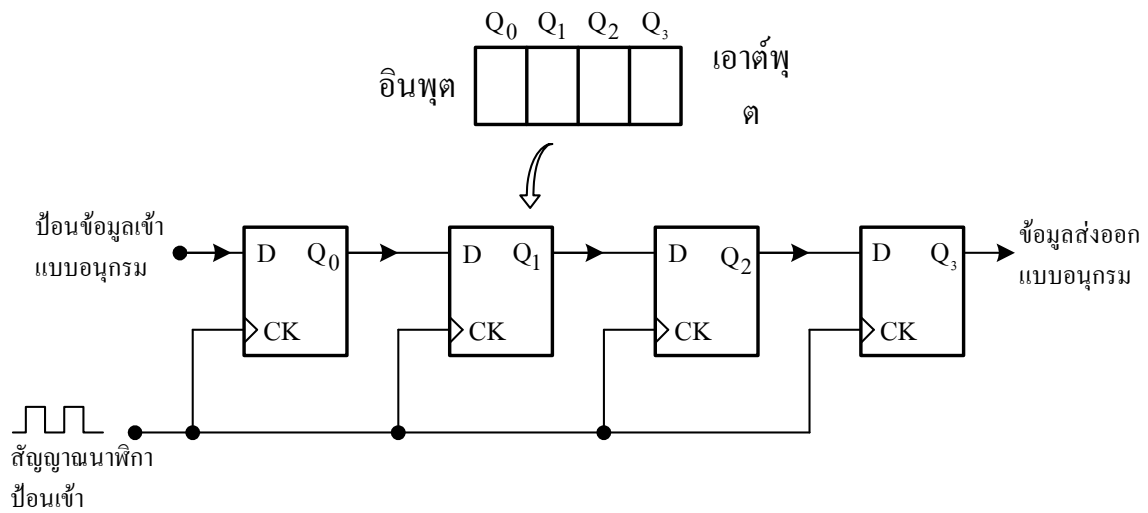
ชิฟรีจิสเตอร์ (Shift Register)

ชิฟรีจิสเตอร์ เป็นกลุ่มของรีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลโดยการเลื่อนข้อมูลทีละบิต ไปทางซ้ายหรือขวา ชิฟรีจิสเตอร์มี 3 แบบ คือ

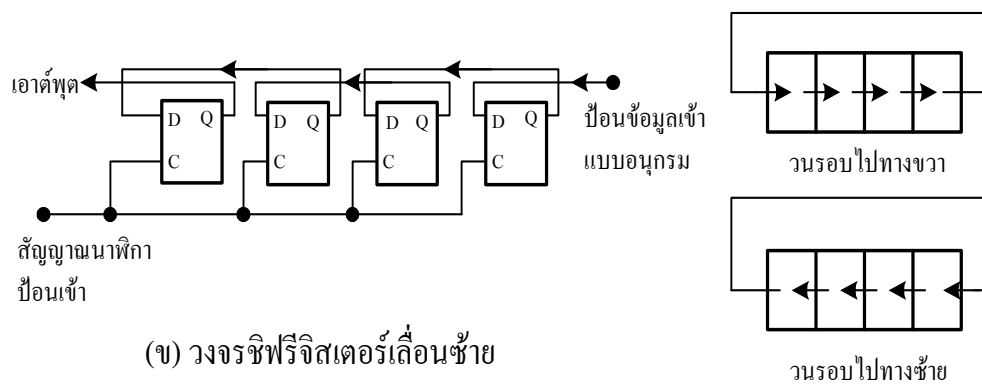
1. ป้อนข้อมูลเข้าและส่งออกแบบอนุกรม
2. ป้อนข้อมูลแบบอนุกรมและส่งออกแบบขนาน
3. ป้อนข้อมูลเข้าแบบขนานและส่งออกแบบอนุกรม

ชิฟรีจิสเตอร์ที่ป้อนเข้าและส่งออกแบบอนุกรม

ชิฟรีจิสเตอร์ที่ป้อนเข้าและส่งออกแบบอนุกรมมี 2 แบบ คือ ส่งข้อมูลเข้าด้านขวาและออกด้านซ้าย กับส่งข้อมูลเข้าด้านซ้ายและออกด้านขวา การเลื่อนข้อมูลจะถูกควบคุมด้วยสัญญาณนาฬิกา วงจรชิฟรีจิสเตอร์แบบนี้มีวงจรตามรูปที่ 5.8



(ก) วงจรชิฟรืจิสเตอร์เลื่อนขวา



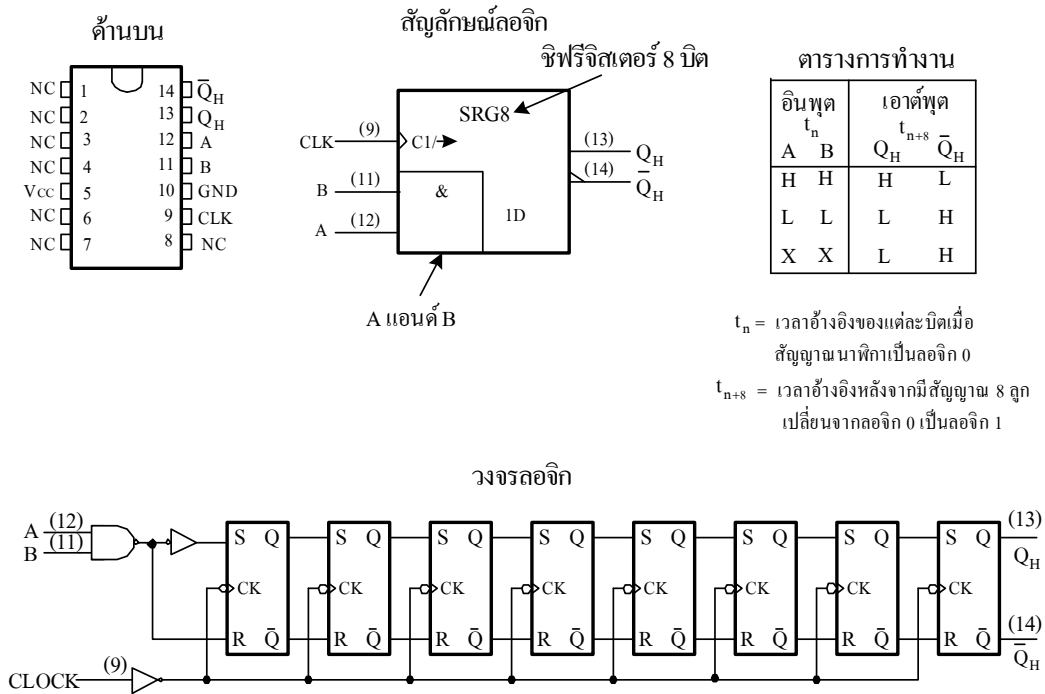
(ข) วงจรชิฟรืจิสเตอร์เลื่อนซ้าย

(ค) การวนรอบ

รูปที่ 5.8 ชิฟรืจิสเตอร์ที่ป้อนเข้าและส่งออกแบบอนุกรม

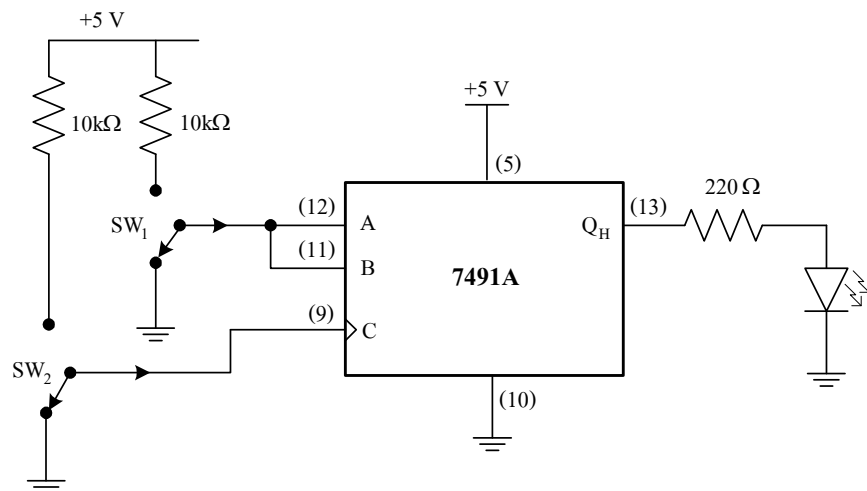
ชิฟรืจิสเตอร์ที่ป้อนเข้าและส่งออกแบบอนุกรมที่ใช้งานจริงจะจัดทำเป็นไอซีเบอร์ SN7491 มีแผ่นข้อมูลตามรูปที่ 5.9

ไอซี : SN7491- ชิฟรืจิสเตอร์ 8 บิต ป้อนข้อมูลเข้าและส่งออกแบบอนุกรม



รูปที่ 5.9 แผ่นข้อมูลไอซี SN7491

การทดสอบชิฟรืจิสเตอร์เบอร์ SN7491 มีวงจรตามรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 วงจรทดสอบชิฟรืจิสเตอร์ SN7491

ภาคปฏิบัติ

การทดสอบการทำงานของชิพรีจิสเตอร์เบอร์ SN7491 มีขั้นตอนดังนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.10
2. ต้องการเก็บข้อมูล 8 บิต เป็น 11001010 ไว้ในรีจิสเตอร์ เริ่มจากการป้อนลอจิก 0 โดยใช้ SW_1 เข้าที่บิตต่ำสุดแล้วป้อนสัญญาณนาฬิกาด้วย SW_2 ป้อนลอจิก 1 และสัญญาณนาฬิกา แล้วป้อนลอจิก 0 และสัญญาณนาฬิกา ทำเช่นเดียวกันนี้จนครบทั้ง 8 บิต

3. สังเกตผลข้อมูลที่เก็บไว้ 8 บิต โดยดูที่เอาต์พุต 13 การแสดงผลจะเริ่มที่บิตต่ำสุด แล้วบันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

.....

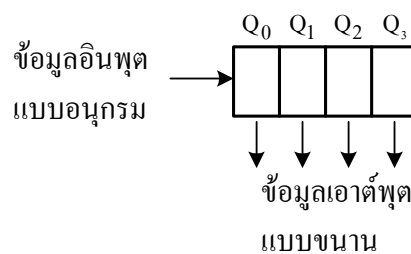
.....

.....

.....

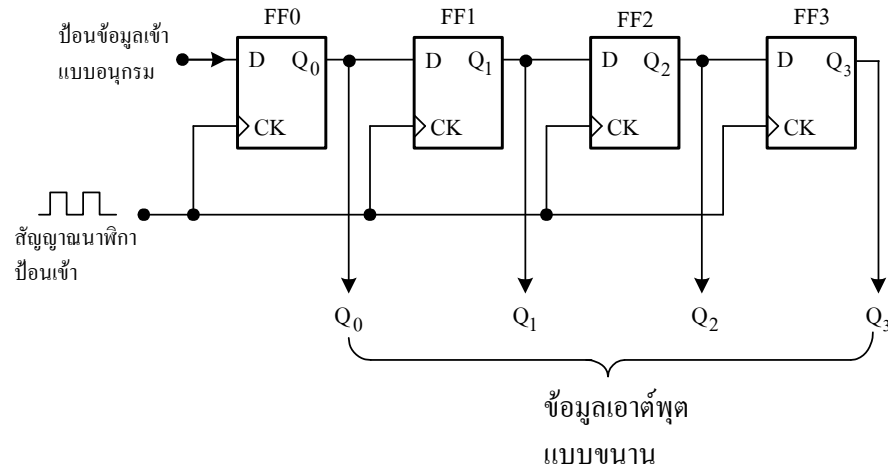
ชิพรีจิสเตอร์ป้อนข้อมูลเข้าแบบอนุกรมและส่งออกแบบขนาน

ชิพรีจิสเตอร์ป้อนข้อมูลเข้าแบบอนุกรมและส่งออกแบบขนาน ข้อมูลจะถูกป้อนเข้ารีจิสเตอร์แบบอนุกรมและส่งออกที่เอาต์พุตแบบขนาน มีวงจรตามรูปที่ 5.11



(ก) แผนภาพบล็อก

รูปที่ 5.11 ชิพรีจิสเตอร์ป้อนเข้าแบบอนุกรมส่งออกแบบขนาน

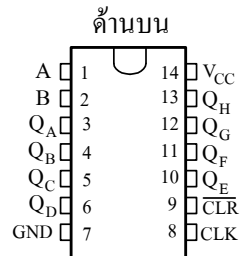


(ข) วงจร

รูปที่ 5.11 (ต่อ)

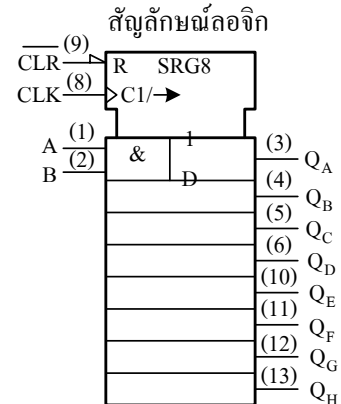
ไอซีชิฟริสเตอร์ป้อนข้อมูลเข้าแบบอนุกรมและส่งออกแบบขนาน เบอร์ SN74164 มีแผ่นข้อมูลตามรูปที่ 5.12

ไอซี : SN74164 - ชิฟริสเตอร์ 8 บิต ป้อนข้อมูลเข้าแบบอนุกรมและส่งออกแบบขนาน



ตารางการทำงาน

อินพุต		เอาต์พุต	
CLER	CLOC	A B	QA QB--- QH
L	X	X X	H L L
H	L	X X	QA0 QB0 QH0
H	↑	H H	H QAn QGn
H	↑	L X	L QAn QGn
H	↑	X L	L QAn QGn



H = ระดับลอจิก 1 L = ระดับลอจิก 0

X = ระดับลอจิก 1 หรือลอจิก 0

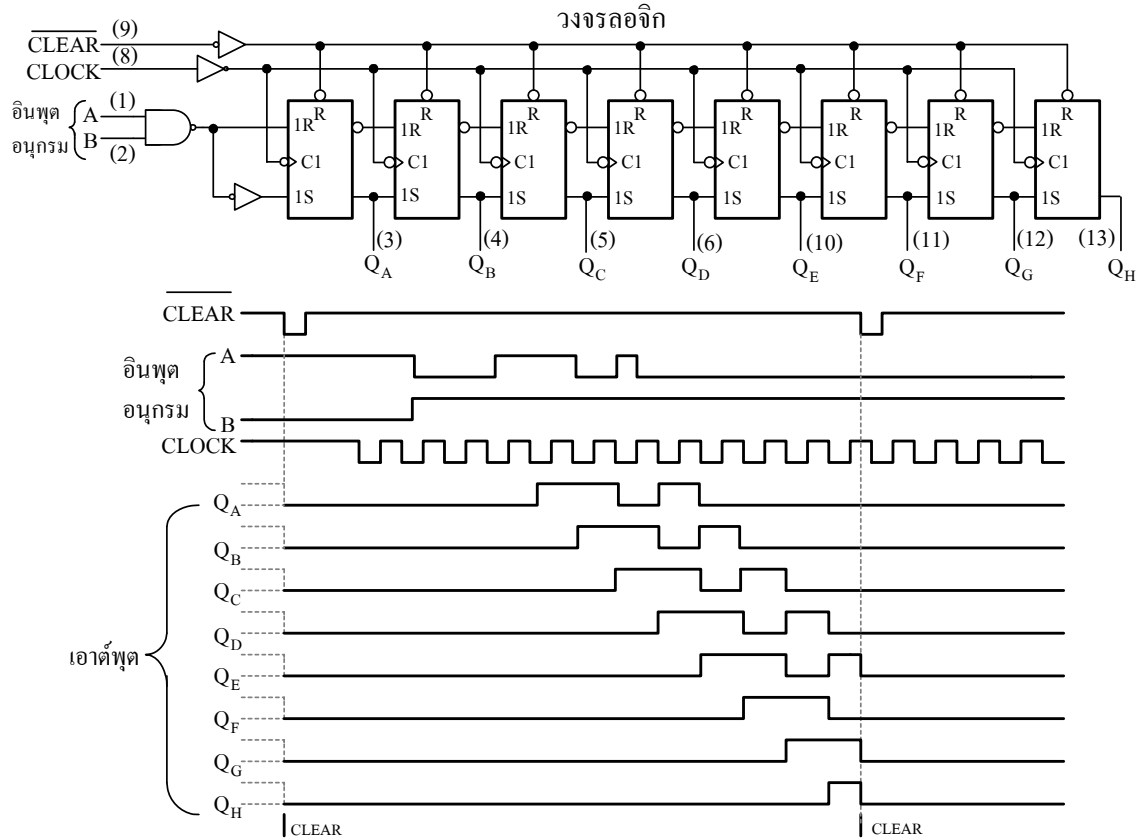
↑ = ช่วงการเปลี่ยนระดับลอจิก 0 เป็นลอจิก 1

$Q_{A0} Q_{B0} Q_{H0}$ = ระดับลอจิกของ $Q_A Q_B$ หรือ Q_H

ก่อนที่จะโอนไชนพุตจะอยู่ในสภาวะอยู่ตัว

$Q_{An} Q_{Gn}$ = ระดับลอจิกของ Q_A หรือ Q_G ก่อนที่สัญญาณนาฬิกาจะเปลี่ยน

รูปที่ 5.12 แผ่นข้อมูลไอซี SN74164



รูปที่ 5.12 (ต่อ)

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อยังตามรูปที่ 5.13
2. จำลองการทำงานของวงจร โดยป้อนข้อมูลเป็น 10101010
3. สังเกตผลที่เอาต์พุตของไอซี 74175

บันทึกผลการสังเกต

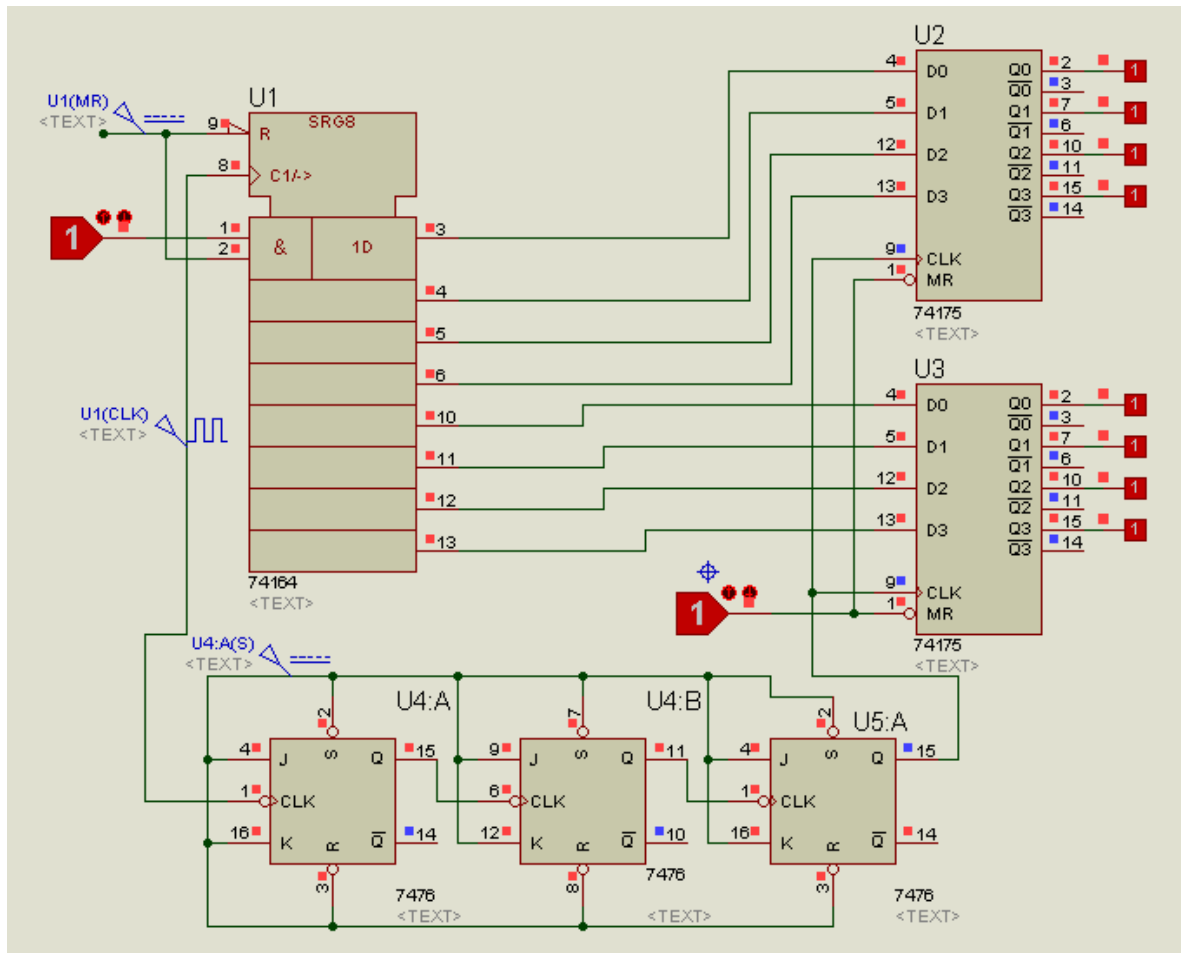
.....

.....

.....

.....

.....



รูปที่ 5.13 วงจรแปลงข้อมูลแบบอนุกรมเป็นแบบขนาน

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

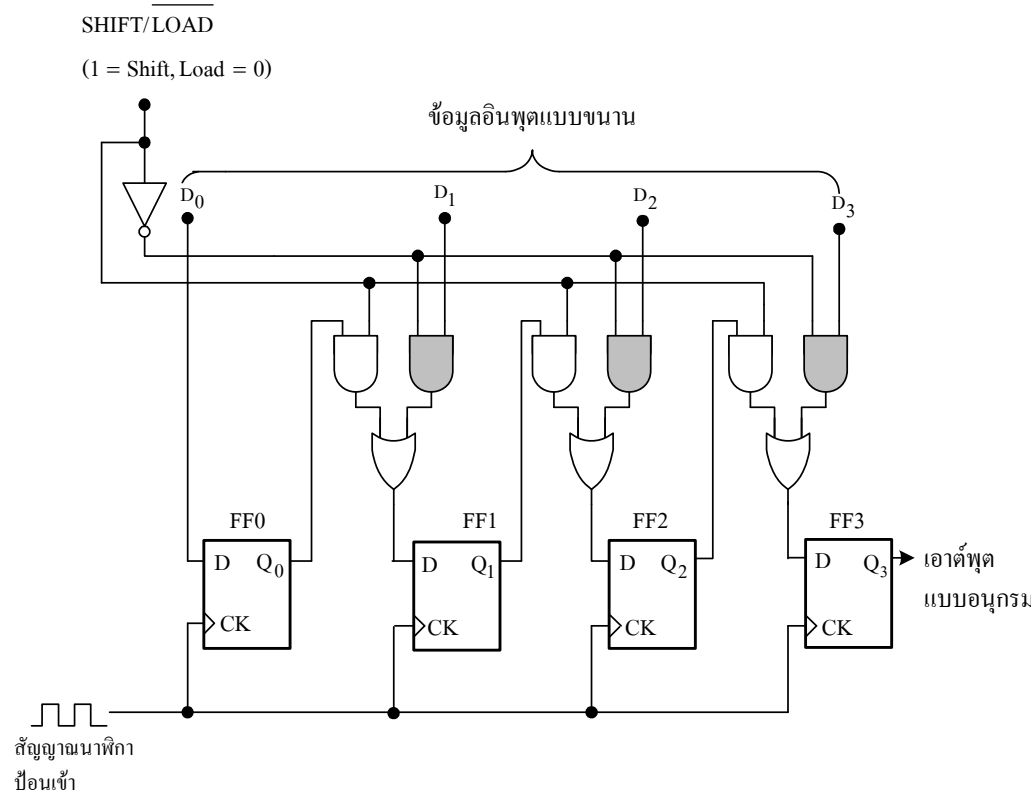
.....

.....

.....

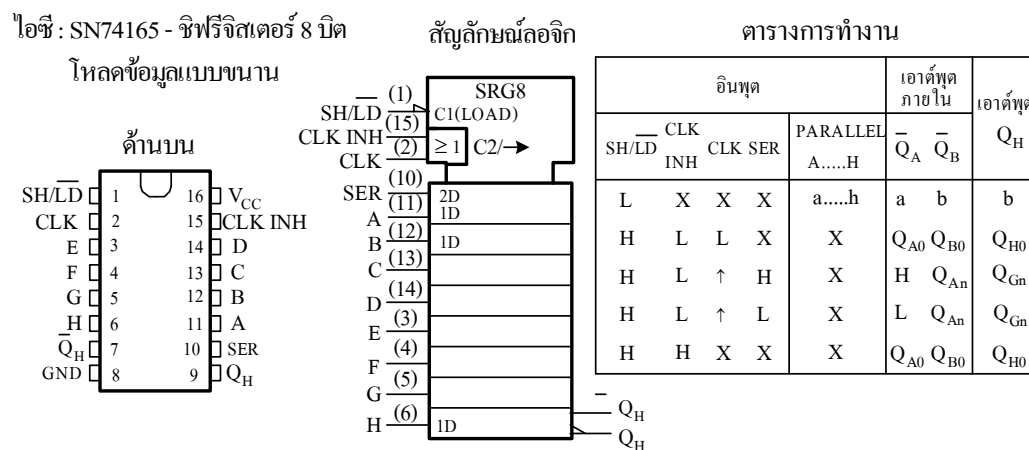
ชิพรีจิสเตอร์ที่ป้อนข้อมูลเข้าแบบขนานและส่งออกข้อมูลแบบอนุกรม

ชิพรีจิสเตอร์แบบนี้ป้อนข้อมูลเข้าพร้อมกันแบบขนานและมีการเลื่อนข้อมูลส่งออกแบบอนุกรมทีละบิต มีวงจรตามรูปที่ 5.14



รูปที่ 5.14 ชิฟริจิสเตอร์ที่ป้อนข้อมูลเข้าแบบขนานส่งออกแบบอนุกรม

ไอซีชิฟริจิสเตอร์ที่ป้อนข้อมูลเข้าแบบขนานส่งออกแบบอนุกรม เบอร์ SN74165 มีแผ่นข้อมูลตามรูปที่ 5.15

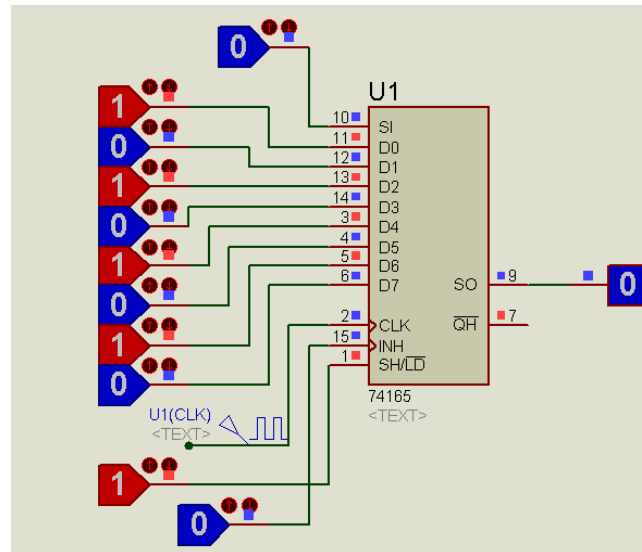


รูปที่ 5.15 แผ่นข้อมูลไอซีเบอร์ SN74165

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.16
2. จำลองการทำงานของวงจร โดยป้อนอินพุตตามค่าที่กำหนดในรูปที่ 5.16 เปลี่ยนลอจิกที่ขา SHIFT และ LOAD แล้วสังเกตผลการทำงาน
3. บันทึกผลการสังเกต



รูปที่ 5.16 วงจรแปลงข้อมูลแบบขนานเป็นแบบอนุกรม

บันทึกผลการสังเกต

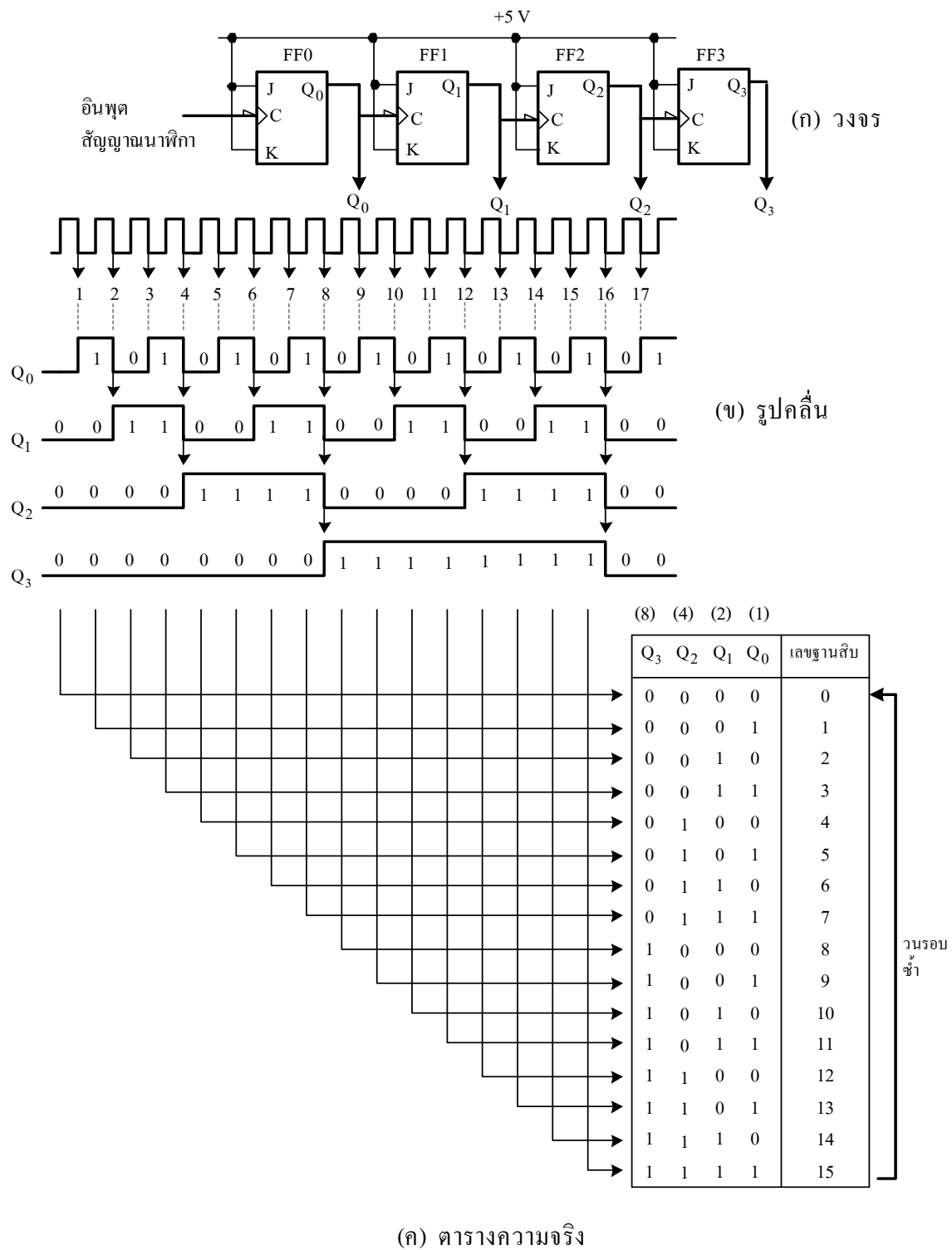
วงจรรนับ (Counter)

วงจรรนับ เป็นวงจรเชิงลำดับ ประกอบด้วยฟลิปฟล็อปหลายตัวต่อกัน ชิฟริสเตอร์ใช้เก็บข้อมูลเลขฐานสอง ส่วนวงจรรนับใช้เก็บเลขฐานสองที่แทนจำนวนพัลส์ของสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนเข้าทางอินพุต สัญญาณนาฬิกาทำให้ฟลิปฟล็อปมีการเปลี่ยนสถานะลอจิกที่เอาต์พุต ซึ่งบอกจำนวนพัลส์ของสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนเข้าวงจร วงจรรนับแบ่งเป็น 2 แบบ คือ วงจรรนับอะซิงโครนัสและวงจรรนับซิงโครนัส มีรายละเอียดดังนี้

วงจรรนับอะซิงโครนัส

วงจรรนับอะซิงโครนัสเป็นวงจรรนับที่ใช้เจ – เค ฟลิปฟล็อปมาต่อเรียงกัน โดยนำเอาต์พุตของ

ฟลิปฟล็อปตัวแรกต่อเข้าหาสัญญาณนาฬิกาของฟลิปฟล็อปตัวถัดไป วงจรนับแบบนี้มีทั้งแบบนับขึ้นและนับลง มีวงจรตามรูปที่ 5.17



รูปที่ 5.17 วงจรนับอะซิงโครนัสแบบนับขึ้น

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.17 (ก)
2. จำลองการทำงาน โดยป้อนสัญญาณนาฬิกาความถี่ 5 Hz
3. สังเกตผลการนับที่เอาต์พุต เปรียบเทียบกับค่าลอจิกในตารางการนับ รูปที่ 5.17 (ค)
4. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

.....

.....

5. จากวงจรในรูปที่ 5.17 (ก) ให้เปลี่ยนการต่อเอาต์พุตของฟลิปฟล็อปแต่ละตัว โดยให้ต่อ $\overline{Q}$ เข้าขา C ของฟลิปฟล็อปตัวถัดไป

6. จำลองการทำงาน แล้วสังเกตผลที่เอาต์พุต
7. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

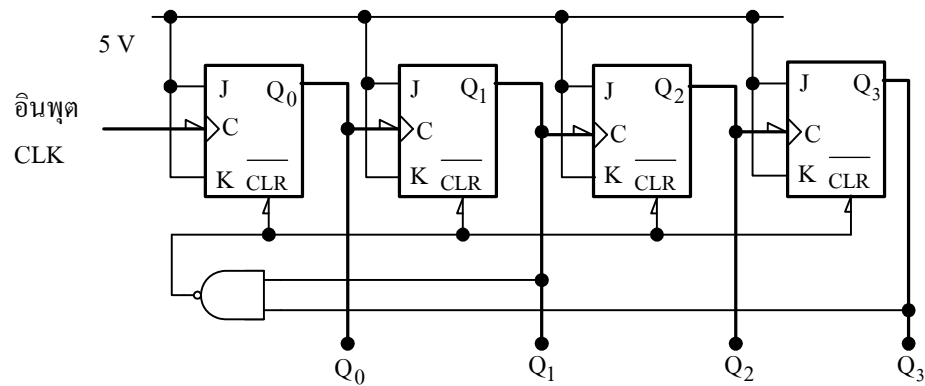
.....

.....

.....

วงจรมอนิเตอร์แบบนับขึ้นและนับลง

จากวงจรในรูปที่ 5.17 (ก) เป็นวงจรมอนิเตอร์แบบนับขึ้น และเมื่อเปลี่ยนการต่อวงจรจากเอาต์พุต Q ของฟลิปฟล็อปไปต่อกับขา C ของฟลิปฟล็อปตัวถัดไป เปลี่ยนเป็นเอาต์พุต $\overline{Q}$ ของฟลิปฟล็อปไปต่อเข้าขา C ของฟลิปฟล็อปตัวถัดไป ทำให้เป็นการนับลง เมื่อต้องการให้สามารถนับขึ้นและนับลงได้ โดยใช้ฟลิปฟล็อปชุดเดียวกัน ทำได้โดยเพิ่มวงจรแอนด์ – ออร์ 3 ชุดต่อเข้าขาควบคุม UP/DOWN ตามรูปที่ 5.18



รูปที่ 5.19 วงจรนับสิบอะซิงโครนัส

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.19
2. จำลองการทำงานของวงจร แล้วสังเกตผลการนับที่เอาต์พุต
3. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

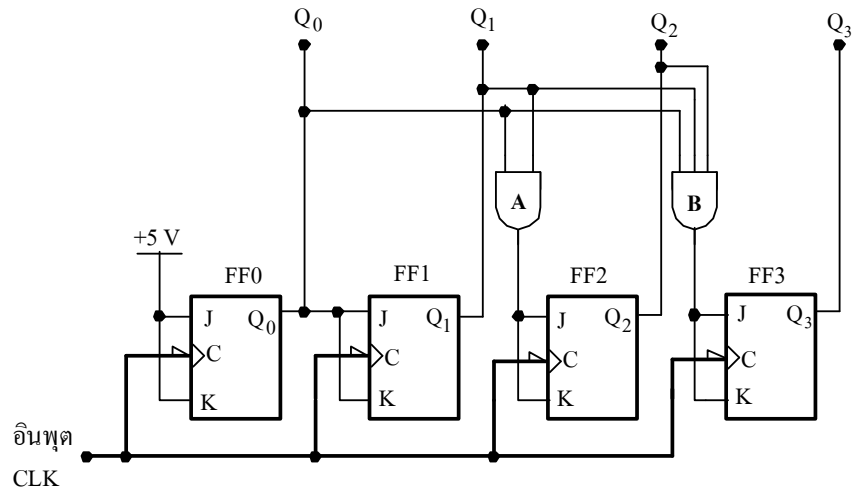
.....

.....

.....

วงจรมานับสิบอะซิงโครนัส

วงจรมานับสิบอะซิงโครนัส จะใช้เจ – เค ฟลิปฟล็อปมาต่อรวมกัน โดยต่อสัญญาณนาฬิกาเข้ากระตุ้น
 เจ – เค ฟลิปฟล็อปทุกตัวพร้อมกัน เพื่อให้สามารถทำการนับได้เร็วขึ้น มีวงจรตามรูปที่ 5.20



(ก) วงจร

Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀	เลขฐานสิบ
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	10
1	0	1	1	11
1	1	0	0	12
1	1	0	1	13
1	1	1	0	14
1	1	1	1	15

วนรอบซ้ำ

(ข) ตารางการนับ

รูปที่ 5.20 การนับไบนารีเชิงโครนัสแบบนับขึ้น

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.20 (ก)
2. จำลองการทำงานของวงจร ให้ตั้งความถี่สัญญาณนาฬิกาไว้ที่ 5 Hz แล้วสังเกตที่เอาต์พุตว่าได้ผลตามตารางการนับรูปที่ 5.20 (ข) หรือไม่

3. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

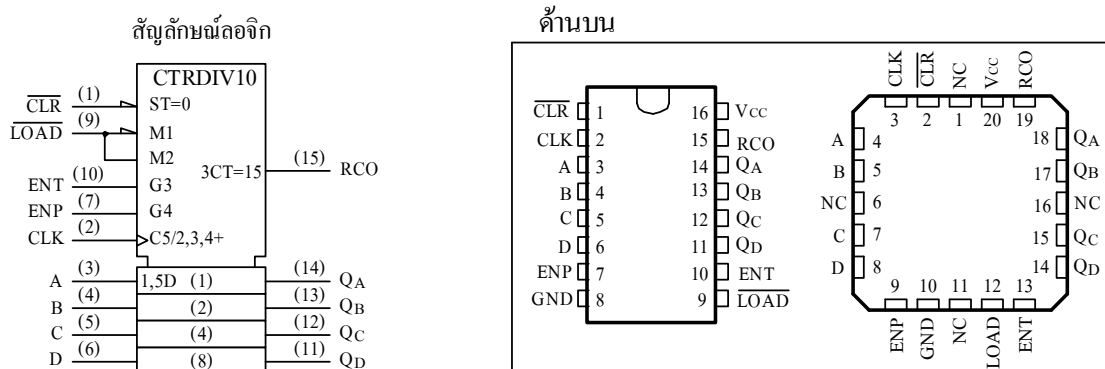
.....

.....

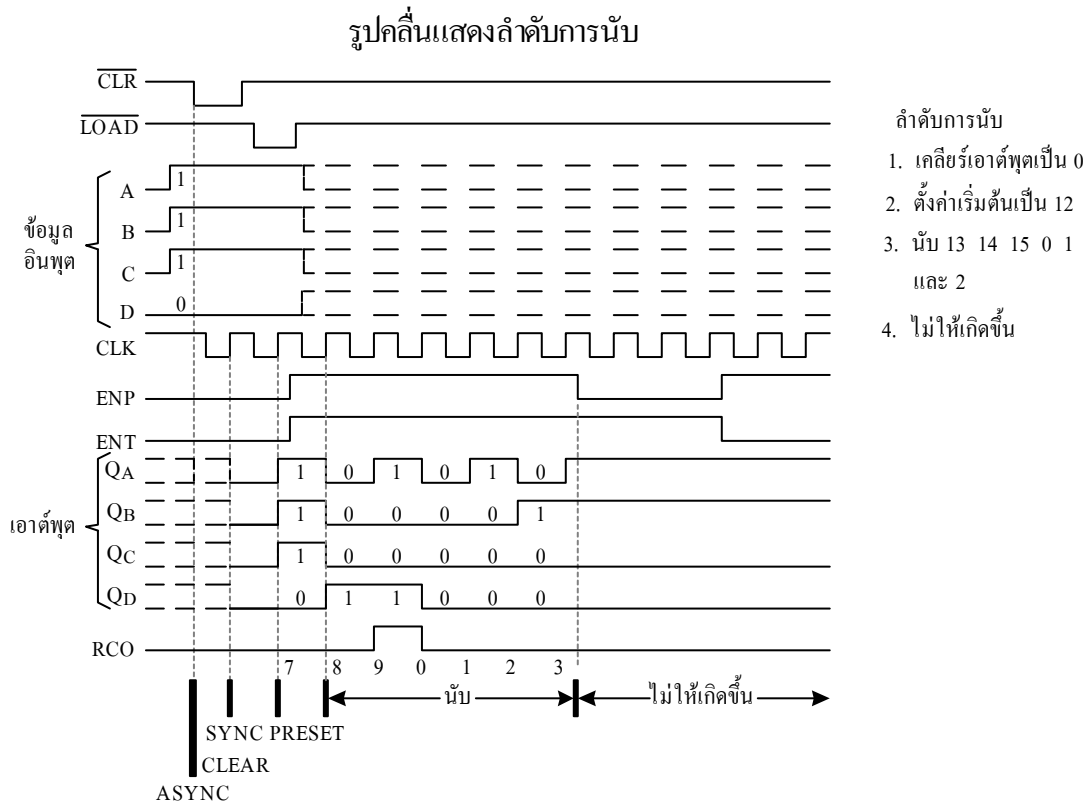
.....

วงนับสิบแบบซิงโครนัส

วงจรรับสิบแบบซิงโครนัส มีลักษณะการทำงานคล้ายกับวงจรรับแบบอะซิงโครนัส ให้เอาต์พุตบิชีดีเป็น 0000 ถึง 1001 (0 – 9) วงจรรับสิบใช้เชื่อมต่อกับระบบดิจิทัลเพื่อแปลงข้อมูลเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบที่มนุษย์เข้าใจ วงจรรับสิบแบบซิงโครนัสจัดทำเป็นไอซีเบอร์ SN74LS160A มีแผ่นข้อมูลไอซีตามรูปที่ 5.21



รูปที่ 5.21 แผ่นข้อมูลไอซี SN74LS160A



รูปที่ 5.21 (ต่อ)

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.22
2. จำลองการทำงานของวงจร โดยตั้งค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาไว้ที่ 10 Hz และป้อนลอจิก 1

เข้าที่ขา $\overline{\text{CLR}}$

3. สังเกตค่าการนับและบันทึกผล

บันทึกผลการสังเกต

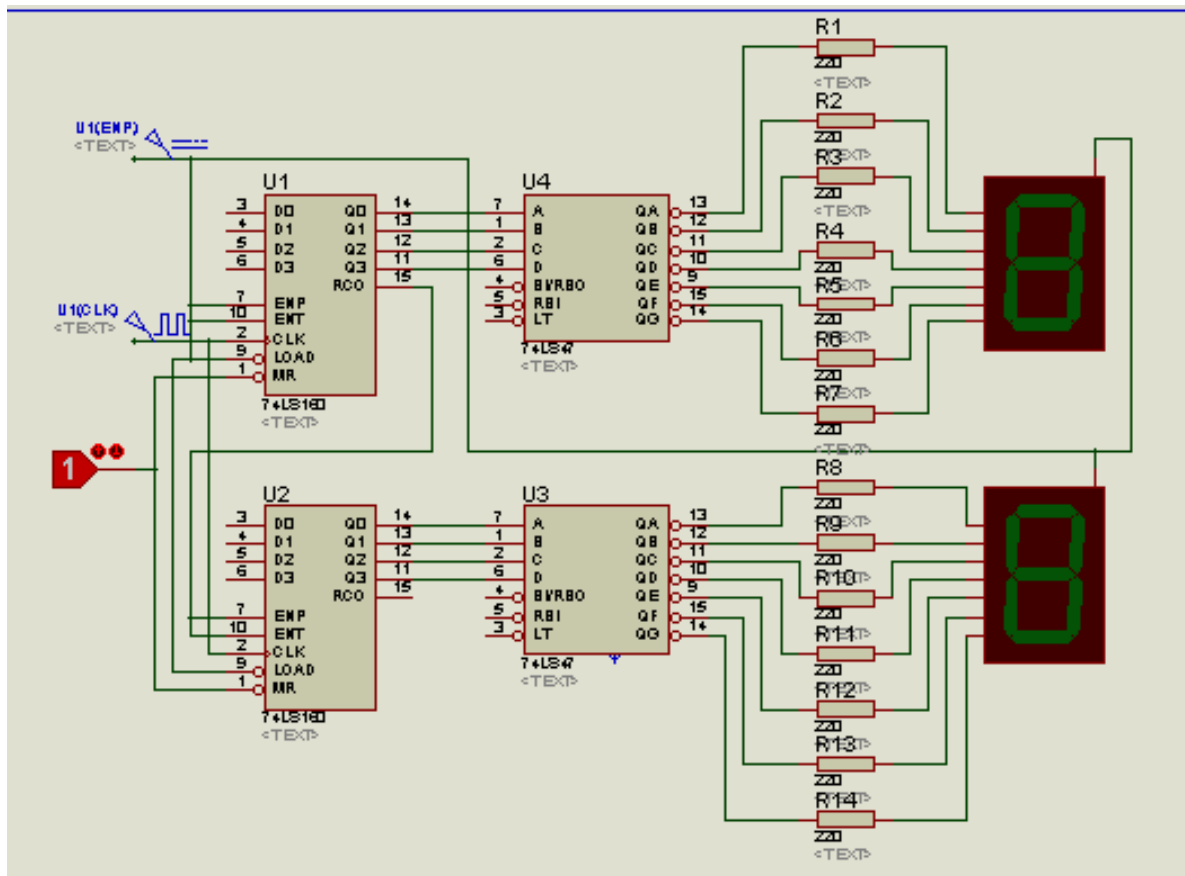
.....

.....

.....

.....

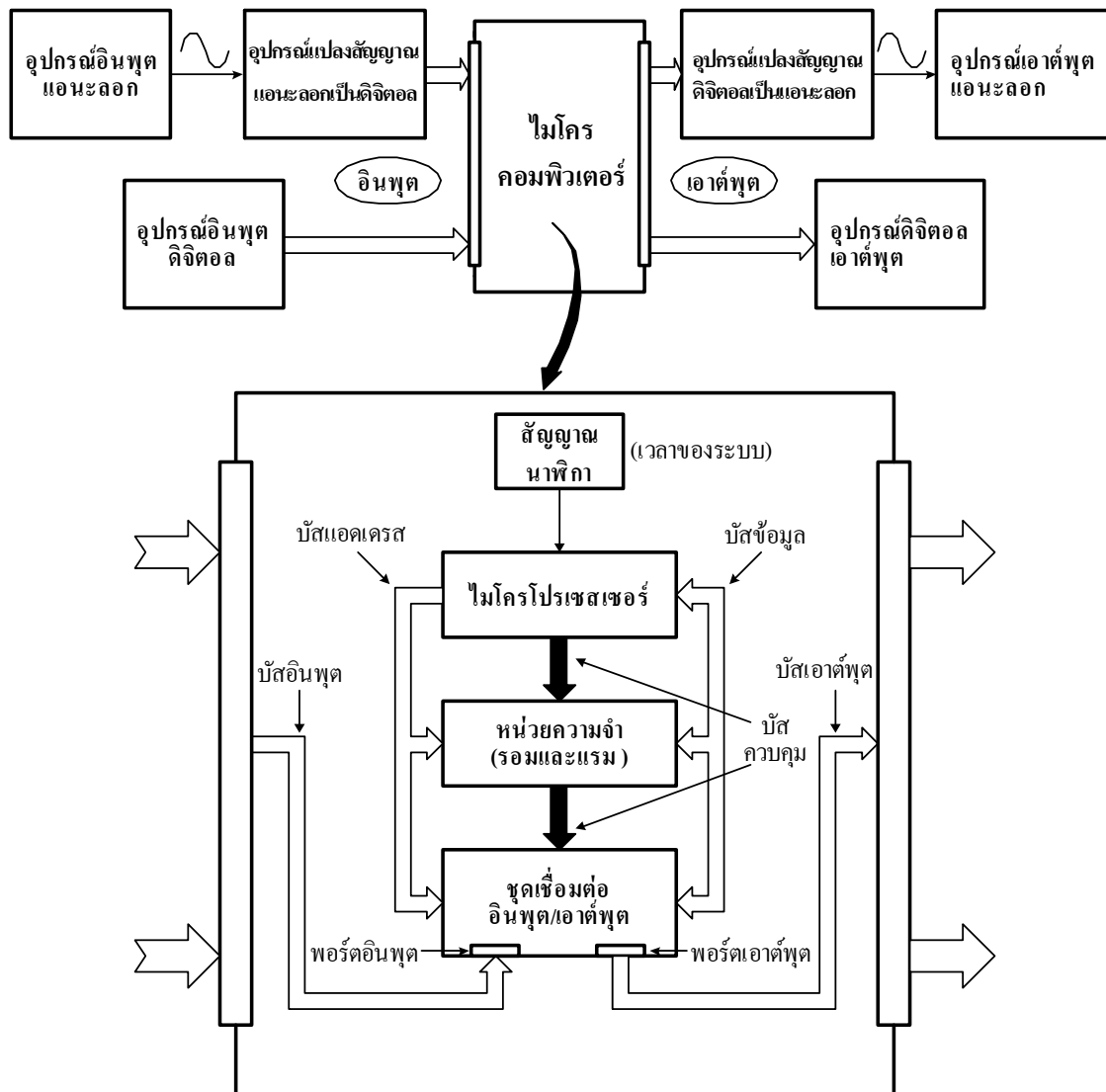
.....



รูปที่ 5.22 วงจรนับ 0 – 99

วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกกับดิจิทัล

สัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณแรงดันที่ใช้แทนปริมาณทางฟิสิกส์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อต้องการนำปริมาณแอนะล็อกไปทำการประมวลผลด้วยระบบดิจิทัลต้องมีการแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณดิจิทัล และเมื่อต้องการให้สัญญาณดิจิทัลสามารถไปควบคุมอุปกรณ์แอนะล็อกได้ต้องใช้ตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก มีแผนภาพบล็อกตามรูปที่ 5.23



รูปที่ 5.23 การต่ออุปกรณ์แอนะล็อกและอุปกรณ์ดิจิทัลเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์

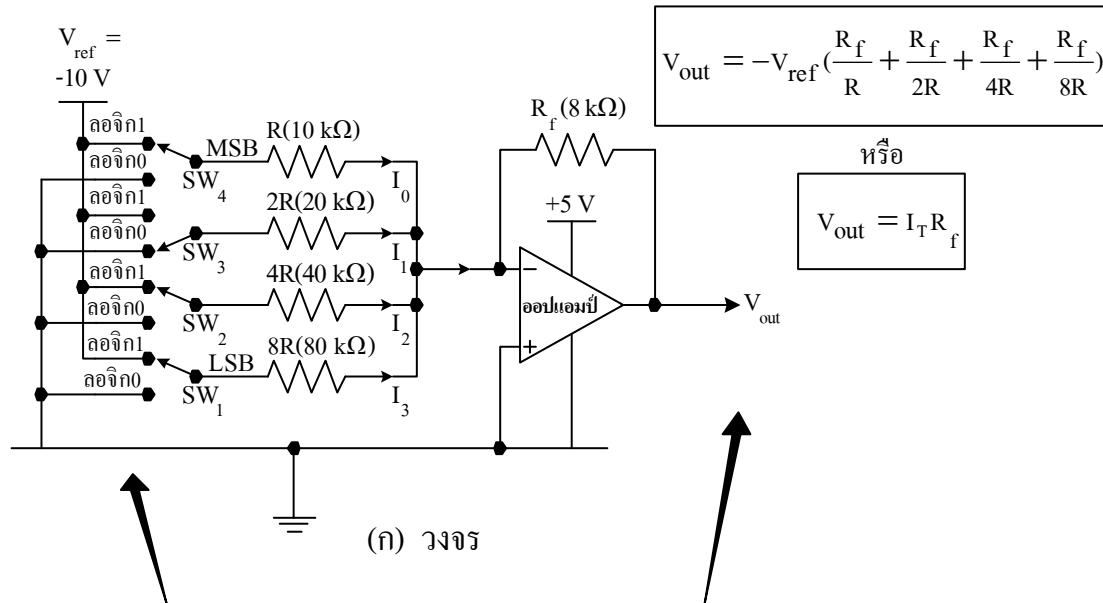
จากรูปที่ 5.23 เป็นแผนภาพบล็อกของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ อินพุต ไมโครคอมพิวเตอร์ และเอาต์พุต จะเห็นได้ว่าด้านอินพุต ถ้ามีอุปกรณ์แอนะล็อกต่ออยู่ จะส่งสัญญาณเข้า ไมโครคอมพิวเตอร์โดยตรงไม่ได้ ต้องผ่านอุปกรณ์แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter : ADC) ส่วนด้านเอาต์พุต สัญญาณดิจิทัลที่ส่งออกจากไมโครคอมพิวเตอร์ จะต่อกับ อุปกรณ์แปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก (Digital to Analog Converter : DAC) แล้วจึงต่อเข้าอุปกรณ์แอนะล็อก

วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก

วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก มี 3 แบบ คือ วงจรเอ็ดจ์ที่กำหนดค่าน้ำหนักด้วยตัวต้านทาน วงจรดีเอซีแบบโครงข่าย R/2R และดีเอซีที่เป็นไอซี

วงจรดีเอซีที่กำหนดค่าน้ำหนักด้วยตัวต้านทาน

วงจรดีเอซีที่กำหนดค่าน้ำหนักด้วยตัวต้านทานตามรูปที่ 5.24 มีอินพุตดิจิทัล 4 บิต ที่ใช้สวิตช์อินพุต (SW₁ – SW₄) การตั้งค่าที่สวิตช์ทำให้ได้แรงดันแอนะล็อกที่เอาต์พุต ตามค่าในตารางรูปที่ 5.24 (ข)



รหัสอินพุตดิจิทัล				แรงดันเอาต์พุตแอนะล็อก
SW ₄	SW ₃	SW ₂	SW ₁	
0	0	0	0	0 V
0	0	0	1	1 V
0	1	1	0	2 V
0	1	1	1	3 V
0	0	0	0	4 V
0	0	0	1	5 V
0	1	1	0	6 V
0	1	1	1	7 V
1	0	0	0	8 V
1	0	0	1	9 V
1	0	1	0	10V
1	0	1	1	11V
1	1	0	0	12V
1	1	0	1	13V
1	1	1	0	14V
1	1	1	1	15V

(ข) ตารางการแปลงค่า

รูปที่ 5.24 ดีเอซีแบบกำหนดค่าน้ำหนักด้วยตัวต้านทาน

ภาคปฏิบัติ

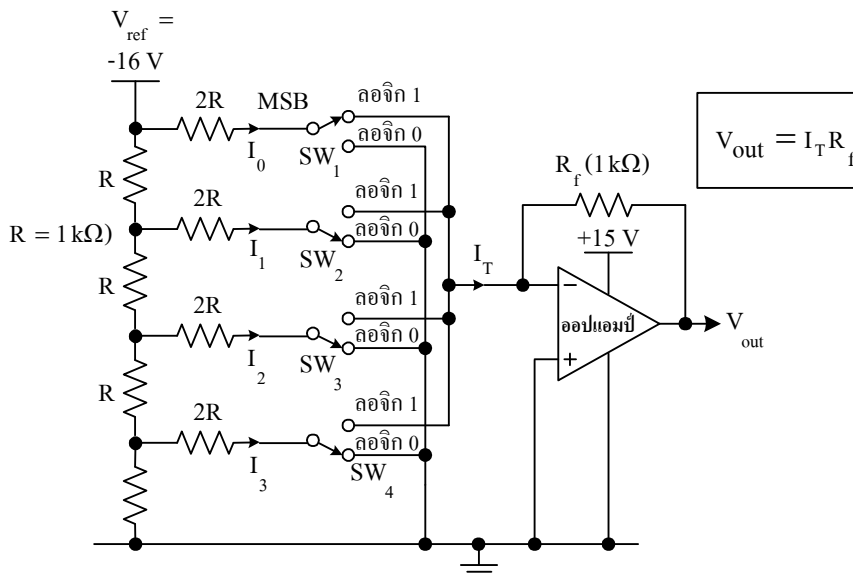
ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อดังตามรูปที่ 5.24 (ก)
2. จำลองการทำงานของวงจร โดยป้อนข้อมูลที่อินพุตและวัดแรงดันเอาต์พุต เปรียบกับตารางการแปลงค่า ในรูปที่ 5.24 (ข)
3. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

วงจรดีเอซีแบบโครงข่าย R/2R

วงจรดีเอซีแบบกำหนดค่านำหนักด้วยตัวต้านทาน มีข้อจำกัดเมื่อด้านอินพุตมีจำนวนบิตมาก จะทำให้วงจรมีความซับซ้อน เช่น อินพุต 8 บิต จะต้องใช้ตัวต้านทาน 8 ตัว นอกจากนี้ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานบิตต่ำสุดที่มีค่ามากทำให้มีกระแสไหลผ่านได้น้อย ทำให้มีสัญญาณรบกวนเข้ามาแทรกได้ง่าย ส่วนตัวต้านทานบิตสูงสุดที่มีค่าน้อย จะทำให้มีกระแสไหลจำนวนมาก ทำให้อุณหภูมิที่ไหลเปลี่ยนแปลงไป จากข้อจำกัดดังกล่าวจึงได้มีการต่อดังวงจรดีเอซีแบบโครงข่าย R/2R มีวงจรตามรูปที่ 5.25 ค่า R ที่ต่อเป็นโครงข่ายเพียง 2 ค่า



(ก) วงจร

อินพุต					V _{out}
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1 V
0	0	0	0	2	2 V
0	0	0	0	3	3 V
0	0	0	0	4	4 V
0	0	0	0	5	5 V
0	0	0	0	6	6 V
0	0	0	0	7	7 V
1	1	1	1	8	8 V
1	1	1	1	9	9 V
1	1	1	1	10	10 V
1	1	1	1	11	11 V
1	1	1	1	12	12 V
1	1	1	1	13	13 V
1	1	1	1	14	14 V
1	1	1	1	15	15 V

(ข) ตารางแปลงค่า

รูปที่ 5.25 วงจรดีเอซีแบบโครงข่าย R/2R

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

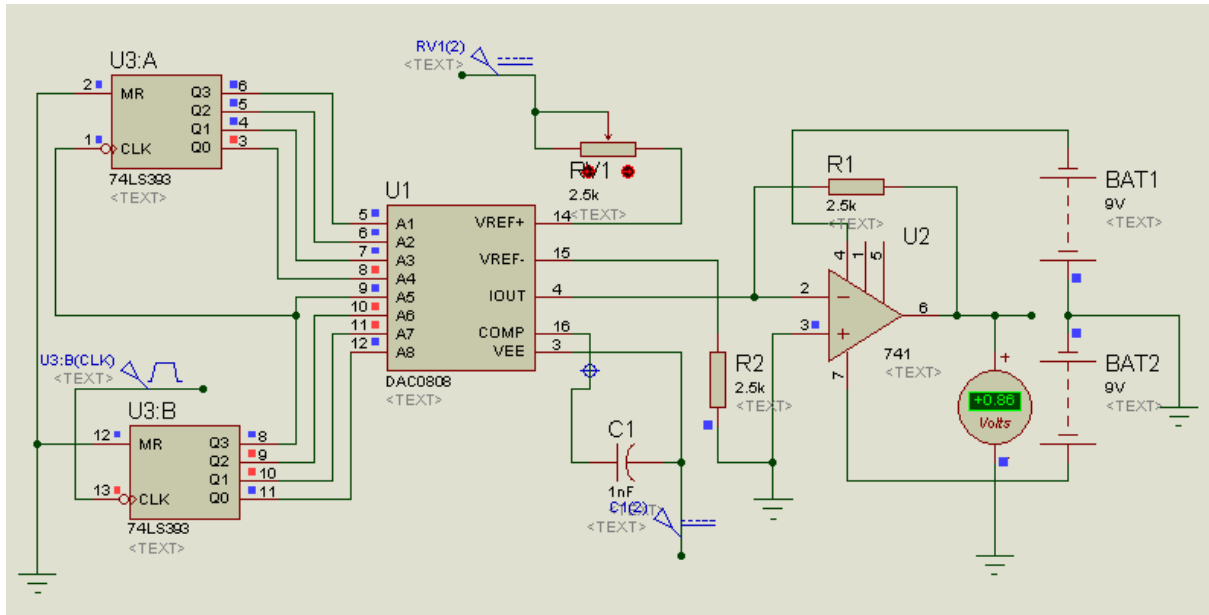
1. ต่อยังวงจรตามรูปที่ 5.25 (ก)
2. จำลองการทำงานของวงจร โดยการป้อนอินพุต ตามค่าในตารางรูปที่ 5.25 (ข) และวัดแรงดันที่เอาต์พุต

3. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

วงจรDAC0808

ไอซี DAC0808 เป็นวงจรดีเอซีขนาด 8 บิต ประกอบด้วยวงจรโครงข่าย R/2R วงจรกระแสอ้างอิงและวงจรอินพุตดิจิทัล 8 บิต มีวงจรตามรูปที่ 5.26



รูปที่ 5.26 วงจรDAC0808

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.26
2. ตั้งค่าแรงดันอ้างอิง ($+V_{ref}$) เป็น $+5\text{ V}$
3. ต่อตัวต้านทานปรับค่า RV1 โดยปรับค่ากระแสอ้างอิงเป็น 2 mA
4. ป้อนแรงดัน -15 V เข้าที่ขา 3
5. จำลองการทำงานของวงจร โดยป้อนอินพุตดิจิตอลเป็น 11000001 แล้ววัดแรงดันที่เอาต์พุต
6. คำนวณหาค่าแรงดัน V_{out} โดยใช้สูตร

$$I_{out} = I_{ref} \left(\frac{A_1}{2} + \frac{A_2}{4} + \frac{A_3}{8} + \frac{A_4}{16} + \frac{A_5}{32} + \frac{A_6}{64} + \frac{A_7}{128} + \frac{A_8}{256} \right)$$

เมื่อป้อนอินพุตเป็น 11000001

$$\begin{aligned} I_{out} &= 2\text{ mA} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{0}{8} + \frac{0}{16} + \frac{0}{32} + \frac{0}{64} + \frac{0}{128} + \frac{1}{256} \right) \\ &= 2\text{ mA} \left(\frac{255}{256} \right) = 1.51\text{ mA} \end{aligned}$$

$$V_{out} = I_T \times R_f$$

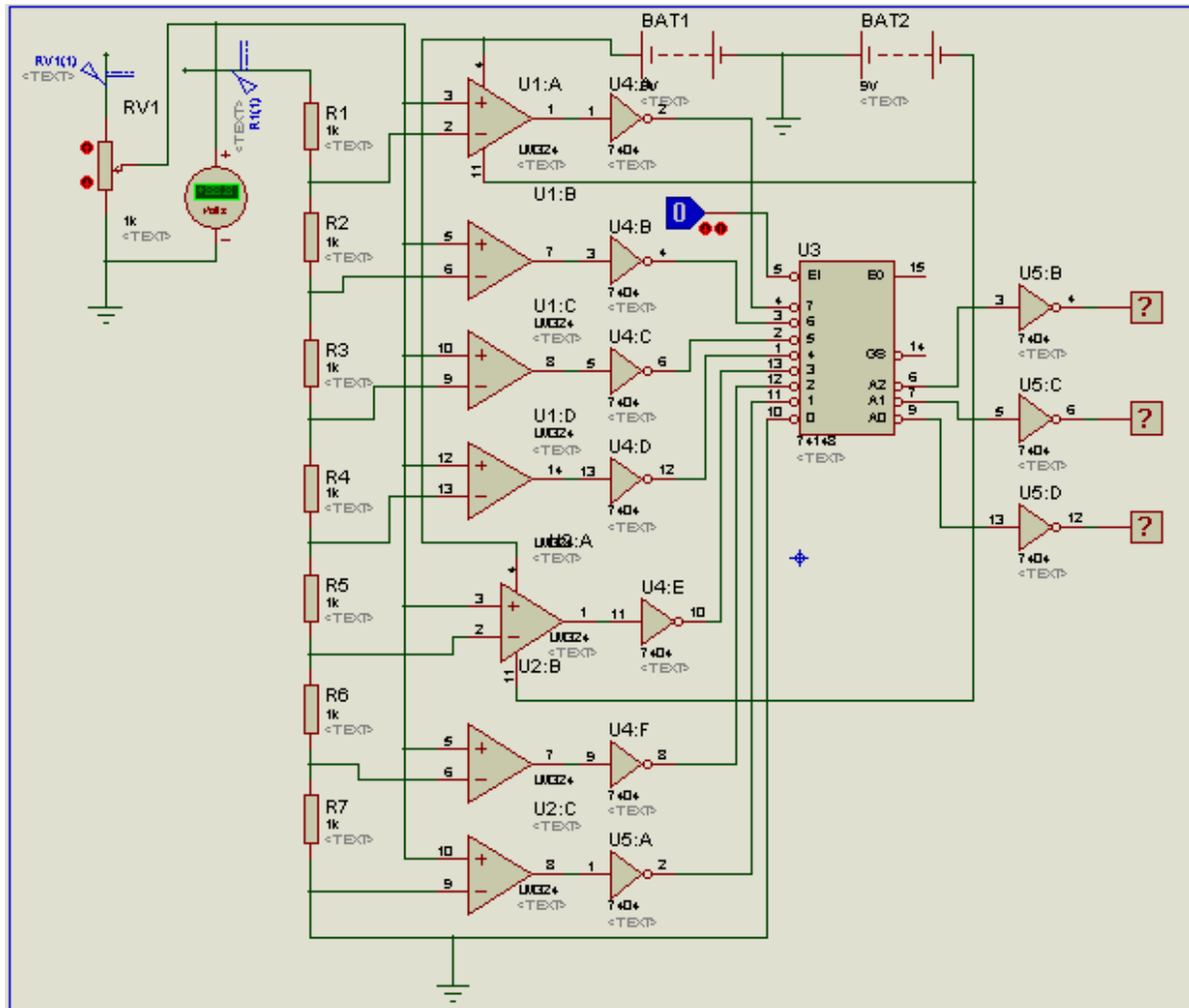
$$= 1.51\text{ mA} \times 2.5\text{ k}\Omega = 3.8\text{ V}$$

7. เปรียบเทียบ V_{out} ในข้อ 5 กับข้อ 6
8. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล

วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นวงจรดิจิตอล เรียกชื่อว่า เอดีซี เป็นวงจรกำเนิดรหัสเลขฐานสองที่เอาต์พุตเป็นสัดส่วนกับแรงดันแอนะล็อกที่ป้อนเข้าอินพุต มีตัวอย่างวงจรตามรูปที่ 5.27



รูปที่ 5.27 วงจรแปลงค่าเอ็ดซีแบบเฟลช

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อยังวงจรตามรูปที่ 5.27
2. ป้อนแรงดันแอนะลอกเข้าที่อินพุต
3. จำลองการทำงานของวงจร โดยการปรับค่าแรงดันอินพุตแล้วสังเกตผลที่เอาต์พุต
4. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

.....

.....

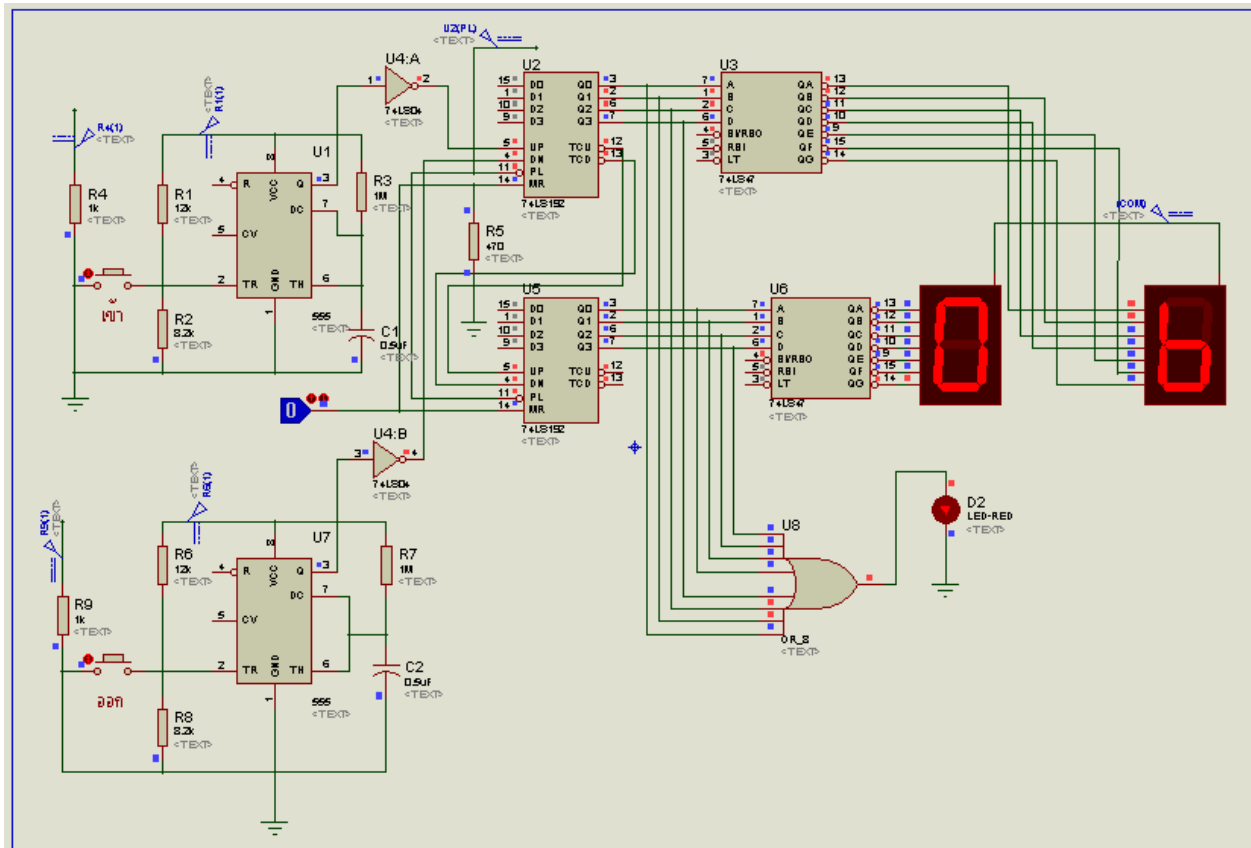
.....

ตัวอย่างระบบดิจิทัล

ระบบดิจิทัล เป็นการนำวงจรดิจิทัลที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 และในบทที่ 5 มาต่อรวมกัน เพื่อให้ได้ระบบดิจิทัลที่สามารถทำงานได้ตามความต้องการในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง ระบบการนับจำนวนผู้เข้าออกและการควบคุมหลอดไฟฟ้า วงจรเครื่องวัดความเร็วลม วงจรควบคุมการหมุนของมอเตอร์และวงจรสวิตช์เสียง

ระบบการนับจำนวนผู้เข้า/ออก และการควบคุมหลอดไฟฟ้า

ระบบการนับจำนวนผู้เข้า/ออก ห้องแสดงนิทรรศการ ห้องแสดงโบราณวัตถุในพิพิธภัณฑ์ เพื่อต้องการทราบว่าเมื่อมีผู้เข้าไปชมงานจำนวนเท่าใดในแต่ละช่วงเวลา เมื่อมีคนเดินเข้าจะนับขึ้นและเมื่อมีการเดินออกที่ประตูด้านออกจะนับลง ถ้าในห้องไม่มีคน หลอดไฟฟ้าในจุดที่ถูกควบคุมจะดับโดยอัตโนมัติ ทำให้ลดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า เมื่อไม่มีผู้ชมอยู่ในห้อง ระบบการนับจำนวนผู้เข้า/ออก ประกอบด้วย วงจรตรวจจับเมื่อมีคนเดินเข้าและเดินออกโดยใช้สวิตช์กดติดปล่อยดับแทนการตรวจจับด้วยแสง วงจรนับ 0-99 วงจรถอดรหัส ไคโอคเปล่งแสง 7 ส่วน และวงจรควบคุมหลอดไฟฟ้า มีวงจรตามรูปที่ 5.28



รูปที่ 5.28 ระบบการนับจำนวนผู้เข้า/ออก

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.28
2. เปลี่ยนค่าตัวต้านทานให้ได้ค่าตามรูปที่ 5.28
3. จำลองการทำงานของวงจร กดสวิตช์ด้านทางเข้า (แทนการตรวจจับด้วยแสง) หลายครั้งแล้ว

สังเกตผลการนับ

4. กดสวิตช์ด้านทางออก (แทนการตรวจจับด้วยแสง) หลายครั้งแล้วสังเกตผลการนับลดลง

หรือไม่

5. เมื่อตัวแสดงผล 7 ส่วน แสดงค่าเป็น 00 หลอดไฟฟ้าดับหรือไม่
6. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

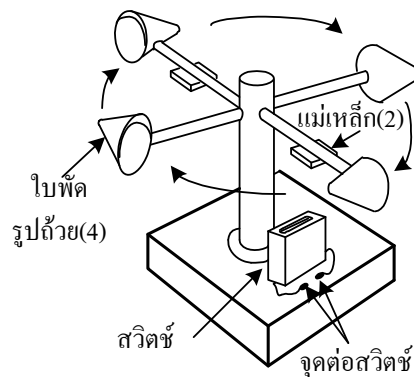
.....

.....

.....

เครื่องวัดความเร็วลม

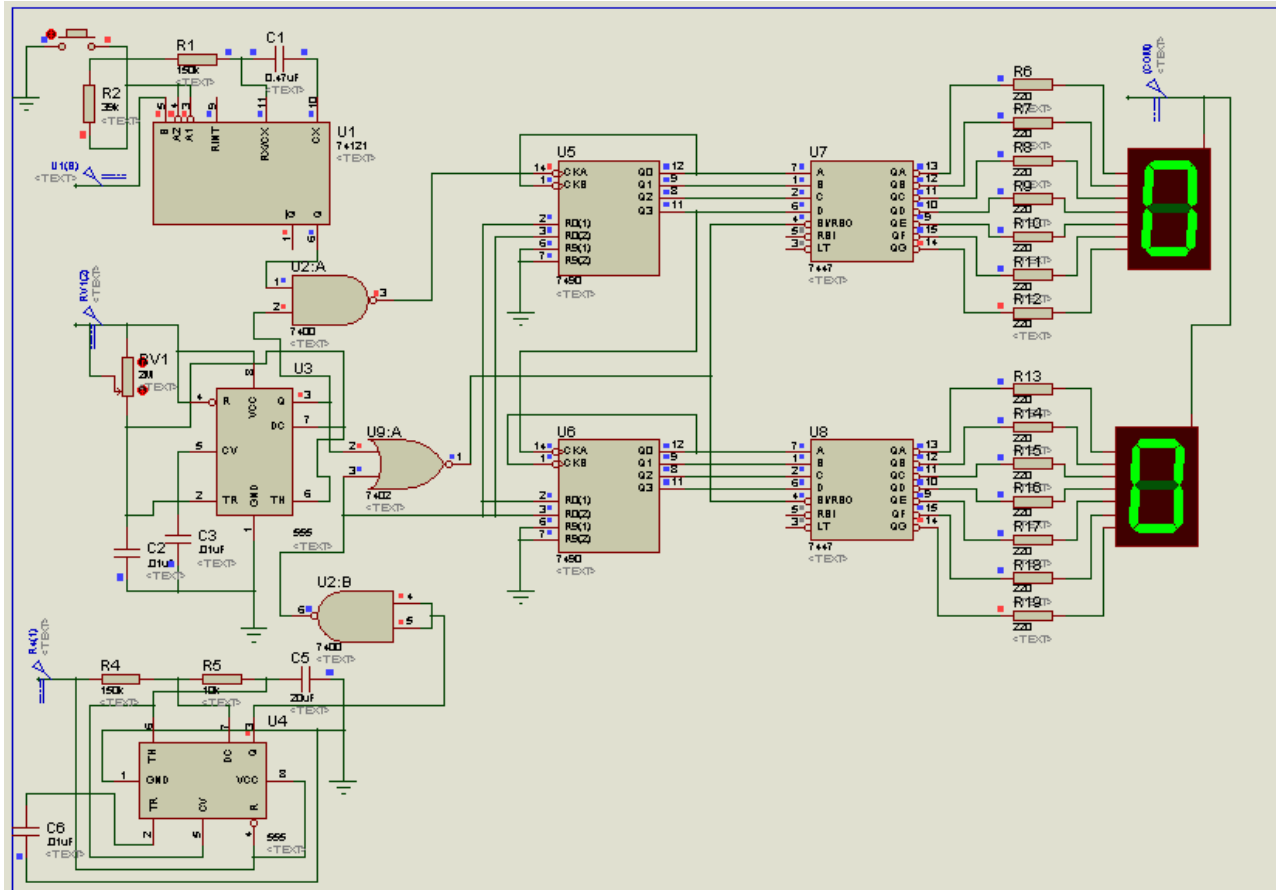
เครื่องวัดความเร็วลมระบบดิจิทัล ใช้วัดความเร็วลมโดยแสดงผลเป็นตัวเลข 2 หลัก ใช้หลักการของสวิทช์แม่เหล็ก เมื่อตัวตรวจจับความเร็วลมถูกลมพัด จะทำให้มีการสร้างพัลส์ไปกระตุ้นวงจรนับให้นับค่าเพิ่มขึ้นแล้วแสดงผลด้วยตัวแสดงผล 7 ส่วน 2 ตัว สามารถแสดงค่า 00 ถึง 99 ประกอบด้วยวงจรกำเนิดพัลส์เมื่อมีลมพัดถูกใบพัด วงจรนับ วงจรถอดรหัส และตัวแสดงผลไดโอด 7 ส่วน 2 ตัว มีวงจรตามรูปที่ 5.29 (ข)



(ก) ตัวตรวจจับความเร็วลม

รูปที่ 5.29 เครื่องวัดความเร็วลม

(ที่มา Reis, R.A. 1991 : 339)



(ข) วงจร

รูปที่ 5.29 ต่อ

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.29 (ข)
2. จำลองการทำงานของวงจร โดยการกดสวิตช์หลาย ๆ ครั้ง แล้วสังเกตที่ตัวแสดงผล 7 ส่วน
3. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

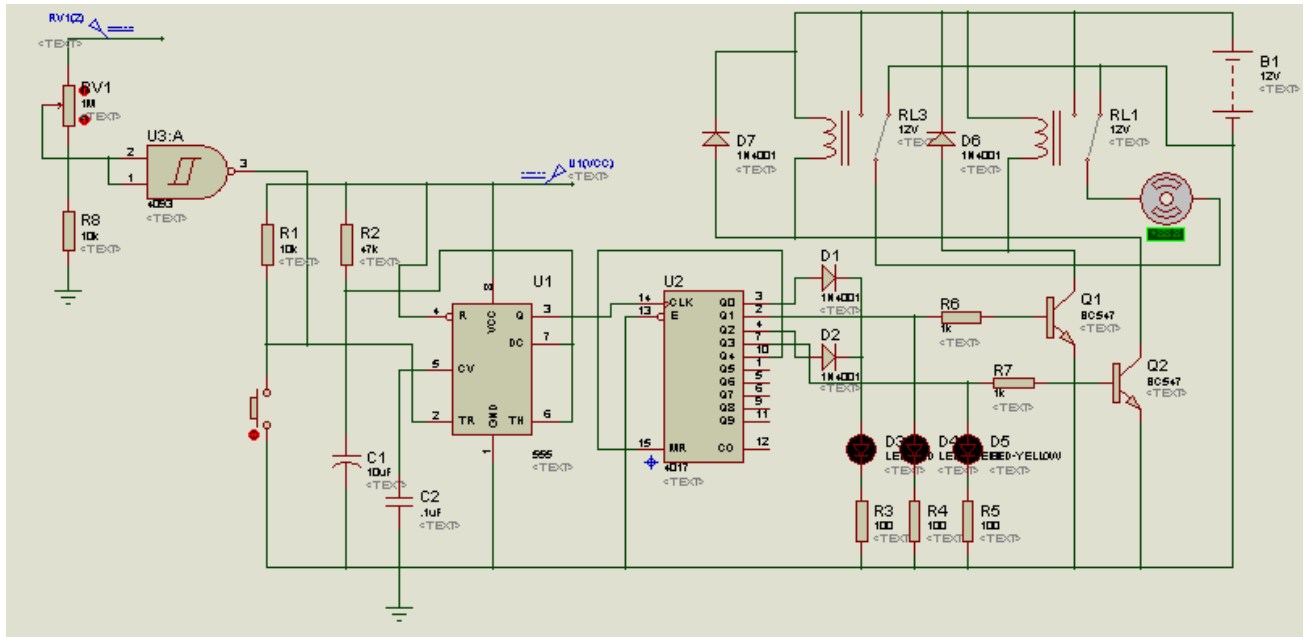
.....

.....

.....

การควบคุมการหมุนของมอเตอร์ด้วยสวิตช์ตัวเดียว

การควบคุมการหมุนของมอเตอร์ไฟตรง ปกติจะต้องใช้สวิตช์ 3 ตัว ทำหน้าที่ควบคุมการหมุนตามเข็มนาฬิกา ทวนเข็มนาฬิกา และหยุดหมุน ปกติใช้สวิตช์ 3 ตัว แต่ถ้าต้องการใช้สวิตช์เพียง 1 ตัว ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ก็สามารถทำได้ มีวงจรตามรูปที่ 5.30



รูปที่ 5.30 วงจรควบคุมการหมุนของมอเตอร์

(ที่มา <http://www.electronicsforu.com> : 23/02/2007)

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.30
2. เปลี่ยนค่าตัวต้านทานให้ตรงกับค่าในรูปที่ 5.30
3. จำลองการทำงานของวงจร โดยกดสวิตช์ค้างไว้ แล้วสังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์ และไดโอดเปล่งแสง

4. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

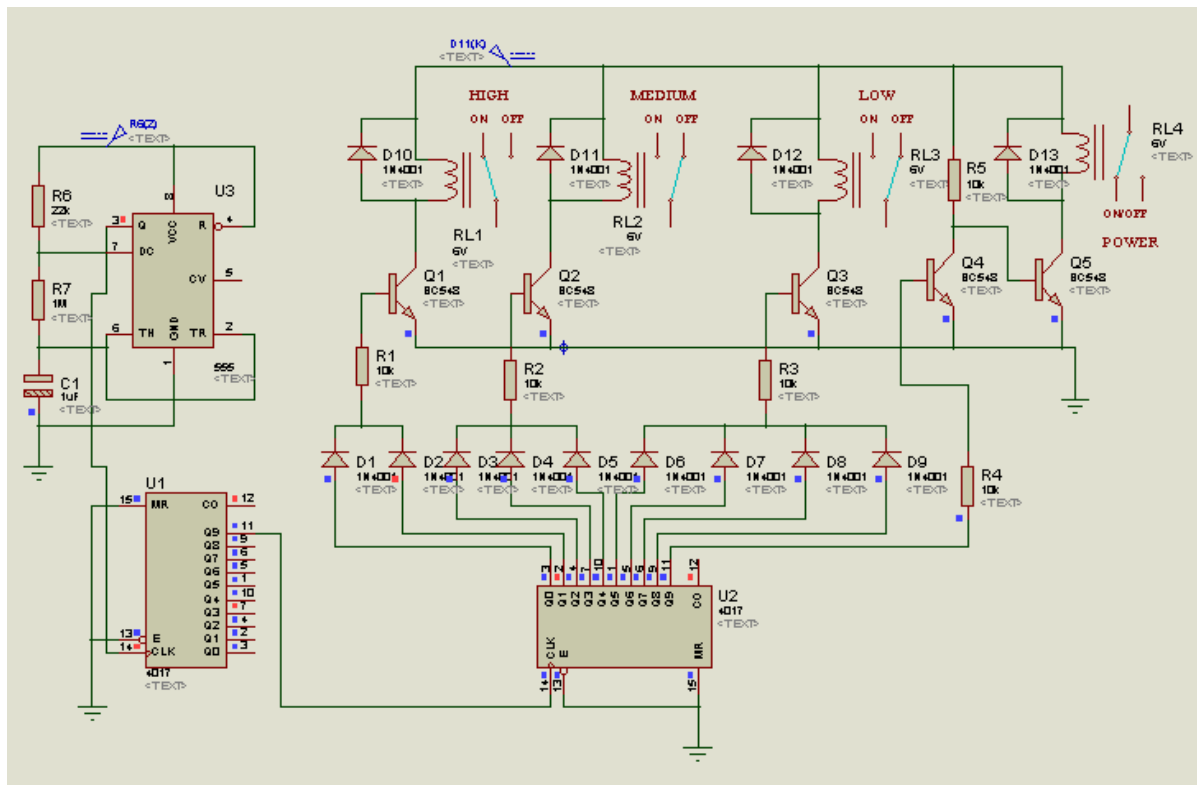
.....

.....

.....

วงจรควบคุมความเร็วพัดลมอัตโนมัติ

ในช่วงกลางคืนของฤดูร้อน อุณหภูมิภายในห้องนอนจะมีอุณหภูมิสูงในช่วงหัวค่ำ เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิจะลดลงและเมื่อคนนอนหลับอัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกายน้อยลง ทำให้อุณหภูมิในร่างกายลดลง ถ้าเปิดพัดลมที่ความเร็วสูงสุดตั้งแต่หัวค่ำ เมื่อเวลาผ่านไปจะต้องคอยลุกขึ้นมาปรับความเร็วของพัดลมเพื่อไม่ให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะทำให้ไม่สบายได้ จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ออกแบบวงจรควบคุมความเร็วพัดลมอัตโนมัติโดยให้พัดลมทำงานที่ความเร็วสูงสุดในช่วงหัวค่ำเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 2 ชั่วโมง ให้ลดความเร็วลงเป็นระดับปานกลางและเป็นความเร็วต่ำสุดเมื่อผ่านไปอีกประมาณ 4 ชั่วโมง และเมื่อครบ 8 ชั่วโมงให้พัดลมหยุดทำงาน มีวงจรตามรูปที่ 5.31



รูปที่ 5.31 วงจรควบคุมความเร็วพัดลมอัตโนมัติ

(ที่มา <http://www.electronicsforu.com> : 23/02/2007)

ภาคปฏิบัติ

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อยังวงจรตามรูปที่ 5.31
2. เปลี่ยนค่า C และ R ให้ได้ตามรูปที่ 5.31

3. จำลองการทำงานของวงจร ให้สังเกตการณ์ทำงานของรีเลย์ โดยเปลี่ยนค่า C1 เป็น 10 μF 100 μF และ 220 μF แล้วสังเกตความถี่ที่ขา 3 ของไอซี 555

4. บันทึกผลการสังเกต

บันทึกผลการสังเกต

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุป

วงจรดิจิทัล 2 เกี่ยวกับฟลิปฟล็อปที่ใช้เป็นอุปกรณ์พื้นฐานในการต่อวงจรเชิงลำดับ ทำให้ได้เป็นวงจรซีพรีจิสเตอร์ ใช้เก็บข้อมูลเลขฐานสอง โดยการเลื่อนข้อมูลเข้าและส่งออกข้อมูล ฟลิปฟล็อปยังนำไปต่อเป็นวงจรนับซึ่งมี 2 แบบ คือ วงจรแบบอะซิงโครนัสและวงจรนับซิงโครนัส ในบทนี้ยังกล่าวถึงวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกกับดิจิทัลซึ่งมี 2 แบบ คือ วงจรดีเอซีแปลงสัญญาณดิจิทัลให้เป็นสัญญาณแอนะล็อกและวงจรเอดีซีแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล วงจรดิจิทัลเมื่อนำมารวมกันจะได้เป็นระบบดิจิทัลที่สามารถทำงานได้ตามต้องการ เช่น ระบบการนับจำนวนผู้เข้า/ออก เครื่องวัดความเร็วลม วงจรควบคุมการหมุนของมอเตอร์ และวงจรควบคุมความเร็วพัดลมอัตโนมัติ

คำถามท้ายบท

1. จงอธิบายการทำงานของเจ – เค ฟลิปฟล็อป
2. ซีพรีจิสเตอร์เบอร์ 74194 ทำการเลื่อนข้อมูลได้กี่แบบ และมีวงจรการต่ออย่างไร
3. ต้องการออกแบบวงจรนับ 0 – 5 และจำลองการทำงานของวงจร
4. จากวงจรในรูปที่ 5.31 ต้องการตั้งเวลาเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า 1 ชั่วโมง และปิด 20 นาที โดยให้ทำงานเป็นวงรอบ จะต้องตั้งสวิทช์ไว้ที่ตำแหน่งใด พร้อมทั้งจำลองการทำงาน
5. จากวงจรในรูปที่ 5.32 ถ้าต้องการเปลี่ยนเวลาการควบคุมความเร็วพัดลมเป็น 1 2 4 ชั่วโมง โดยให้มีความเร็ว สูงสุด ปานกลาง ต่ำสุด และหยุด ตามลำดับ พร้อมทั้งจำลองการทำงาน

เอกสารอ้างอิง

สมชาย ชื่นวัฒนาประณีต. (2548). เอกสารคำสอนดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ 2. อุตรธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏ
อุตรธานี.

..... (2548). การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 2. อุตรธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏ
อุตรธานี.

Reis, R.A. (1991). **Digital Electronics through Project analysis**. New York : Macmillan.

<http://www.alldatasheet.com> (22/02/2007).

<http://www.electronicsforu.com> (23/02/2007).

บทที่ 6

วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถและทักษะดังนี้

1. เขียนวงจรที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้
2. ใช้โปรแกรม MPLAB ในการแปลงไฟล์ .ASM เป็น .HEX
3. ผังโปรแกรม .HEX ลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้
4. จำลองการทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

หัวข้อเรื่อง

บทนำ

การทดลองวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

การแปลงไฟล์ .ASM เป็นไฟล์ .HEX

การผังไฟล์ .HEX ลงไมโครคอนโทรลเลอร์

ตัวอย่างวงจร

วงจรนับแสดงผลด้วยไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน

วงจรควบคุมสเตปเปอร์มอเตอร์

วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง

วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล

สรุป

คำถามท้ายบท

เอกสารอ้างอิง

บทที่ 6

วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

บทนำ

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหน่วยประมวลผลขนาดเล็กที่สามารถเขียนโปรแกรม เพื่อสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานตามที่ต้องการได้ ในการศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ก่อนต้องทำการทดลองจากของจริงโดยการฝังโปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วทดสอบการทำงานของโปรแกรมโดยต่ออุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ การทดลองด้วยวิธีดังกล่าวต้องสิ้นเปลืองอุปกรณ์จำนวนมากและทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีอายุการใช้งานน้อยลงเพราะถ้าโปรแกรมที่ฝังลงไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ทำงานต้องแก้ไขโปรแกรมและทำการฝังโปรแกรมลงไปใหม่ ในปัจจุบันนี้มีโปรแกรมที่ใช้จำลองการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อนที่จะทดลองจริงทำให้มีข้อผิดพลาดลดน้อยลง ตัวอย่างโปรแกรมที่ใช้จำลองการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น โปรแกรมโปรติอุส ในบทเรียนนี้จะได้กล่าวถึง การใช้โปรแกรมโปรติอุสจำลองการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

การทดลองวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

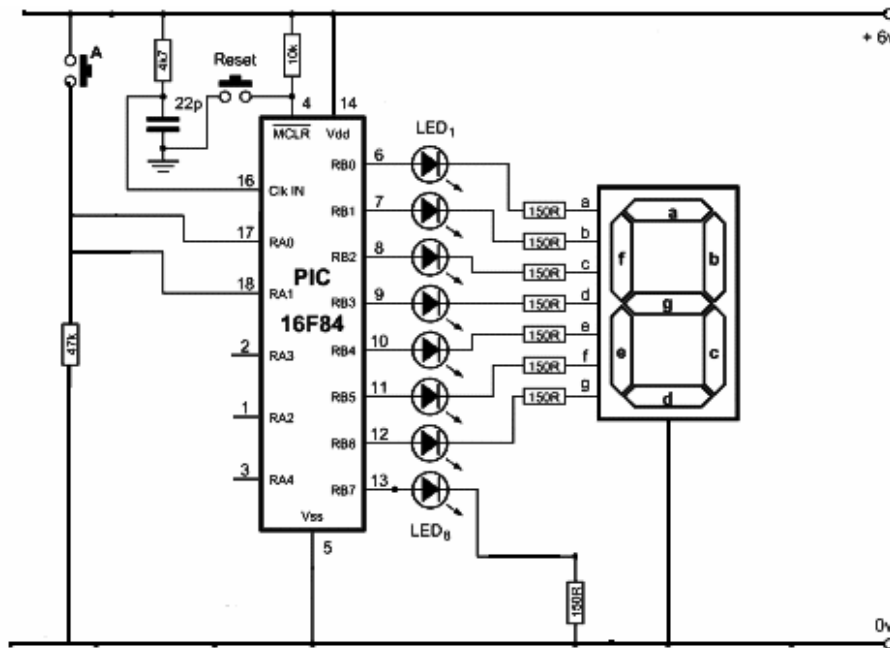
การทดลองวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยโปรแกรมโปรติอุส แสดงในรูปที่ 6.1 เริ่มจากการเขียนวงจร การแปลงชุดคำสั่งที่เป็นไฟล์ .ASM ให้เป็นไฟล์ .HEX โดยใช้โปรแกรม MPLAB ต่อจากนั้นจึงนำชุดคำสั่งที่เป็นไฟล์ .HEX มาฝังลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต่อเป็นวงจร ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการทดสอบการทำงานของวงจร มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 6.1 ขั้นตอนการทดลองวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

การเขียนวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

การเขียนวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ เริ่มจากการเตรียมวงจรที่จะทดลองการทำงานของวงจร ต่อจากนั้นจึงเข้าสู่โปรแกรมโปรติอุส เลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร ต่อสายเชื่อมโยงอุปกรณ์ การเปลี่ยนค่าอุปกรณ์และการจัดเก็บวงจร เพื่อให้เกิดความเข้าใจให้ศึกษาการเขียนวงจรตามรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 วงจรควบคุมไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน

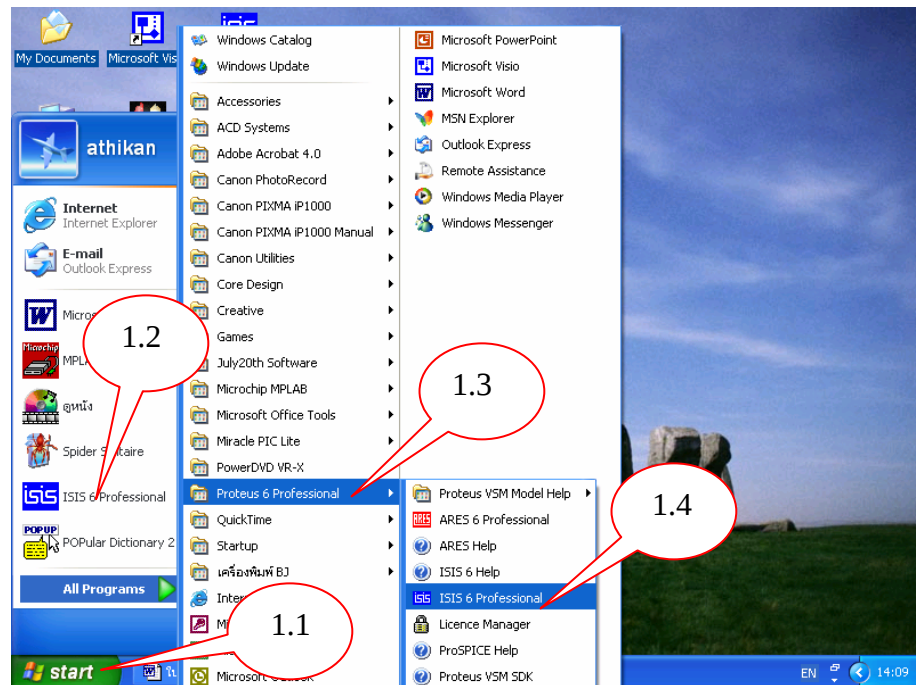
(ที่มา : http://www.talkingelectronics.com/te_interactive)

ขั้นตอนการปฏิบัติ

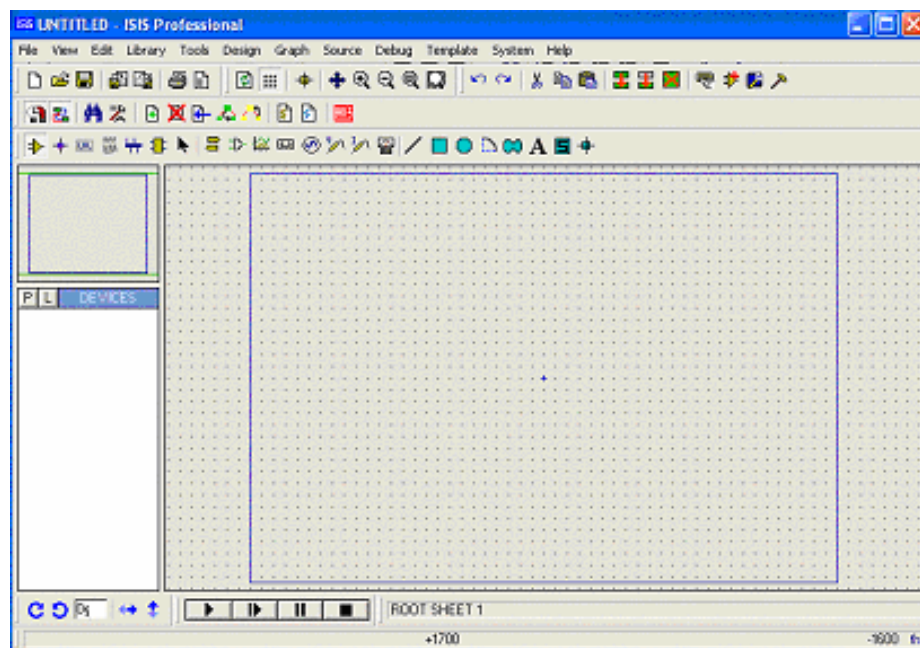
1. การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม Proteus การเรียกโปรแกรม Proteus มาใช้งานแสดงในรูปที่ 6.3 ทำได้ตามขั้นตอนดังนี้

- 1.1 คลิกที่ปุ่ม Start
- 1.2 คลิกเลือกที่ All Program
- 1.3 คลิกเลือกที่ Proteus 6 Professional
- 1.4 คลิกเลือกที่ ISIS 6 Professional จะปรากฏหน้าต่าง UNTITLED-ISIS

Professional ดังแสดงในรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.3 ขั้นตอนการเปิดใช้งานโปรแกรม Proteus



รูปที่ 6.4 แสดงหน้าต่างหลักโปรแกรม Proteus

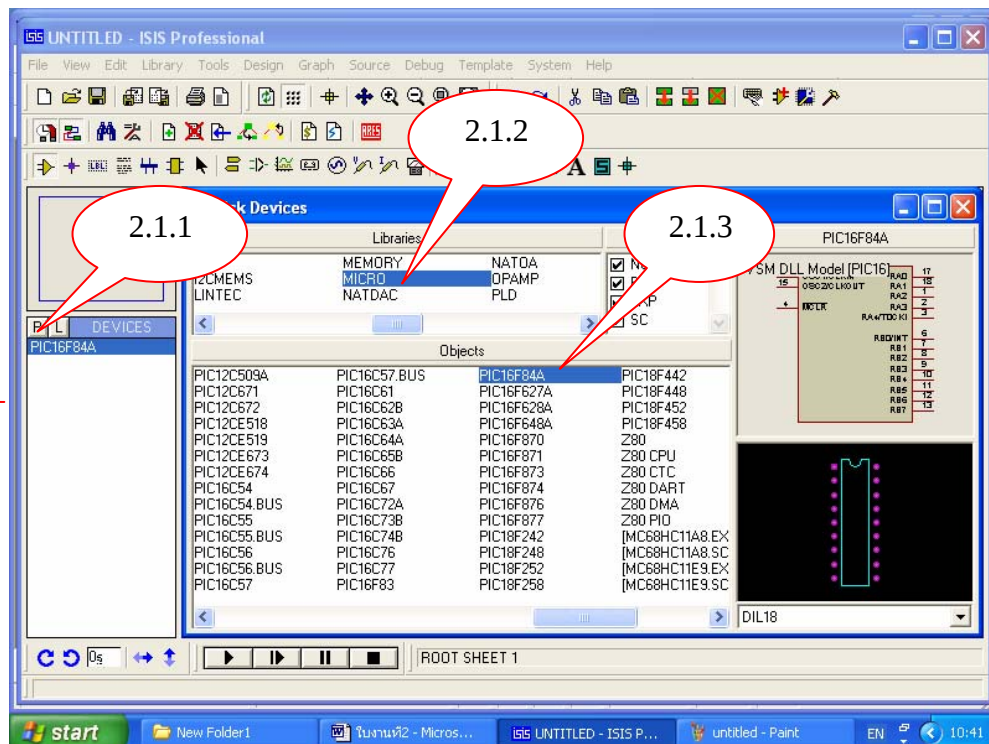
2. การเขียนวงจร

2.1 การเรียกตัวอุปกรณ์ที่ต้องการมาใช้งาน สามารถเรียกตัวอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการจากหน้าต่าง Pick Devices ทำได้ตามขั้นตอนดังนี้

2.1.1 คลิกที่ปุ่มตัว P จะปรากฏหน้าต่าง Pick Devices ขึ้นมาตามรูปที่ 6.5

2.1.2 คลิกเลือกที่หมวดรายการอุปกรณ์ที่ต้องการ จะปรากฏรายการตัวอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เลือกที่ด้านล่าง

2.1.3 ดับเบิ้ลคลิกที่ชื่ออุปกรณ์ที่ต้องการ จะปรากฏชื่อตัวอุปกรณ์ที่เลือกตรงช่องด้านซ้ายมือได้ DEVICES



รูปที่ 6.5 การเรียกใช้ PIC16F84 จากหน้าต่าง Pick Devices

2.2 การจัดวางตัวอุปกรณ์ เมื่อเรียกตัวอุปกรณ์ที่ต้องการมาครบแล้ว ให้จัดวางอุปกรณ์ตามขั้นตอนดังนี้

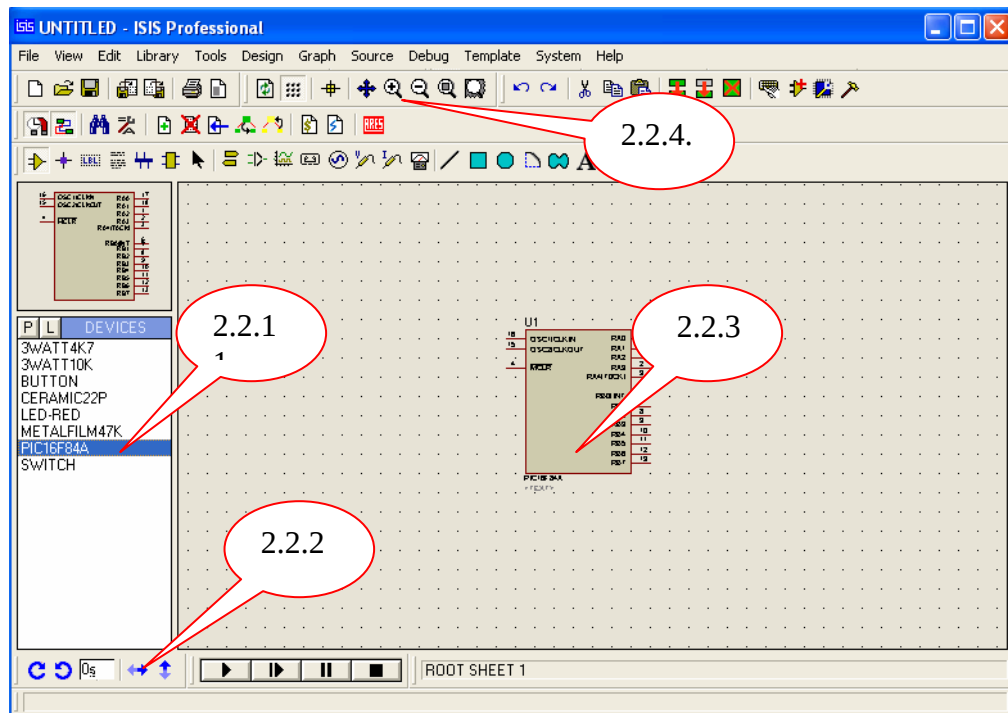
2.2.1 คลิกที่ชื่ออุปกรณ์ที่จะจัดวางตรงช่องรายการอุปกรณ์ จะมีรูปอุปกรณ์ในกรอบสี่เหลี่ยมด้านบนมุมซ้ายมือ

2.2.2 เมื่อต้องการปรับเปลี่ยนมุมมองของตัวอุปกรณ์ตามที่ต้องการ ให้คลิกที่กลุ่มลูกศรสี่เหลี่ยมที่ด้านล่างมุมซ้ายมือ

2.2.3 คลิกที่พื้นที่ว่างตรงกลางหน้าจอเพื่อวางตัวอุปกรณ์

2.2.4 เมื่อต้องการปรับขนาดของรูปภาพให้คลิกกลุ่มภาพวิว (View)

2.2.5 เมื่อต้องการจัดวางอุปกรณ์ตัวอื่น ให้เริ่มที่ขั้นตอนที่ 2.2.1 ใหม่



รูปที่ 6.6 ตัวอย่างขั้นตอนการจัดวาง PIC16F84

2.3 การลบและการเปลี่ยนตำแหน่งตัวอุปกรณ์

2.3.1 การลบตัวอุปกรณ์ ทำได้โดยคลิกขวาที่ตัวอุปกรณ์ตัวนั้นให้เป็นสีแดง แล้วคลิกขวาที่ตัวอุปกรณ์ตัวนั้นอีกครั้งหนึ่ง ตัวอุปกรณ์จะหายไป

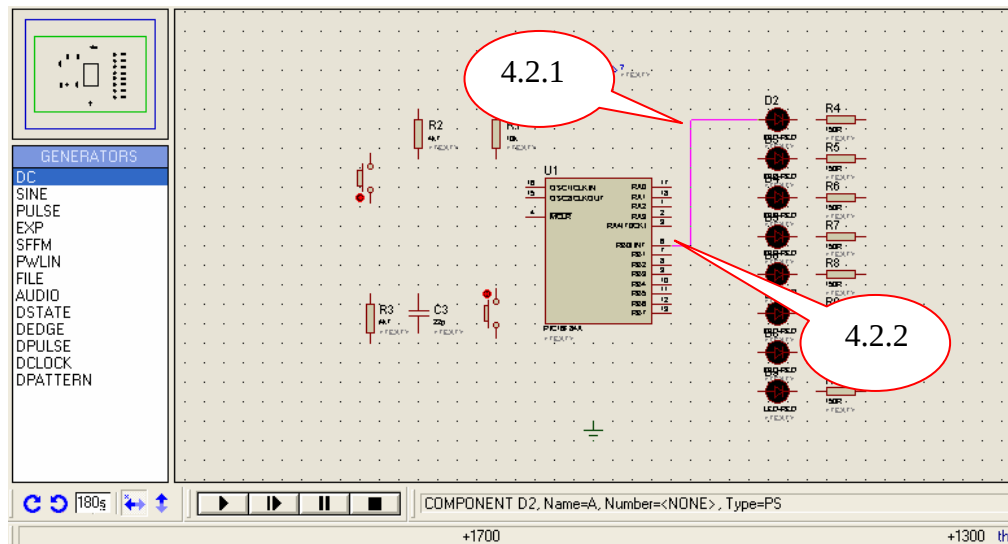
2.3.2 การเปลี่ยนตำแหน่งการวางตัวอุปกรณ์ ทำได้โดยคลิกขวาที่ตัวอุปกรณ์ตัวนั้นให้เป็นสีแดง แล้วคลิกซ้ายเพื่อลากไปวางในตำแหน่งที่ต้องการได้

2.3.3 การเปลี่ยนมุมมองตัวอุปกรณ์ ทำได้โดยคลิกขวาที่ตัวอุปกรณ์ตัวนั้นให้เป็นสีแดง แล้วเลือกคลิกที่กลุ่มลูกศรสี่เหลี่ยมให้ได้ตำแหน่งตามต้องการ

2.4 การเชื่อมต่อเป็นวงจร เมื่อจัดวางตัวอุปกรณ์ตามตำแหน่งที่ต้องการแล้ว ให้ต่อเชื่อมขาของตัวอุปกรณ์ตามขั้นตอนในรูปที่ 6.7 ดังนี้

2.4.1 คลิกที่ตำแหน่งขาต้นทางที่ต้องการเชื่อมต่อ

2.4.2 เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่ตำแหน่งปลายขาต้นทางที่ต้องการเชื่อมต่อ



รูปที่ 6.7 การเชื่อมต่อขาอุปกรณ์ PIC16F84 กับไดโอดเปล่งแสง

2.5 การแก้ไขสายเชื่อมต่อขาอุปกรณ์

การลบสายที่ต่อผิดพลาดหรือไม่ต้องการ ทำได้โดยคลิกขวาที่สายนั้น ให้เป็นสีแดง แล้วคลิกขวาที่สายนั้นอีกครั้ง สายนั้นจะหายไป

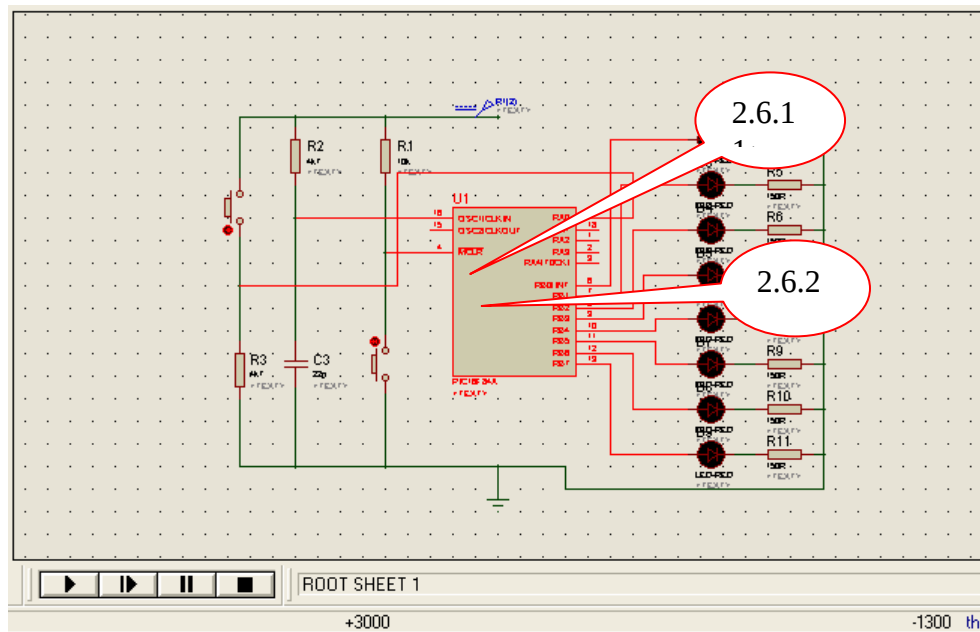
2.6 การเซตค่าพารามิเตอร์ให้ตัวอุปกรณ์ ทำได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.6.1 คลิกขวาที่ตัวอุปกรณ์ที่ต้องการให้เป็นสีแดง

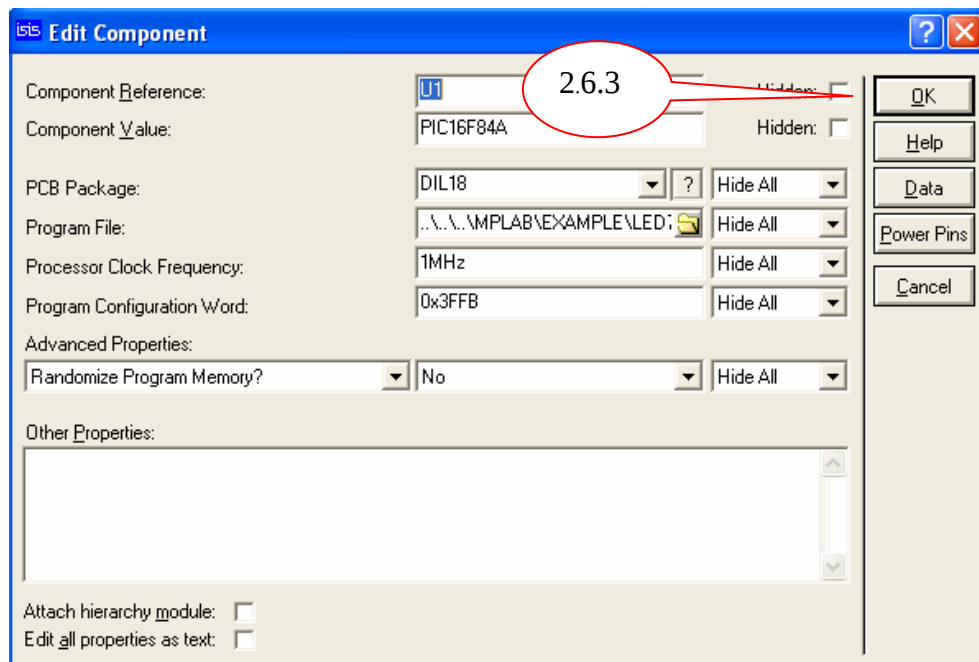
2.6.2 คลิกซ้ายที่ตัวอุปกรณ์ตัวนั้นอีกครั้ง จะปรากฏหน้าต่าง Edit Component

สำหรับเซตค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้ตัวอุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 6.8

2.6.3 คลิกที่ปุ่ม OK ของหน้าต่าง Edit Component หลังจากที่ได้เซตค่าพารามิเตอร์ให้ตัวอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้เลือก OK



รูปที่ 6.8 ขั้นที่ 1-2 การเซตค่าพารามิเตอร์ให้ PIC16F84



รูปที่ 6.9 ขั้นตอนที่ 3 ของการเซตค่าพารามิเตอร์ให้ตัวอุปกรณ์ PIC16F84

3. จัดเก็บเพิ่มข้อมูล

ภาคปฏิบัติ

ให้เขียนวงจรวงจรควบคุมไดโอดเปล่งแสงและไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน ตามรูปที่ 6.8 บนโปรแกรม Proteus แล้วจัดเก็บไฟล์ให้ชื่อว่า EX1

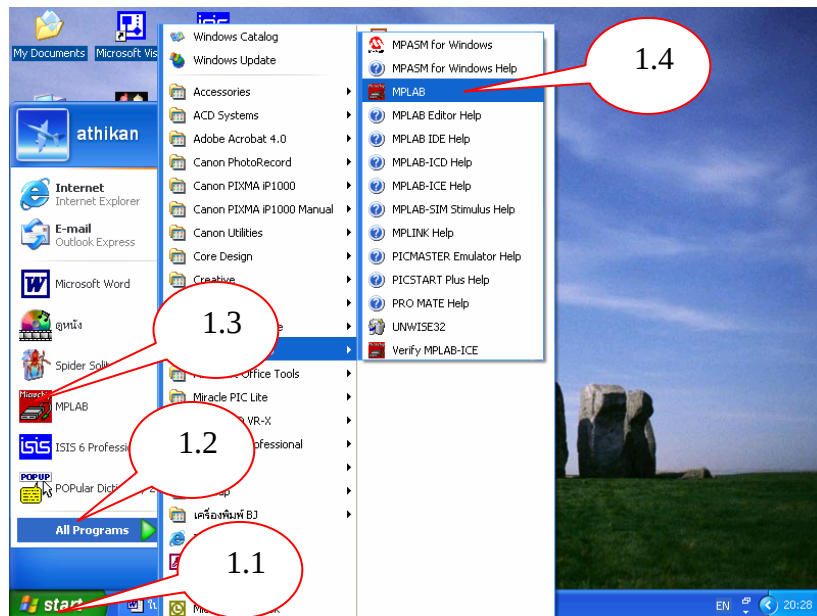
การแปลงไฟล์ .ASM เป็นไฟล์ .HEX

การจำลองการทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อเขียนวงจรเสร็จเรียบร้อยแล้วต้องมีการนำชุดคำสั่งที่อยู่ในรูปของไฟล์ .HEX มาฝังลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ การแปลงไฟล์ .ASM เป็นไฟล์ .HEX ใช้โปรแกรม MPLAB มีขั้นตอนในการใช้โปรแกรมดังนี้

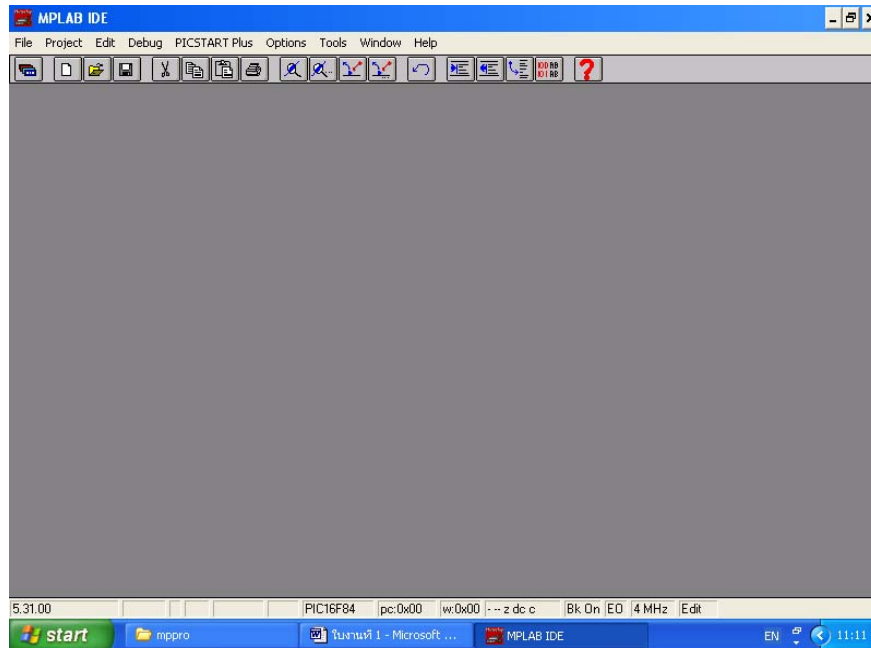
ขั้นตอนการปฏิบัติ

การเริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม MPLAB

1. โดยการเรียกโปรแกรม MPLAB มาใช้งานให้ทำตามขั้นตอนต่อไปนี้
 - 1.1 คลิกที่ปุ่ม start ตามรูปที่ 6.10
 - 1.2 คลิกเลือกที่ All Program
 - 1.3 คลิกเลือกที่ Microchip MPLAB
 - 1.4 คลิกเลือกที่ MPLAB จะปรากฏหน้าต่าง MPLAB IDE ดังแสดงในรูปที่ 6.11



รูปที่ 6.10 ขั้นตอนการเปิดใช้งานโปรแกรม MPLAB

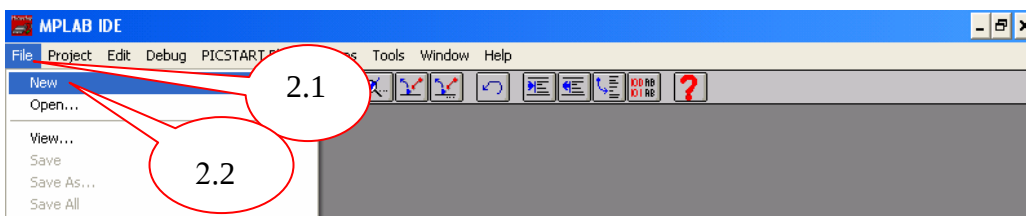


รูปที่ 6.11 หน้าต่างหลักโปรแกรม MPLAB

2. การสร้างซอร์สโค้ดโปรแกรมไฟล์นามสกุล .ASM

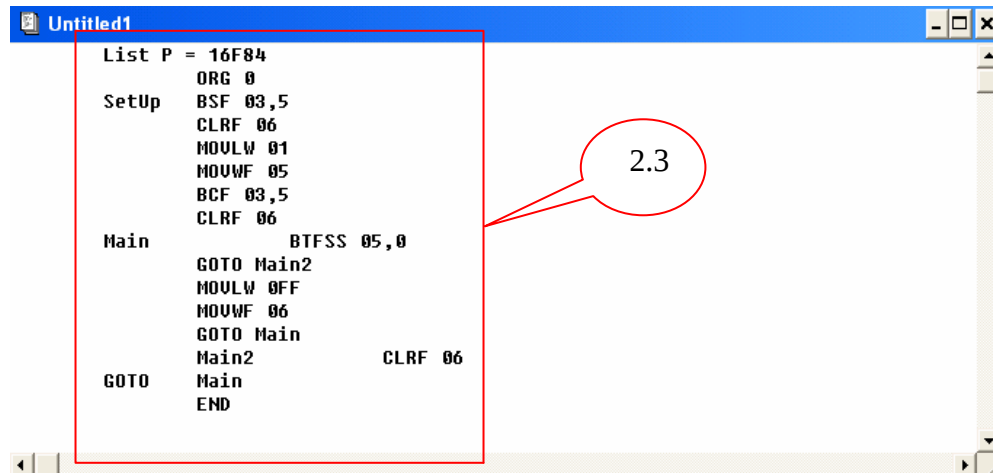
2.1 คลิกที่เมนู File ตามรูปที่ 6.12

2.2 คลิกเลือกที่ New จะปรากฏหน้าต่าง Untitled1 ดังแสดงในรูปที่ 6.12



รูปที่ 6.12 ขั้นตอนการสร้างซอร์สโค้ดโปรแกรมไฟล์นามสกุล .ASM

2.3 พิมพ์ซอร์สโค้ดโปรแกรมที่ออกแบบ ลงที่หน้าต่าง Untitled1 ตามรูปที่ 6.13



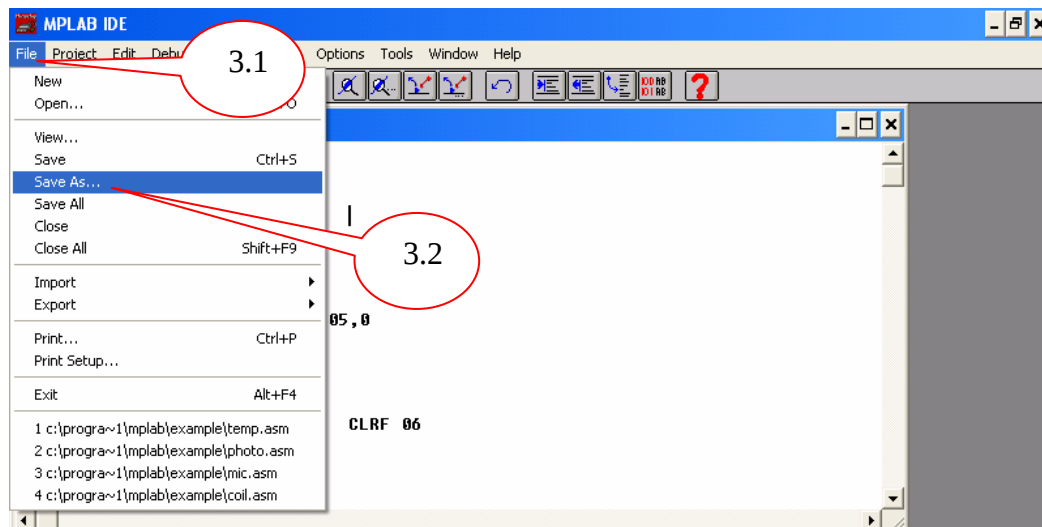
รูปที่ 6.13 หน้าต่าง Untitled1 ที่พิมพ์ซอร์สโค้ดโปรแกรม

3. การบันทึกไฟล์นามสกุล .ASM

เมื่อต้องการจัดเก็บไฟล์ไว้ที่ C:\progra~1\mplab\example ให้ทำตามขั้นตอนดังนี้

3.1 คลิกที่เมนู File ตามรูปที่ 6.14

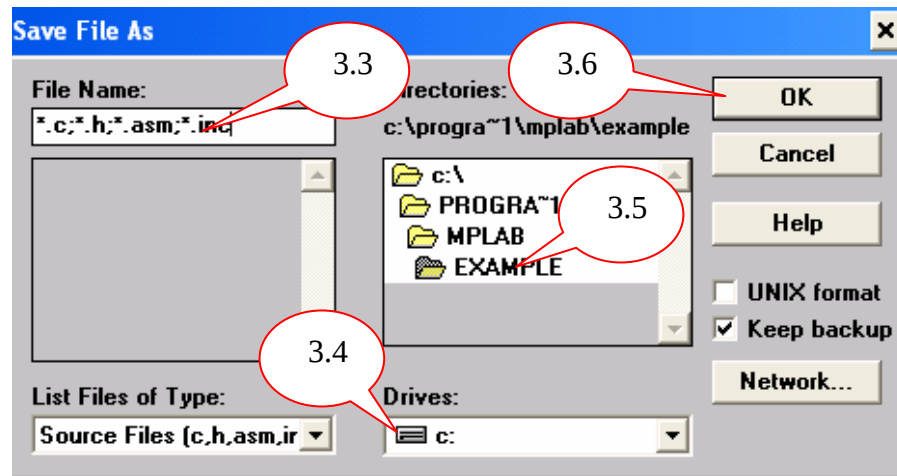
3.2 คลิกเลือกที่ Save As จะปรากฏหน้าต่าง Save File As ตามรูปที่ 6.14



รูปที่ 6.14 การเลือกคำสั่งบันทึกไฟล์นามสกุล .ASM

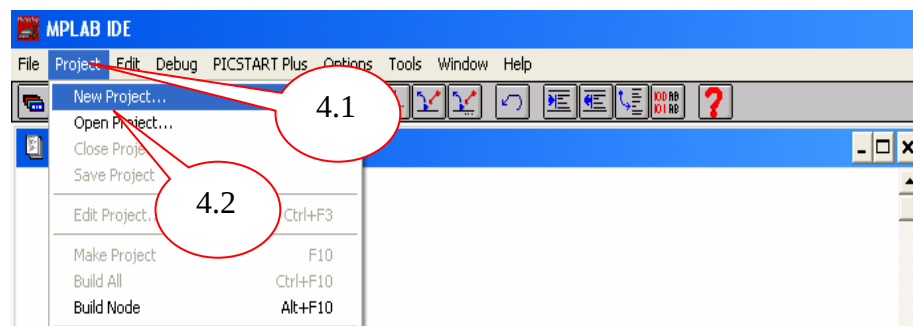
3.3 พิมพ์ชื่อไฟล์ลงท้ายด้วย .ASM ที่ช่องได้ File Name ในที่นี้จะให้ชื่อว่า EX1.ASM ตามรูปที่ 6.15

- 3.4 เปลี่ยน Drives เป็น Drives C:
- 3.5 คลิกที่ EXAMPLE รูปเอกสารสีเหลืองเปิด
- 3.6 คลิกปุ่ม OK เป็นอันเสร็จสิ้นการบันทึกไฟล์นามสกุล .ASM



รูปที่ 6.15 การบันทึกไฟล์นามสกุล .ASM ลงที่ Drives C

- 4. การแปลงไฟล์นามสกุล .ASM เป็น .HEX
 - 4.1 คลิกที่เมนู Project ตามรูปที่ 6.16
 - 4.2 คลิกที่ New Project จะปรากฏหน้าต่าง New Project ตามรูปที่ 6.16



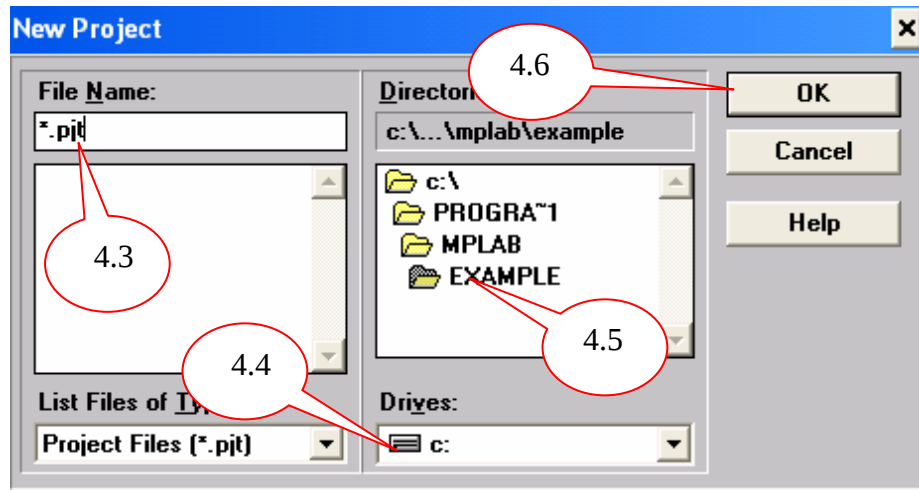
รูปที่ 6.16 การเลือกคำสั่งแปลงไฟล์นามสกุล .ASM เป็น .HEX

4.3 พิมพ์ชื่อเดียวกันกับไฟล์นามสกุล .ASM แต่เปลี่ยนนามสกุลเป็น .PJT ที่ช่องได้ File Name ชื่อที่ได้คือ EX1.PJT ตามรูปที่ 6.17

4.4 เปลี่ยน Driver เป็น C:

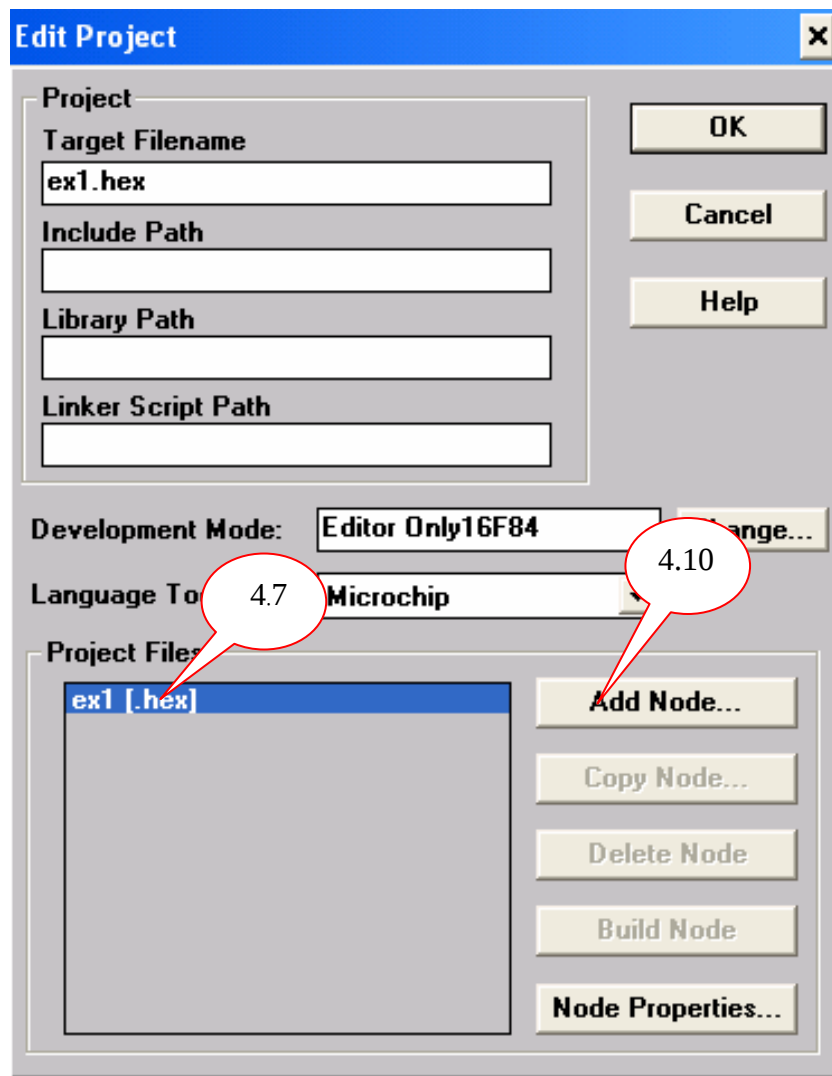
4.5 คลิกที่ EXAMPLE รูปแฟ้มเอกสารสีเหลืองเปิด

4.6 คลิกปุ่ม OK จะปรากฏหน้าต่าง Edit Project ได้ตามรูปที่ 6.18



รูปที่ 6.17 ขั้นตอนที่ 4.3-4.6 การแปลงไฟล์นามสกุล .ASM เป็น .HEX

4.7 ดับเบิ้ลคลิกที่ ex1.hex จะปรากฏหน้าต่าง Node Properties ตามรูปที่ 6.19

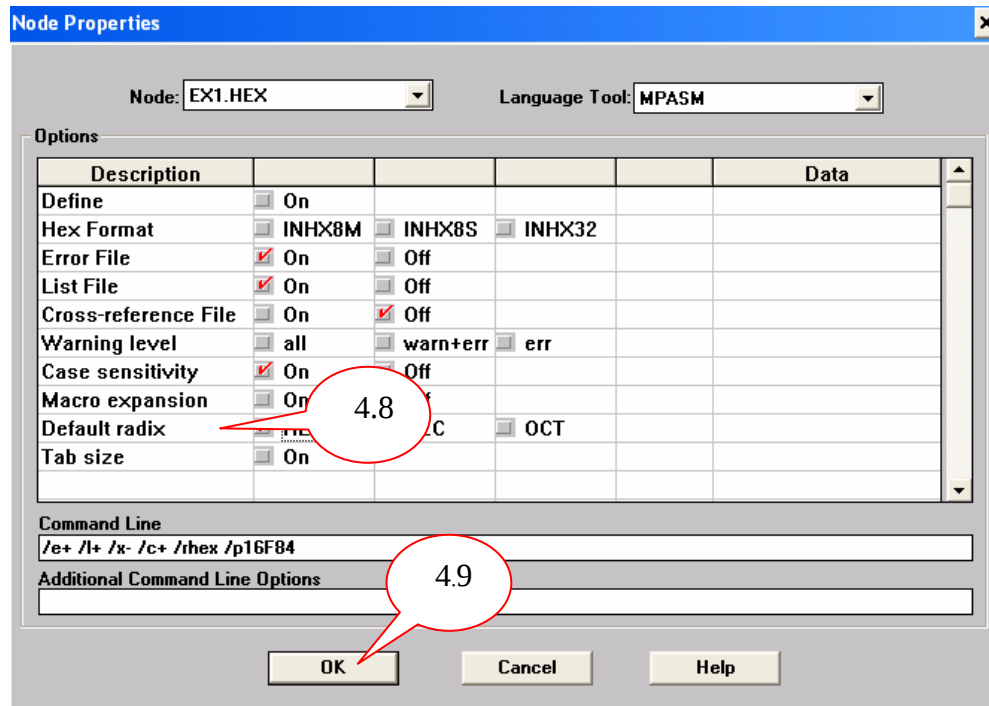


รูปที่ 6.18 ขั้นตอนที่ 4.7 และ 4.10 ของการแปลงไฟล์นามสกุล .ASM เป็น .HEX

4.8 คลิกที่ช่องสี่เหลี่ยมหน้า HEX ให้มีเครื่องหมาย ✓ เกิดขึ้น

4.9 คลิกที่ปุ่ม OK เสร็จแล้วจะย้อนกลับมาที่หน้าต่าง Edit Project

4.10 คลิกที่ปุ่ม Add Node ของหน้าต่าง Edit Project จะปรากฏหน้าต่าง Add Node ตามรูปที่ 6.20

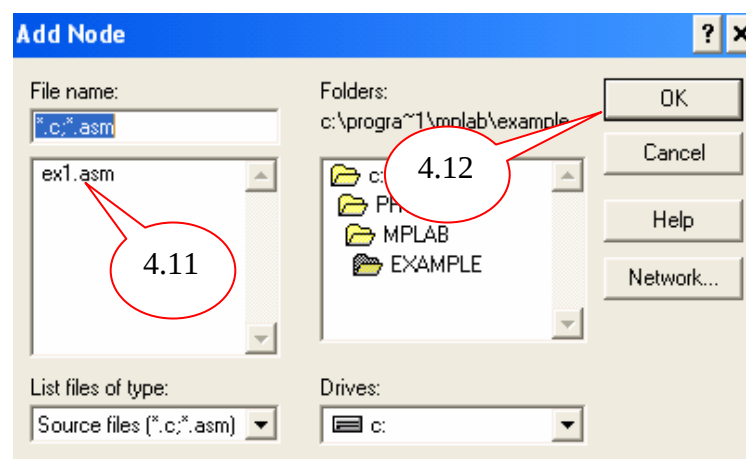


รูปที่ 6.19 ขั้นตอนที่ 4.8,4.9 ของการแปลงไฟล์นามสกุล .ASM เป็น .HEX

4.11 คลิกที่ชื่อไฟล์นามสกุล .ASM ที่ตั้งไว้ จะปรากฏชื่อนั้นที่ช่องได้ File Name

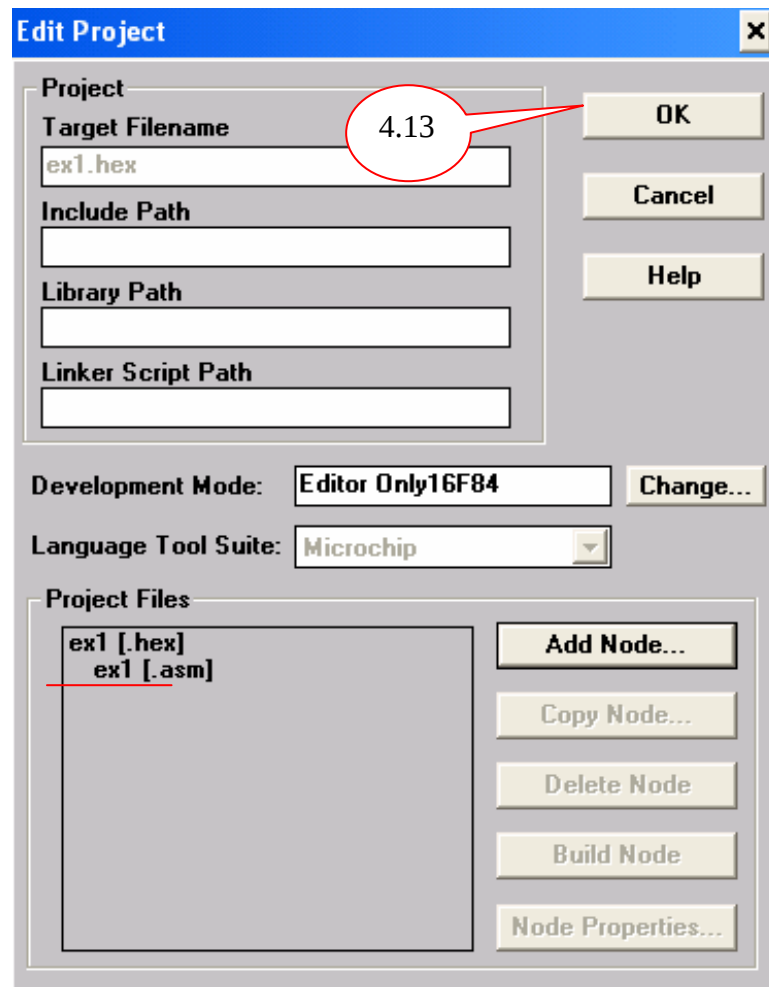
4.12 คลิกที่ปุ่ม OK จะย้อนกลับมาที่หน้าต่าง Edit Project และจะมีข้อความ ex1[.asm]

ได้ข้อความ ex1[.hex] เพิ่มขึ้นมา ตามรูปที่ 6.21



รูปที่ 6.20 ขั้นตอนที่ 4.11,4.12 ของการแปลงไฟล์นามสกุล .ASM เป็น .HEX

4.13 คลิกปุ่ม OK เป็นอันเสร็จสิ้นการแปลงไฟล์นามสกุล .ASM เป็น .HEX
ได้ตามรูปที่ 6.21

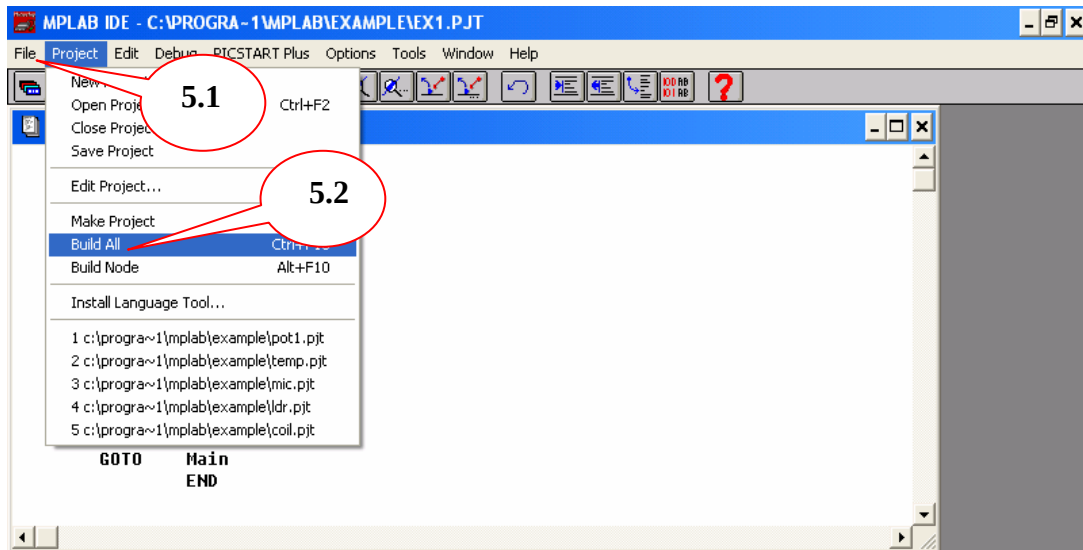


รูปที่ 6.21 ขั้นตอนที่ 4.13 ของการแปลงไฟล์นามสกุล .ASM เป็น .HEX

5 การตรวจสอบความถูกต้องของซอร์สโค้ดโปรแกรม

5.1 คลิกที่เมนู Project ตามรูปที่ 6.22

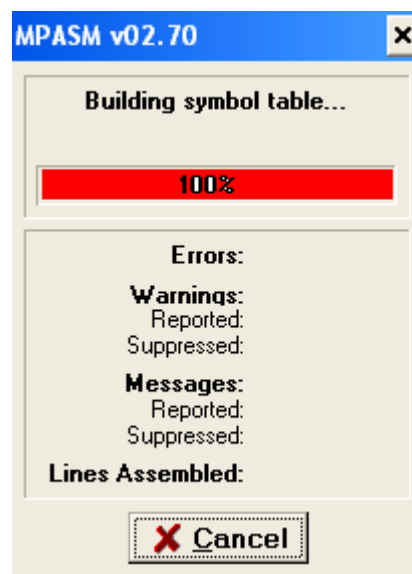
5.2 คลิกเลือกที่ Build All โปรแกรมจะตรวจสอบซอร์สโค้ดของโปรแกรมที่สร้างไว้ เมื่อการตรวจสอบถูกต้องจะเป็นสีเขียว แต่ถ้ามีข้อผิดพลาดจะเป็นสีแดง ตามรูปที่ 6.23



รูปที่ 6.22 ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของซอร์สโค้ดโปรแกรม



(ก) ผลการตรวจสอบได้ผลถูกต้อง



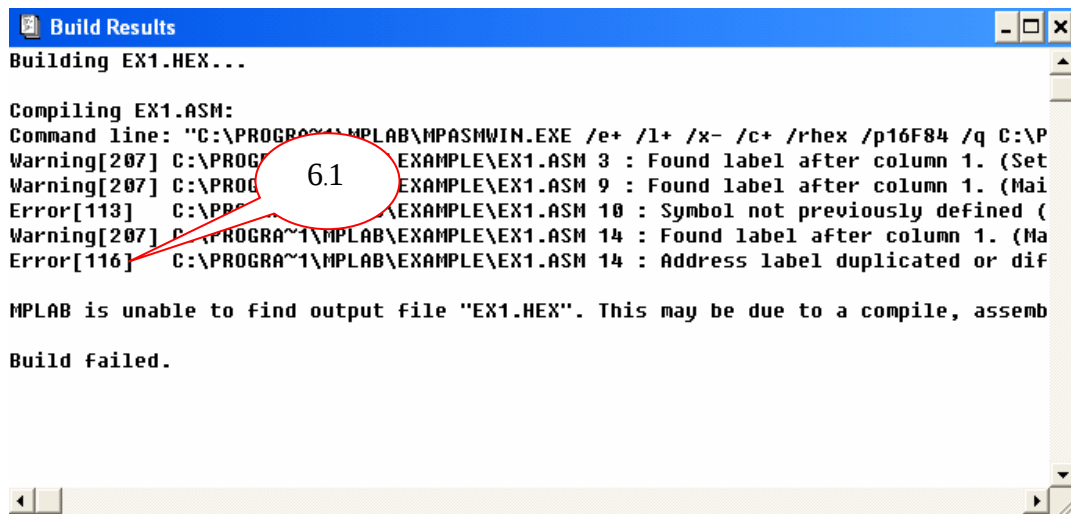
(ข) ผลการตรวจสอบมีข้อผิดพลาด

รูปที่ 6.23 การตรวจสอบความถูกต้องของซอร์สโค้ดโปรแกรม

6. การแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรม

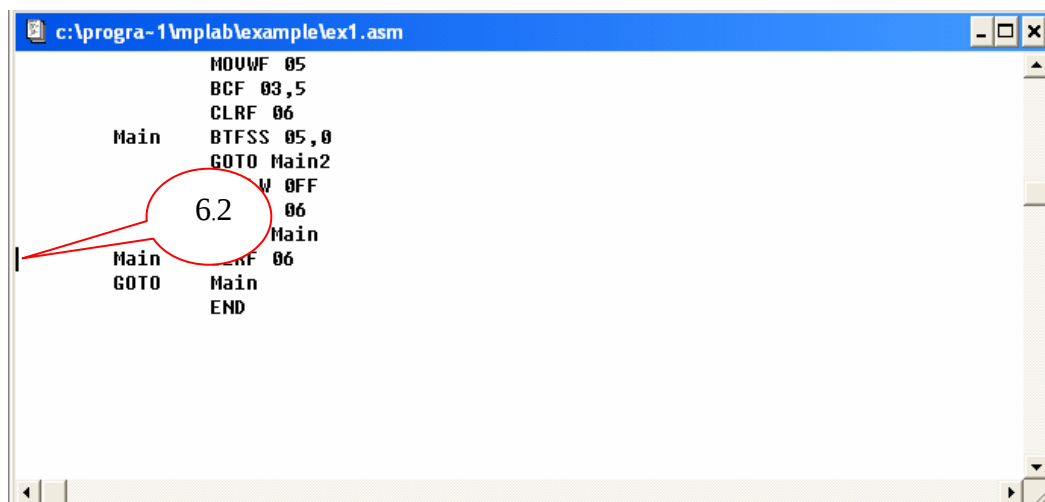
เมื่อทำการตรวจสอบโปรแกรม ด้วยการ Build All แล้วเกิดข้อผิดพลาดของโปรแกรม จะปรากฏหน้าต่าง Build Results แสดงผลการตรวจสอบตรงจุดที่เกิดข้อผิดพลาดจะแสดงผลในรูปที่ 6.24 สามารถดำเนินการแก้ไขตามขั้นตอนได้ดังนี้

6.1 ดับเบิลคลิกที่บรรทัดที่แสดงผลการ Error จะกลับไปหน้าจอต่าง ตามรูปที่ 6.25



รูปที่ 6.24 หน้าต่าง Build Results แสดงผลการตรวจสอบข้อผิดพลาด

6.2 เคอร์เซอร์จะกระพริบตรงที่แอสเคสที่มีข้อผิดพลาด ให้ทำการตรวจสอบดูและแก้ไข แล้วทำการตรวจสอบโปรแกรมโดย Build All ใหม่อีกครั้งหนึ่ง ถ้าโปรแกรมยังมีข้อผิดพลาดอยู่ ให้ดำเนินการแก้ไขตามขั้นตอนที่ 6.1 ใหม่ จนกว่าจะผ่านการตรวจสอบ



รูปที่ 6.25 การกระพริบของเคอร์เซอร์ตรงบรรทัดที่เกิดความผิดพลาด

ภาคปฏิบัติ

ให้สร้างไฟล์โปรแกรม EX1.ASM และแปลงเป็น EX1.HEX

โปรแกรม EX1.ASM

```

List P = 16F84
ORG 0
SetUp    BSF 03,5
          CLRF 06
          MOVLW 01
          MOVWF 05
          BCF 03,5
          CLRF 06
Main     BTFSS 05,0
          GOTO Main1
          MOVLW 0FF
          MOVWF 06
          GOTO MAIN
Main     CLRF 06
GOTO Main
END

```

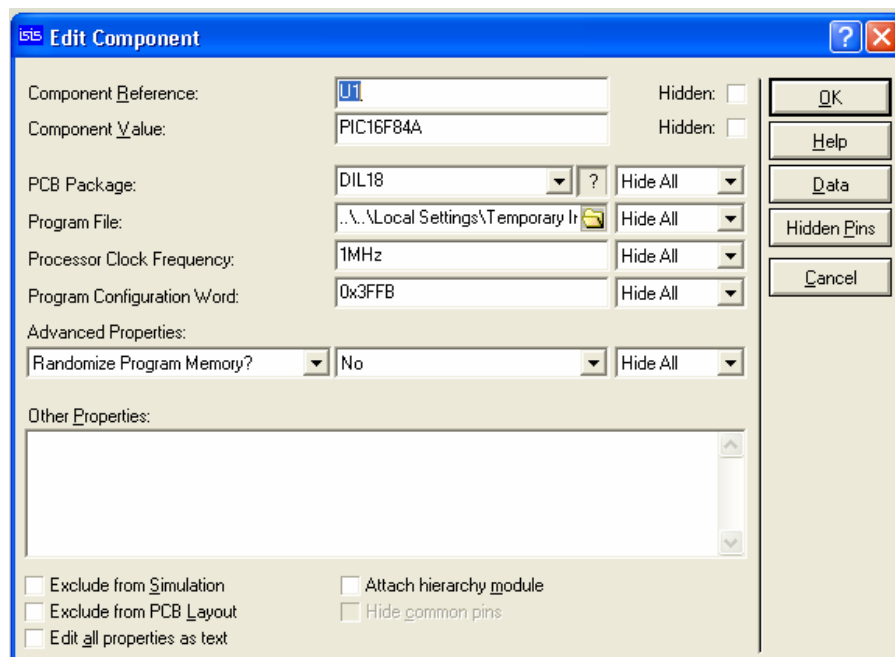
ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. สร้างซอร์สโค้ดโปรแกรม EX1 .ASM และบันทึกไว้ที่ C:\program~1 \ mplab \ example
2. แปลงโปรแกรม EX1.ASM เป็น EX1.HEX
3. ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมด้วยการ Build All และดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้อง

การฝังไฟล์ .HEX ลงไมโครคอนโทรลเลอร์

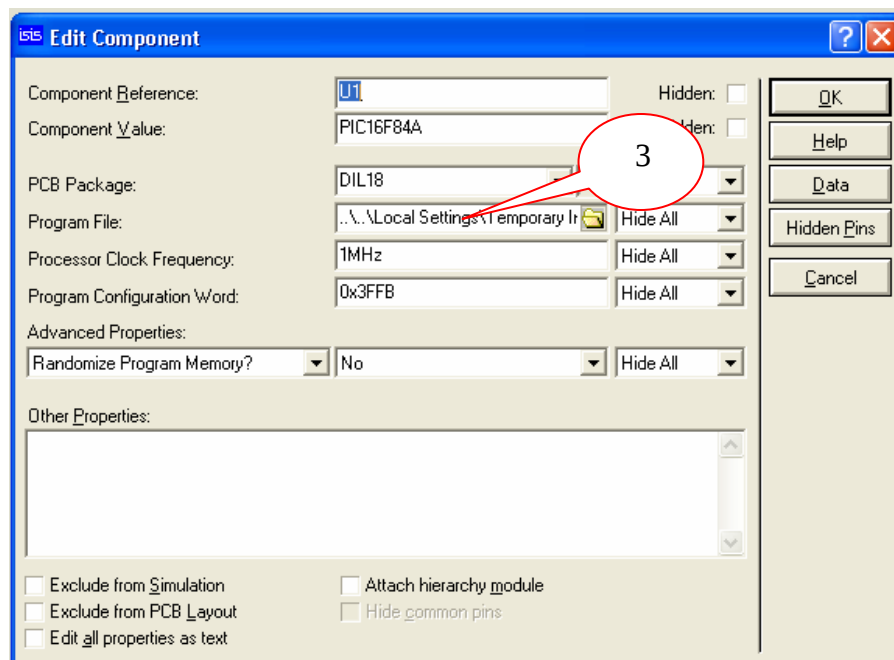
เมื่อเขียนวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยโปรแกรม Proteus เสร็จแล้วจะต้องมีการนำโปรแกรมที่แปลงเป็นไฟล์นามสกุล .HEX มาฝังลงในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทดสอบการทำงานของวงจร ตามขั้นตอนดังนี้

1. เข้าสู่โปรแกรม Proteus แล้วเปิดเพิ่ม EX1 ซึ่งเป็นวงจรที่ได้เขียนไว้แล้ว
2. เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่สัญลักษณ์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 16F84 แล้วดับเบิลคลิกจะเข้าสู่หน้าต่าง Edit Component ตามรูปที่ 6.26



รูปที่ 6.26 หน้าต่าง Edit Component

3. เปิดเพิ่ม EX1.HEX ซึ่งเก็บไว้ที่ C:\program~1 \mplab \ example โดยเลื่อนตัวชี้เมาส์ไปที่ Program File ตามรูปที่ 6.27 เพื่อโหลดข้อมูลมาไว้ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์



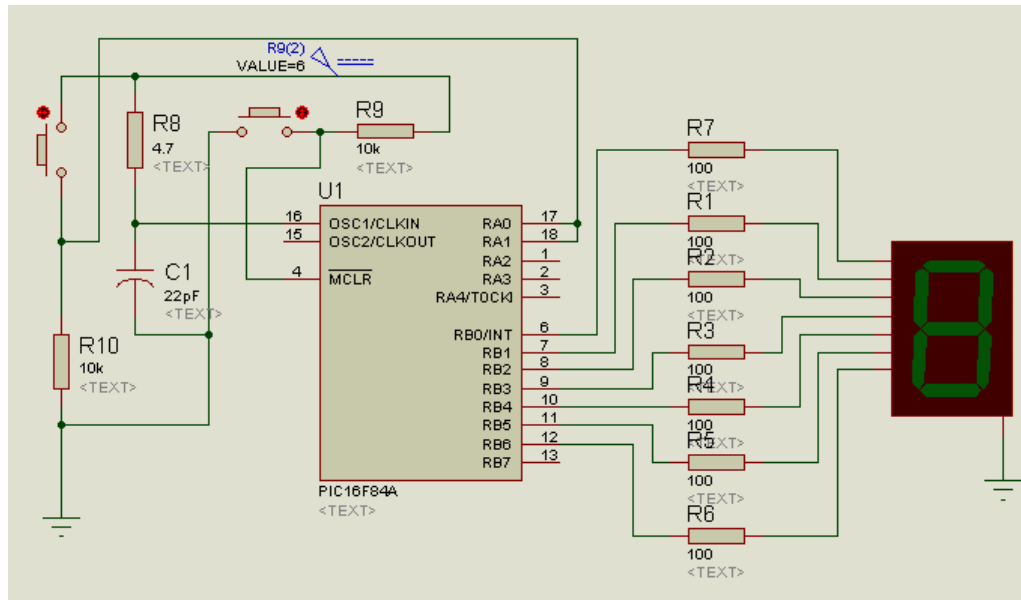
รูปที่ 6.27 เลื่อนตัวชี้เมาส์เพื่อโหลดข้อมูลไฟล์ EX1.HEX

4. จำลองการทำงานของวงจรและสังเกตผลการทำงาน

ตัวอย่างวงจร

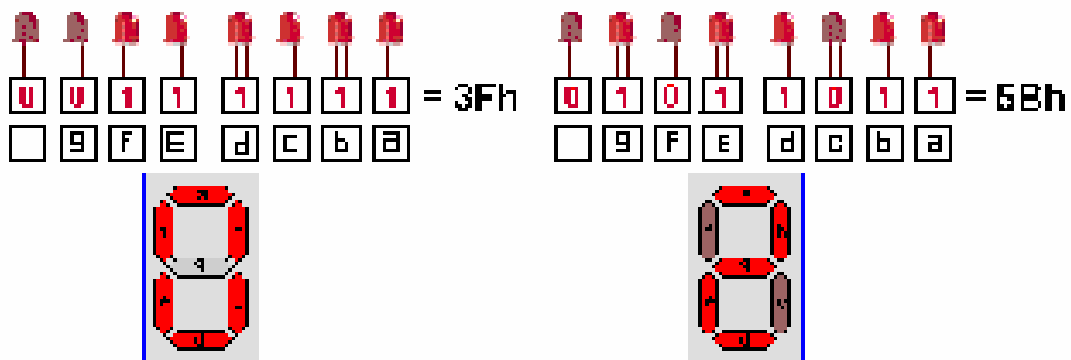
วงจรนับแสดงผลด้วยไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน

วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถแสดงผลเป็นตัวเลขโดยต่อกับไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน จากวงจรในรูปที่ 6.28 ใช้ไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน ชนิดคอมมอนแคโทด ต่อเข้ากับขา RB0-RB6 ของ PIC16F84 ซึ่งจะกำหนดให้เป็น ขาเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเป็นตัวเลข 7 ส่วน และตัวอักษรในภาษาอังกฤษ



รูปที่ 6.28 วงจรควบคุมไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน

จากรูปที่ 6.28 ใช้ PIC16F84 ควบคุมการแสดงผลของไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน จุดต่อตัวแสดงผล 7 ส่วน ได้แก่ a,b,c,d,e,f และg ต่อกับเอาต์พุต RB0-RB6 โดยเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลออกให้แสดงผลเป็นตัวเลขหรือตัวอักษรตามที่ต้องการ ตามตัวอย่างการแสดงผลในรูปที่ 6.29



(ก) ข้อมูลส่งออกเป็นเลข 0

(ข) ข้อมูลส่งออกเป็นเลข 2

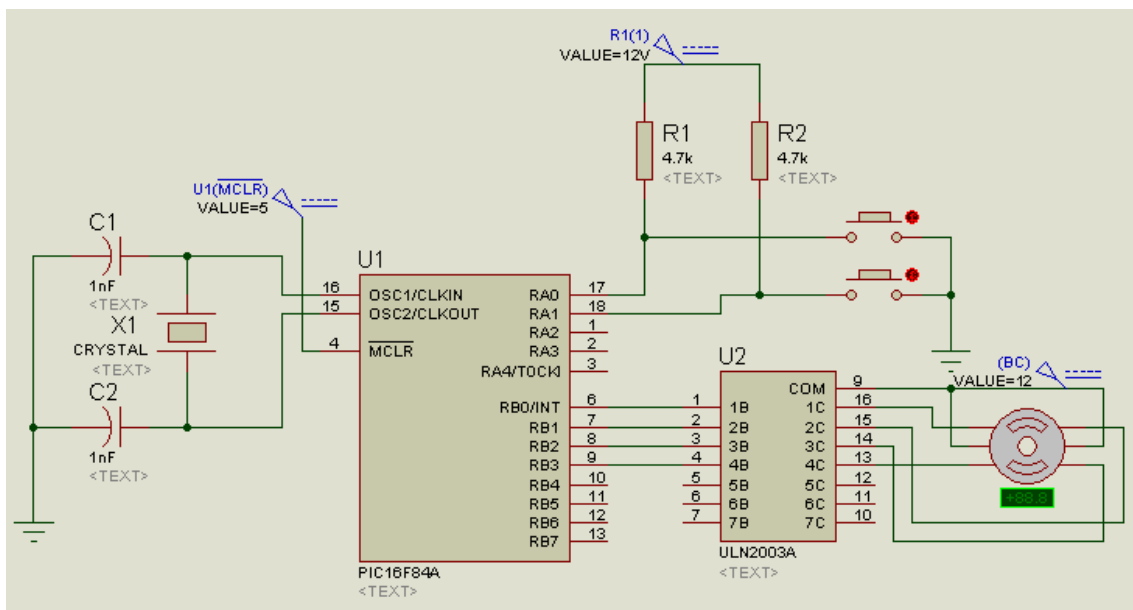
รูปที่ 6.29 การแสดงผลเป็นเลข02

ภาคปฏิบัติ

ให้เขียนวงจรตามรูปที่ 6.28 และฝังโปรแกรม EXPT4.HEX (อยู่ที่แผ่นCD) แล้วทดสอบการทำงานของวงจร

วงจรควบคุมสเตปเปอร์มอเตอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปต่อเป็นวงจรควบคุมทิศทางการหมุนของสเตปเปอร์มอเตอร์ได้ โดยเขียนโปรแกรมฝังลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ จากรูปที่ 6.30 เป็นวงจรควบคุมทิศทางการหมุนของสเตปเปอร์มอเตอร์โดยใช้ PIC 16F84



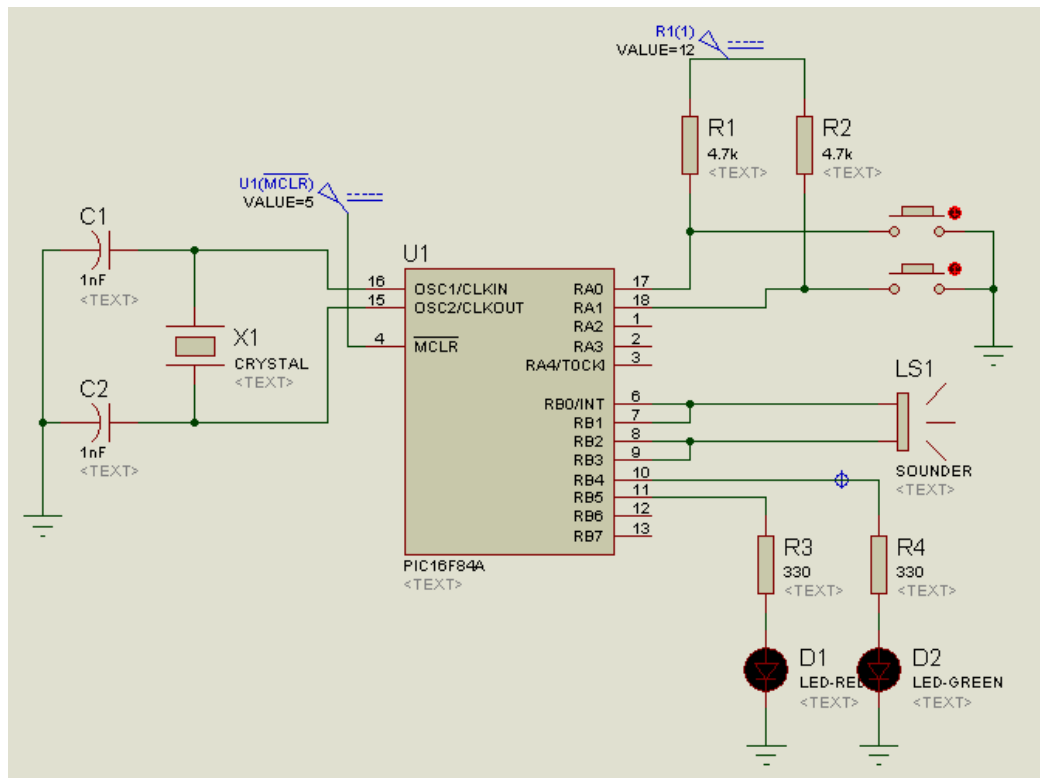
รูปที่ 6.30 วงจรควบคุมทิศทางการหมุนของสเตปเปอร์มอเตอร์

ภาคปฏิบัติ

ให้เขียนวงจรตามรูปที่ 6.30 และฝังโปรแกรม PICSTEPR.HEX (อยู่ที่แผ่นCD) แล้วทดสอบการทำงานของวงจร

วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถกำเนิดสัญญาณเสียงตามความต้องการได้ โดยการเขียนโปรแกรมฝังลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ จากวงจรในรูปที่ 6.31 เป็นวงจรที่กำเนิดความถี่เสียงเป็น 2 แบบ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84



รูปที่ 6.31 วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง

ภาคปฏิบัติ

ให้เขียนวงจรตามรูปที่ 6.31 และฝังโปรแกรม Pic Doorbell(อยู่ที่แผ่นCD) ลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84 แล้วทดสอบการทำงานของวงจร

วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปใช้เป็นวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อก ให้แสดงผลเป็นตัวเลขได้ โดยการแปลงสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วนำสัญญาณที่ได้ไปแสดงผลที่ไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน มีวงจรตามรูปที่ 6.32 ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้(Pot) เป็นตัวเปลี่ยนค่าทางอินพุตแล้วป้อนเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84 แล้วประมวลผลส่งออกที่ไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน

คำถามท้ายบท

1. การทดลองวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์มีขั้นตอนอย่างไรบ้าง จงอธิบาย
2. การเขียนวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์มีขั้นตอนอย่างไรบ้าง จงอธิบาย
3. การแปลงไฟล์ .ASM เป็นไฟล์ .HEX ด้วยโปรแกรม MPLAB มีขั้นตอนอย่างไรบ้าง จงอธิบาย
4. จงเขียนขั้นตอนในการฝังไฟล์ .HEX ลงในไมโครคอนโทรลเลอร์
5. จากตัวอย่างวงจร จงอธิบายการทำงานของแต่ละวงจร

เอกสารอ้างอิง

Sanchez, J. and Canton M. P. (2006). **Microcontroller Programming**. New York : CRC Press.

Wilmshurst, T. (2007). **Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers**. New York : Newnes.

http://www.hobby-elec.org/e_pic6.htm (10 August 2007).

http://www.interq.or.jp/japan/se-inoue/e_pic6_1.htm (1 August 2007).

<http://www.labcenter.co.uk/products/pic16.cfm> (6 August 2007).

http://www.talkingelectronics.com/te_interactive_index.html (12 September 2007).

บรรณานุกรม

- สมชาย ชื่นวัฒนาประณีต. (2548). การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์. อุตรธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี.
- (2548). เอกสารคำสอนวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์2. อุตรธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี.
- Reis, R. A. (1991). **Digital Electronics through Project analysis**. New York : Macmillan.
- Sanchez, J. and Canton M. P. (2006). **Microcontroller Programming**. New York : CRC Press.
- Wilmshurst, T. (2007). **Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers**. New York : Newnes.
- <http://www.alldatasheet.com>(22/02/2007).
- <http://www.electronicsforu.com>(08/02/2007).
- http://www.hobby-elec.org/e_pic6.htm (10 August 2007).
- <http://www.homr.cogeco.ca/~rpaisley4/LM555.html>.(11/02/2007).
- http://www.interq.or.jp/japan/se-inoue/e_pic6_1.htm (1 August 2007).
- <http://www.labcenter.co.uk/products/pic16.cfm> (6 August 2007).
- http://www.talkingelectronics.com/te_interactive_index.html (12 September 2007).
- http://www.talkingelectronics.com/te_interactive_index.html.(09/02/2007).
- <http://www.uoguelph.ac/~antoon/gadgets/741/741.html>.(08/02/2007).
- <http://www.uoguelph.ac/~antoon/circ/555test.html>.(10/02/2007).