ระบบเสียงสำหรับการประชุม

(CONFERENCE AUDIO AMPLIFIER)

นายชูชาติ พูตระกูล รหัส39013270

นายมรกต ทุมอนันท์ รหัส39013285

นายเอกชัย กำลังเกื้อ รหัส39013301

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์

อาจารย์ เรืองศักดิ์ เจริญผ่อง

เลขเรียกหนังสือ ปพ ว648ร 2541

เลขทะเบียน 040538

วัน เดือน ปี 19 ตค 41

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

040538

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2541

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

เรื่อง ระบบเสียงสำหรับการประชุม (CONFERENCE AUDIO AMPLIFIER)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้จัดทำ

1. นายชูชาติ พูตระกูล 39013270
2. นายมรกต ทุมอนันท์ 39013285
3. นายเอกชัย กำลังเกื้อ 39013301

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

( )

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

( )

.....กรรมการ

( )

.....กรรมการ

( )

.....กรรมการ

( )

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเสียงสำหรับการประชุม

บทคัดย่อ

ระบบการประชุมนั้นมีความจำเป็นมากไม่ว่าภาครัฐหรือเอกชน ซึ่งจะต้องใช้ระบบการส่งข่าวสารข้อมูลโดยทั่วถึงกัน ในระบบการประชุมก็เช่นกันจะเห็นได้บ่อยมาก ไม่ว่าหน่วยงานใด ๆ ก็ต้องมีการประชุม ซึ่งจะมีหลายวิธีที่ต้องใช้กัน แต่ละวิธีล้วนมีวิธีที่ที่แตกต่างกัน แต่ที่ใช้กันโดยทั่วไปก็จะใช้ชุดประชุม (conference) ซึ่งสะดวกต่อการใช้งาน

โครงงานการทดลองนี้ได้ออกแบบชุดประชุมที่มีระบบการขยายได้สูง ระบบประกอบด้วย ชุดประธาน ชุดผู้ร่วมประชุม ชุดขยายสัญญาณ ชุดสัญญาณกริ่ง ชุดแหล่งจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONFERENCE AUDIO AMPLIFIER

ABSTRACT

Conference system is the most important activity of every organization because of the meeting is the end of discusing and start of decision. Which is supported by a lot of information form staff and system the power amplifier conferencing system which is used to amplify the staft ' s voice.

The project presents the power amplifier conferencing system . Which is consist of chairman unit , gelegates unit , power amplifier unit , ringing unit and power supply unit .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้าที่
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	โครงสร้างและการทำงานทั่วไป	2
บทที่ 3		
	3.1 ทฤษฎีและการทำงานทั่วไป	
	3.1.1 วงจรขยายเสียงสำหรับชุดประชุม	5
	3.1.2 LM - 380 ไอซีขยายเสียง 2 วัตต์	5
	3.2 ลิเนียร์เรกกูเลเตอร์	13
	3.2.1 วงจรรักษาระดับแรงดัน	13
	3.2.2 วงจรป้องกันวงจรเรกกูเลเตอร์อนุกรม	14
	3.2.3 วงจรป้องกันแรงดันเกิน	14
	3.2.4 ไอซี เรกกูเลเตอร์	15
	3.3 วงจรปรับแรงดันโดยใช้ 723	17
	3.3.1 การทำงานของ 723	17
	3.1.2 การใช้งานไอซี 723 ควบคุมแรงดัน	20
	3.4 Switch Control MC 14520	21
	3.4.1 การอีนาเบิ้ลและการรีเซ็ท	23
	3.5 สวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์	25
	3.5.1 สวิตซ์ทรานซิสเตอร์ในอุดมคติ	25
	3.5.2 การปิด เปิดสวิตซ์ของทรานซิสเตอร์ในทางปฏิบัติ	25
	3.5.3 สปีดอัพคาปาซิเตอร์	30
	3.5.4 วงจรควบคุมสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานจริง	33
	3.5.5 การรีเซ็ท	34
	3.6 การออกแบบวงจรไฟตรง	35
	3.7 การเรียงกระแส	37
	3.7.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น	38
	3.7.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น	40
	3.7.3 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์	42
	3.7.4 ตัวประกอบคลื่น	43
	3.7.5 การเลือกขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้าที่
	3.8 ไมโครโฟน	46
บทที่ 4	หลักการทำงานของวงจร	
	4.1 การทำงานของวงจรชุดประชุม	54
	4.2 หลักการทำงานของวงจร POWER SUPPLY CONFERENCE	55
	4.3 การทำงานของวงจรกริ่ง	55
	4.4 การทำงานของวงจรขยาย	56
บทที่ 5	การออกแบบวงจร	
	5.1 วงจรรีเซ็ท (Reset)	61
	5.2 . แหล่งจ่ายไฟสำหรับชุดประชุม (Power Supply)	64
	5.3 การออกแบบวงจรปรีไมค์ (Pre Mic)	69
	5.4 การออกแบบวงจรเรกกูเลเตอร์สำหรับวงจรปรีไมค์	71
	5.5 รายละเอียดและขอบเขตการใช้งานของชุดประชุม (Specification)	72
บทที่ 6	บทสรุปและวิจารณ์	73
	กิตติกรรมประกาศ	
	ภาคผนวก	
	หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เพื่อศึกษาการสร้างวงจรที่ใช้ในระบบสัญญาณเสียงสำหรับชุดประชุมให้สามารถใช้งานได้จริง มีคุณภาพดีและราคาถูก ประหยัดและง่ายต่อการติดตั้งใช้งาน การรักษาซ่อมแซมให้สามารถใช้ประโยชน์ตามลักษณะที่ออกแบบเอาไว้

เนื่องจากในปัจจุบันการติดต่อสื่อสาร การปรึกษาหารือ ชี้แจงข้อมูลรายละเอียดระหว่างกลุ่มชนต่างๆมีมากขึ้น เพื่อให้การสื่อสารเป็นไปอย่างทั่วถึงและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น จึงได้มีการนำอุปกรณ์เกี่ยวกับการขยายเสียงเข้ามาใช้มากขึ้นเรื่อยๆ จนกลายเป็นส่วนหนึ่งของการประชุม การปรึกษาหารือ เราจึงเรียกกันติดปากว่า "ระบบสัญญาณเสียงหรับชุดประชุม"หรือเรียกสั้นๆว่าชุดประชุม นั่นเอง

ระบบสัญญาณเสียงสำหรับชุดประชุม มีหลากหลายรูปแบบ หลากหลายราคาและคุณภาพก็แตกต่างกันออกไปตามราคา การที่จะจัดหาชุดประชุมที่มีคุณภาพดีๆสักชุดนั้นจำเป็นจะต้องใช้งบประมาณเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในหน่วยงานทั้งของรัฐและเอกชนที่มีองค์กรขนาดใหญ่เนื่องจากการมีประมาณที่จำกัดจึงมีการจัดทำโครงงานระบบเสียงสำหรับชุดประชุมเกิดขึ้น เพื่อออกแบบสร้างชุดประชุมที่มีคุณภาพดีแต่ราคาประหยัด

การศึกษาคุณสมบัติและหลักการทำงานของวงจรชุดประชุมดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นซึ่งปัจจุบันมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง ดังที่จะเห็นได้โดยทั่วไปตามหน่วยงานต่าง ๆ

ในโครงงานนี้เป็นการนำชุดประชุมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ได้นำมาศึกษาคุณสมบัติโดยออกแบบการใช้ IC ที่มีคุณสมบัติในการใช้งานที่ดีกว่า รวมทั้งมีอัตราการขยายมีกำลังมากยิ่งขึ้น ทั้งภาคขยายเสียงทางด้าน Output วงจรกริ่ง.(Ringing) รวมทั้งวงจรแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) และในวงจรขยายเสียงจะใช้ IC RYO - 175 เป็นตัวขยายเสียงด้าน Output มีอัตราการขยายสูงสุดเท่ากับ 75 วัตต์ และในส่วนของชุด POWER SUPPLY สามารถต่อสัญญาณอินพุทจากภายนอกได้จาก TAPE , CD ,MICROPHONE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

โครงสร้างและการทำงานทั่วไป

1.ส่วนที่เป็นชุด แหล่งจ่ายกำลังและควบคุม(Power Supply and Control Unit) ก็คือส่วนของแหล่งจ่ายไฟตรง(DC Power Supply) , การขยายกำลัง (Power Amplifier),วงจรกำเนิดเสียงระฆัง(Ringing)

2.ส่วนที่เป็นชุดประธาน (Chairman Unit) ก็คือส่วนของปรีไมค์โครโฟน(Pre Microphone),สวิตช์ที่มีความสำคัญ (Priority Switch), ขยายสัญญาณเสียงและลำโพง

3.ส่วนที่เป็นชุด ผู้ร่วมประชุม (Gelegates Unit) ก็คือส่วนของปรีไมค์โครโฟน (Pre Microphone),สวิตช์(Switch), ขยายสัญญาณเสียงและลำโพง

ชุดประชุม CONFERENCE SYSTEM

1. ชุดประธาน (CHAIRMAN ' S UNIT)

การใช้งาน

1. สวิตช์ MIC เมื่อต้องการพูดให้กดสวิตช์นี้เบาๆ 1 ครั้งจะสังเกตเห็นหลอดไฟซึ่งอยู่ด้านบนของเครื่องติดสว่าง และเมื่อเลิกใช้ให้กดสวิตช์เดิมอีกครั้งหนึ่ง สัญญาณไฟจะดับ ในขณะเดียวกันเมื่อกดสวิตช์ MIC วงจรภายในจะตัดสัญญาณของลำโพง และเมื่อปิดสวิตช์ไมโครโฟน จะสามารถรับฟังเสียงของผู้ร่วมประชุมได้เช่นเดิม

2. สวิตช์ Priority ใช้เมื่อต้องการยกเลิกการพูดของผู้ร่วมประชุมโดยในขณะที่ใช้สวิตช์นี้ ไมโครโฟนของผู้ร่วมประชุมซึ่งกำลังใช้งานอยู่ทุกตัว จะถูกยกเลิกการทำงานพร้อมกับมีเสียงระฆังดังขึ้นที่ชุดผู้ร่วมประชุมทุกตัว และประธานสามารถพูดแทรกได้ด้วย

3. ขั้วไมโครโฟนจะมีขั้วต่อแบบ 4 PIN อยู่ด้านบนเครื่องสำหรับเสียบไมโครโฟน

4. มีสวิตช์อยู่ด้านบนเครื่อง เมื่อผู้ใช้เปิดสวิตช์ไมโครโฟนหลอดไฟจะติดสว่างแสดงผลการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชุดผู้ร่วมประชุม (Gelegate ' s Unit)

<u>การใช้งาน</u>

1. สวิตซ์ MIC เมื่อต้องการพูดให้กดสวิตซ์นี้ เบาๆ 1 ครั้ง จะสังเกตุเห็นหลอดไฟซึ่งอยู่ด้านบนของเครื่องติดสว่างและเมื่อต้องการเลิกใช้ให้กดสวิตซ์เดิมอีกครั้งหนึ่งสัญญาณไฟจะดับ ในขณะเดียวกันเมื่อกดสวิตซ์ MIC วงจรภายในจะตัดสัญญาณของลำโพง และเมื่อปิดสวิตซ์ MIC จะสามารถรับฟังเสียงพูดของผู้ร่วมประชุมได้เช่นเดิม ในขณะเดิมที่กำลังใช้ไมโครโฟนอยู่ เมื่อชุดประธานใช้สวิตซ์ Priority เพื่อยกเลิกการพูดของผู้ร่วมประชุม เครื่องของผู้ร่วมประชุมจะอยู่ในสภาวะรับฟัง ไม่สามารถพูดแทรกขึ้นมาได้ จนกว่าชุดของประธานจะกดสวิตซ์ Priority อีกครั้งเพื่ออนุญาตให้ผู้ร่วมประชุมพูดได้ โดยกดสวิตซ์ MIC ตามปกติ

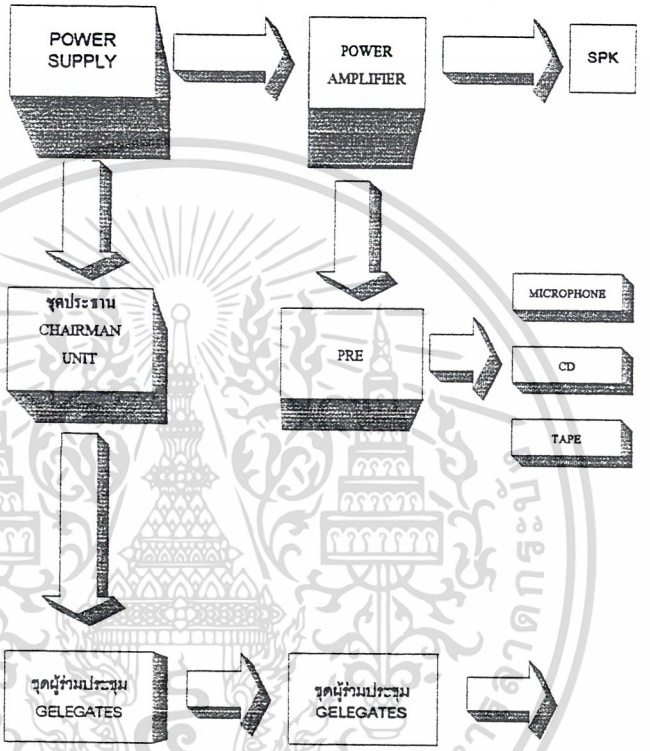
2. ชุดผู้ร่วมประชุมจะมีจุดเสียบต่อสัญญาณชนิด 8 PIN อยู่ด้านหลังของเครื่องเพื่อสำหรับต่อเชื่อมกับชุดผู้ร่วมประชุมชุดอื่นๆ โดยจะมีสายต่อไปยังแต่ละเครื่อง

3. ที่ด้านบนของตัวเครื่องจะมีขั้วต่อแบบ 4 PIN สำหรับเสียบไมโครโฟน

4. ที่ด้านบนของตัวเครื่องจะมีหลอดไฟอยู่ จะแสดงเมื่อเปิดสวิตซ์ไมโครโฟนหลอดไฟจะติดสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างและส่วนประกอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

3.1 ทฤษฎีและการทำงานทั่วไป

3.1.1 วงจรขยายเสียงสำหรับชุดประชุม

ในระบบเสียงสำหรับชุดประชุมสิ่งที่จะมองข้ามไปไม่ได้นอกจากคุณภาพของเสียงแล้วยังต้องคำนึงถึง ขนาดของชุดประชุมอีกด้วย ชุดประชุมจำเป็นจะต้องมีขนาดเล็ก กะทัดรัด เพื่อความสะดวกในการติดตั้งใช้งาน เคลื่อนย้ายได้ง่าย แต่การที่จะออกแบบชุดประชุมที่ขนาดเล็กเป็นเรื่องยาก โดยเฉพาะวงจรขยายกำลัง(Power Amplifier) สำหรับชุดประชุม ข้อจำกัดของขนาดทรานซิสเตอร์กำลัง (Power Transistor) ที่มีขนาดใหญ่ การระบายความร้อน การจัดไบอัสให้กับวงจร มีความยุ่งยาก ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงข้อจำกัดอันนี้
จึงหันไปพิจารณาไอซีขยายเสียงสำเร็จรูปแทน เป็นข้อได้เปรียบอีกอันหนึ่งของไอซีที่มีให้เลือกหลากหลายระดับของกำลังวัตต์ที่ต้องการ และในระบบชุดประชุมก็ต้องการวงจรขยายกำลังที่มีวัตต์ค่อนข้างต่ำ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและป้องเสียงจากลำโพงที่ย้อนเข้ามารบกวน

เนื่องจากไอซีมีมากมายดังนั้นการเลือกใช้จึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ออกแบบ สำหรับในระบบชุดประชุมนี้เราได้เลือกไอซีเบอร์ LM-380 เป็นวงจรขยายกำลัง(Power Amplifier) ลองมาพิจารณาคุณสมบัติต่างๆ (Specification) ของ LM-380 ดังรายละเอียดข้างล่างนี้

3.1.2 LM-380 ไอซีขยายเสียงขนาด 2 วัตต์

ไอซี แอลเอ็ม 380 (LM-380) ผลิตโดยบริษัทเนชั่นแนล เซมิคอนดัคเตอร์(National Semiconductor)ไอซีเบอร์นี้สามารถนำไปใช้ในการขยายเสียงได้อย่างง่ายๆ โดยมีอัตราการขยายภายในคงที่ถึง 50 หรือ 34 เดซิเบล(34 db) และพลังงานที่เอ้าท์พุทมีค่าเท่ากับ 2 วัตต์(r.m.s.) นอกจากนี้เอ้าท์พุทยังมีวงจรป้องกันการลัดวงจร วงจรป้องกันอุณหภูมิที่สูงเกิน และมีช่วงการตอบสนองความถี่สูงถึง100 KHz กำลังเอ้าท์พุท 2วัตต์ ณ โหลด 8 โอห์ม ซึ่งจะให้ความเพี้ยนของสัญญาณเพียง 0.2% และสามารถใช้ไฟเลี้ยงวงจรเพียงตัวเดียวในช่วง 8 ถึง 22 โวลท์

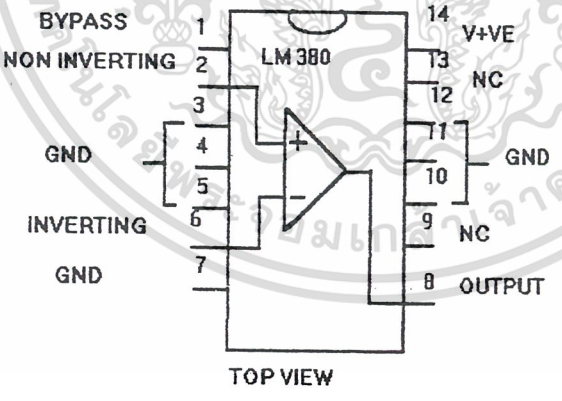
การทำงานของแอลเอ็ม 380 (LM 380)

วงจรภายในของไอซีแอลเอ็ม 380 ที่ ทรานซิสเตอร์ Q1และ Q2 ถูกต่อเป็นแบบ พีเอ็นพี อิมิตเตอร์ ฟอลโลเวอร์ (pnp Emitter Follower) ที่ถูกใช้ไปขับให้ทรานซิสเตอร์ Q3-Q4 เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด พีเอ็นพี (pnp) โดยต่อแบวงจรขยายผลต่าง การใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด พีเอ็นพี นั้นก็เพื่อให้สัญญาณทางอินพุทจะได้เป็นการอ้างอิงทางดีซีกับกราวนด์ได้ ซึ่งทำให้อินพุททรานสดิวเซอร์สามารถต่อเข้าโดยตรงระหว่างกราวนด์และจุดอินพุท และที่เอ้าท์พุทของวงจรขยายผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างนี้เองจะต่อเข้ากับขาเบส(Base)ของ ทรานซิสเตอร์Q12 ซึ่งจะต่อในลักษณะวงจรขยายคอมมอน-อิมิตเตอร์เช่นเดียวกับทรานซิสเตอร์ Q11 โดยที่ทรานซิสเตอร์ Q11 นี้จะทำให้มันมีค่าอินพุท อิมพีแดนซ์ (input impedance)สูงและที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q12 จะต่อเข้ากับทรานซิสเตอร์ Q7,Q8,Q9 ตามลำดับ สำหรับค่ากระแสเอ้าท์พุทของทรานซิสเตอร์ Q7 และ Q9 นี้จะมีค่าเท่ากับ 1.3 แอมป์ สำหรับตัวต้านทานที่ทำหน้าที่ฟีดแบค R2 ซึ่งต่ออยู่ระหว่างขาเอ้าท์พุทของไอซีกับอีกด้านหนึ่งของวงจรขยายผลต่างและมีค่าเพียงครึ่งหนึ่งของตัวต้านทาน R1 หน้าที่ของตัวต้านทานสองตัวนี้ คือ เป็นตัวขยายให้พลังงานที่เอ้าท์พุทสมดุลย์อยู่ที่ค่าแรงดันประมาณครึ่งหนึ่งของไฟเลี้ยงอัตราการขยายภายในของไอซีจะมีค่าตายตัวที่ 50 หรือ 34dB โดยพิจารณาจากอัตราส่วนระหว่างR2และR3

ดังรูปแสดงให้เห็นถึงขาต่างๆของไอซี LM 380 ซึ่งอยู่ในแพคเกจขนาด 14 ขา โดยที่แพคเกจของไอซีนี้มีโครงเป็นทองแดงก็เพื่อว่าจะเป็นตัวระบายความร้อนโดยที่โครงนี้สามารถทนความร้อนได้ 1.1 W ที่อุณหภูมิโดยรอบเท่ากับ 50°C หรือ 1.5 W ที่อุณหภูมิ 25°C แต่ทว่าเรายังสามารถเพิ่มขีดความสามารถของมันได้อีก โดยการต่อขาทั้ง 6 เป็นส่วนระบายความร้อน (3 , 4 , 5 , 10 , และ 12) เข้ากับแผงวงจรที่มีพื้นที่เท่ากับ 6 ตารางนิ้ว ซึ่งจะทำให้สามารถทนความร้อนได้ถึง 3 W ที่อุณภูมิภายนอกเท่ากับ 50°C



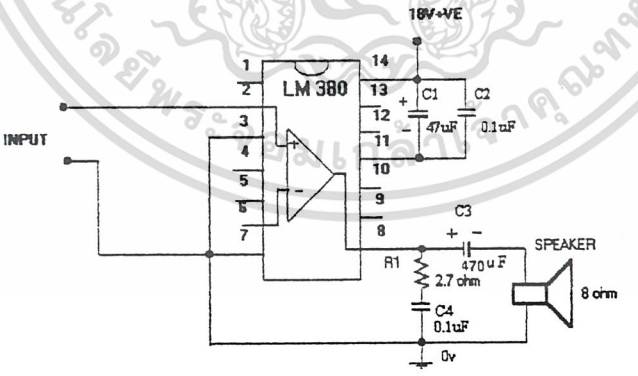
รูป 3.1 โครงสร้างภายนอกของ LM 380

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซี LM 380 นั้นเป็นไอซีที่ง่ายกับการใช้งาน โดยที่สัญญาณ input สามารถที่จะต่อโดยตรงกับขาอินเวอร์ติ้ง (ขา 6) หรือ นอน-อินเวอร์ติ้ง (ขา 2) อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งจะทำให้มีค่าอินพุทอิมพิแดนซ์ราวๆ 150 KΩ สำหรับขาอินพุทที่ไม่ใช่ เราสามารถที่จะปล่อยลอยไว้หรือไม่ก็ลงกราวนด์โดยตรงหรือผ่านตัวต้านทานก็ได้ สำหรับลำโพงวิทยุที่จะใช้เป็น output ต่อระหว่างขา 8 โดยจะต้องผ่านตัวเก็บประจุ และกราวนด์

ไอซี LM 380 นี้สามารถที่จะใช้กับแรงดันในช่วง 8 V ถึง 22 V โดยปกติ จะมีการต่อตัวเก็บประจุแบบอิเล็คโตรไลส์ที่มีขนาด 47 uF หรือใหญ่กว่านี้ และตัวเก็บประจุแบบเซรามิคที่มีขนาด 0 .1 uF ระหว่างขา 14 กับขากราวนด์ (ไฟเลี้ยง) เพื่อเป็นการป้องกันสภาวะบางอย่างที่อาจจะเกิดขึ้นได้ เช่น กระแสสลับที่อาจปะปนเข้ามาได้ ในบางครั้งเกิดโหลดของวงจรเป็นพวกตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ เช่น ลำโพงที่ใช้ในการวิทยุ (loud speaker) Zobel Nework (ประกอบด้วยตัวต้านทานที่มีค่าเท่ากับ 2.7 Ω กับคาปาซิเตอร์ 0.1 F ที่ต่ออนุกรมกันอยู่) จะถูกนำมาใช้โดยต่อระหว่าง output (pin 8) กับกราวนด์ (pin 7 or 3) เพื่อป้องกันสัญญาณที่มีความถี่สูง (high frequency oscillation) แต่ถ้าในกรณีของไฟเลี้ยงที่จะจ่ายให้แก่ IC LM 380 นี้เกิดมีค่า ripple สูง เราควรที่จะใช้คาปาซิเตอร์ชนิดอิเล็คโตรไลส์ที่มีค่า 10 uF หรือมากกว่าต่อที่ขา 1 กับกราวน์เพื่อป้องกันค่า ripple นี้จะไปทำลายลำโพงได้ สำหรับ ไอซี LM 380 นี้ยังสามารถที่จะกำจัดค่า ripple ที่มีค่า 37 dB ที่ 50 Hz ได้เอง แต่ถ้ามากกว่านี้จะต้องเพิ่มตัวเก็บประจุตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

ประยุกต์ทดลองใช้

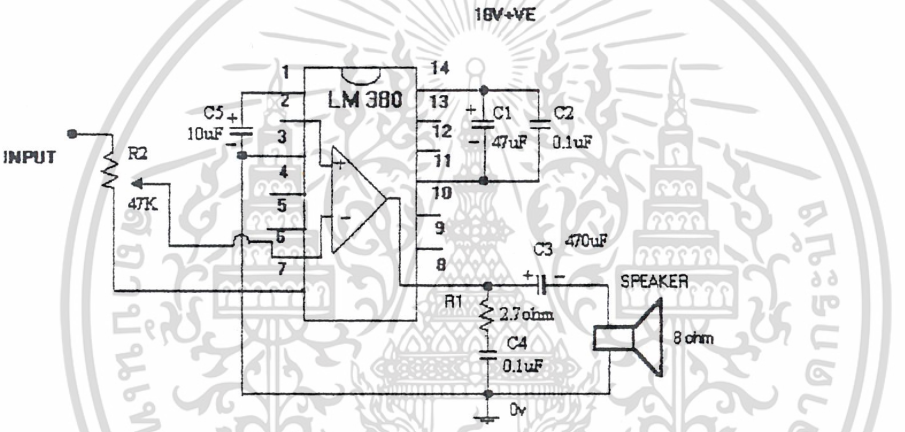


รูป 3.2 วงจรขยายขนาด 2 W แบบนอนอินเวอร์ติ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปเป็นการแสดงถึงการใช้ LM 380 วงจรขยายขนาด 2 Watt โดยใช้แบบนอนอินเวอร์ติ้งอย่างง่าย ซึ่งจะเห็นว่าสัญญาณอินพุทนั้นเชื่อมโดยตรงระหว่างกราวนด์กับขานอนอินเวอร์ติ้งอินพุท (ขาที่2) ของไอซี ซึ่งจะทำให้ค่าอินพุท มีค่าราวๆ 150 KΩ สำหรับลำโพง 8 Ω นี้จะต่อกับกราวนด์และขาเอ้าท์พุท (ขา 8) ของไอซี โดยผ่าน 470 uF ตัวเก็บประจุ (C3) และวงจรแบบ Zobel (R1 - C4) นี้จะถูกต่อคร่อมกับเอ้าท์พุทของไอซีเพื่อที่จะกำจัดค่าออสซิลเลชั่นที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อใช้ลำโพงชนิดเหนี่ยวนำที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ (low - impedance inductive speaker) และไฟเลี้ยงมี C1 และ C2 ต่ออยู่เพื่อป้องกันกระแสสลับที่อาจปะปนเข้ามาได้

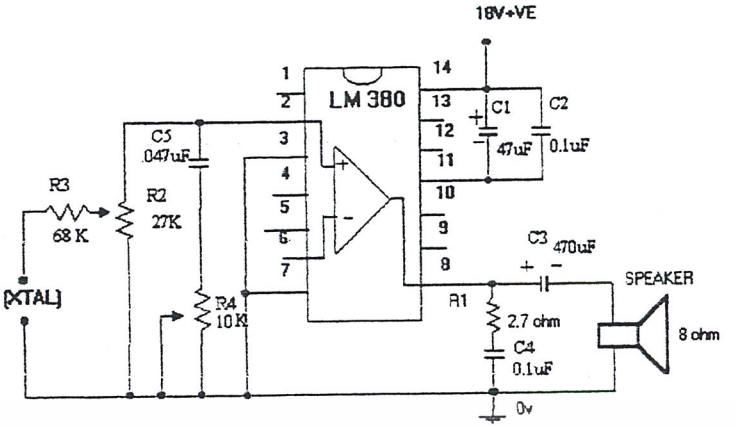
LM 380 นี้ยังสามารถใช้เป็นการขยายแบบอินเวอร์ติ้งได้โดยการใช้สัญญาณอินพุทที่ขา 6 แทน และ ปล่อยให้ขานอนอินเวอร์ติ้งอินพุทลอยไว้แทนดังแสดงในรูป 3.3



รูป 3.3 วงจรขยาย 2 W ที่มีการควบคุมความดันและการกำจัดริปเปิ้ล

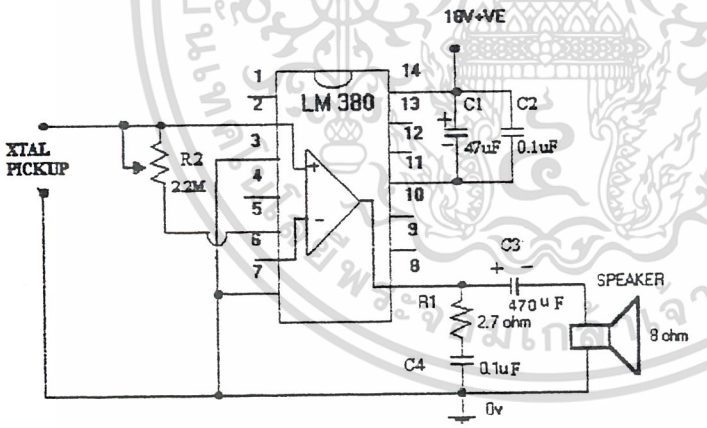
ซึ่งในรูปนี้แสดงให้เห็นว่าเรามีการเพิ่มการปรับค่าแรงดันโดยใช้ R2 (volume) เข้ามาในวงจรและปรับปรุงค่า ripple โดยการใช้ C5 ต่ออยู่ที่ขา 1 และกราวนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.4 เป็นวงจรขยายเสียงขนาด 2 W อย่างง่ายๆ โดยเซรามิคหรือคริสตัล (XTAL)ด้วย

สำหรับ R2 และ R3 ในที่นี้จะเป็นตัวคอยควบคุมความค่อยดังของเสียง C5 และ R4 จะเป็นตัวปรับความทุ้มแหลมของเสียง R3 นั้นต่ออนุกรมอยู่กับ R2 และ XTAL จะทำให้วงจรนี้มีค่าอินพุทอิมพิแดนซ์สูง ส่วนนี้เองทว่าค่า R3 นี้เองจะทำให้สัญญาณที่เกิดจาก XTAL มีค่าน้อยลง



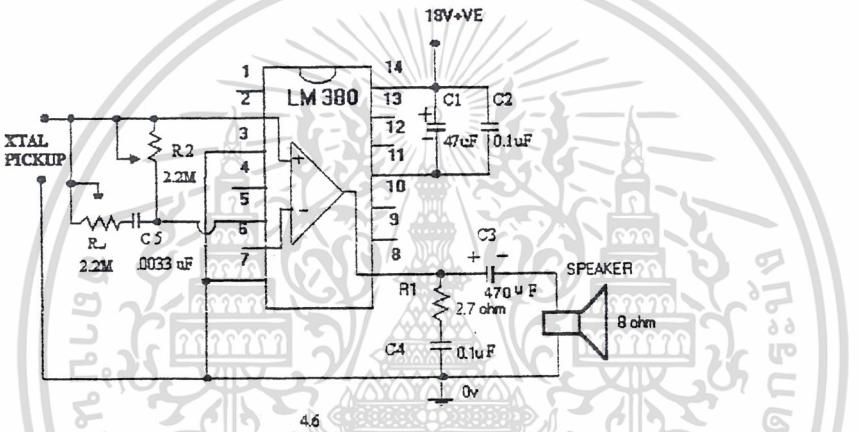
รูป 3.5 วงจรขยายขนาด 2 W แบบคอมมอนโหมดที่มีการควบคุมความค่อยดังของเสียง

รูป 3.5 เป็นวงจรที่มีการปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยที่สัญญาณจาก XTAL จะต่อโดยตรงกับขานอนอินเวอร์ติ้ง (ขา 2) ของ LM 380 เลย และตัวต้านทานที่แปรค่าได้ (R2) จะเชื่อมอยู่ที่ขาอินพุททั้งสอง (ขาที่6,2) จากที่เคยกล่าวไว้ว่าที่แต่ละอินพุทจะมีค่าอิมพีแดนซ์ = 150 KΩ และถ้าเกิดว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ (1) ค่าของ R2 นี้เกิดมีค่าเท่ากับศูนย์จะเห็นสัญญาณอินพุทที่ป้อนเข้าขาอินพุททั้งสองนั้นจะเป็นสัญญาณเหมือนกัน จากโครงสร้างภายในจะเห็นว่าขาอินพุททั้งสองนั้นจะต้องผ่านวงจรขยายผลต่าง จากที่ R2 = 0 จะทำให้ค่าเอ้าท์พุทที่ได้มีค่าเท่ากับศูนย์นั่นเอง สำหรับเหตุการณ์นี้จะทำให้ค่าอินพุท อิมพีแดนซ์มีค่าเท่ากับ 150 KΩ/2 แทน

กรณีที่ 2 ถ้าให้ R2 มีค่าสูงสุด สัญญาณอินพุททั้งหมดจะไปตกที่ขานอนอินเวอร์ติ้ง (ขา 2) จะทำให้ค่าอัตราการขยายแรงดันมีค่าใกล้เคียง 50 (30 dB) ขณะเดียวกันก็ยังทำให้ค่าแรงดันที่เอ้าท์พุทมีค่าสูงขึ้น และอินพุท อิมพีแดนซ์มีค่าใกล้เคียง 50 KΩ ดังนั้น R2 จะทำหน้าที่ควบคุมความดังค่อยของเสียงได้ และเรายังสามารถที่จะควบคุมความทุ้มแหลมของเสียงได้ด้วย โดยการเพิ่ม C5 - R3 ตามตัวอย่างดังรูป วงจรนี้เป็นวงจรขยายเสียงที่มีราคาถูกและใช้งานได้ดี

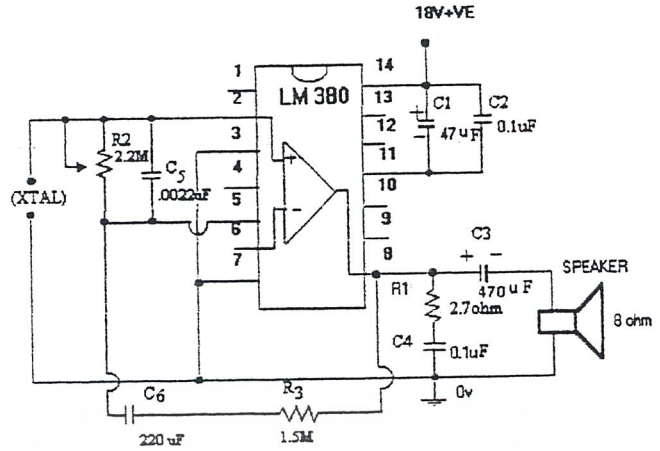


รูป 3.6 วงจรขยาย 2 W ที่มีการควบคุมความค่อยดังและทุ้มแหลม

แสดงถึงวงจรที่นำมาดัดแปลงเพื่อใช้กับการขยายเสียงแบบสเตอริโอ จุดที่มีเครื่องหมาย " gange " เป็น R2 และ R3 ซึ่งใช้ในการปรับ volume , tone ตามลำดับ และจะเห็นว่ามีการใช้ตัวเก็บประจุ (C1) เพียงตัวเดียวเท่านั้น ถ้าเกิดว่าวงจรขยายนี้เกิดมีเสียงอื้อเข้ามา วิธีแก้ไขก็โดยการนำเอาตัวเก็บประจุแบบอิเล็คโตรไลส์ขนาด 10 uF มาต่อเข้าที่ขา 1 และ ground ของ IC

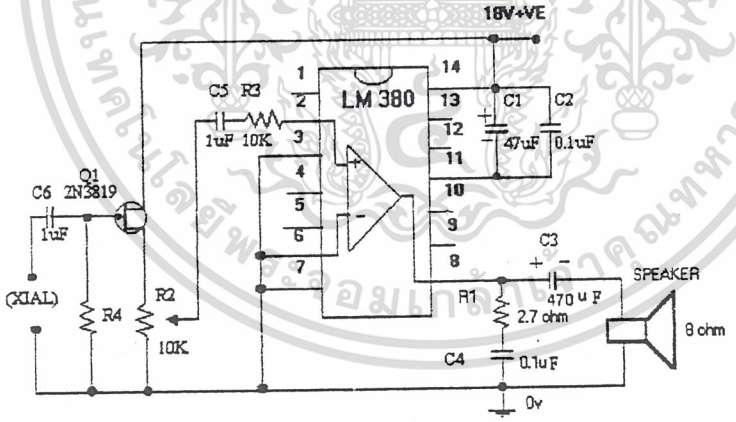
ในการขยายเสียงบางครั้งผู้ใช้นิยมที่จะใช้วงจรขยายเสียง แบบ RIAA มากกว่าการที่จะมีการควบคุม tone เสียงจะลองให้ดูดังรูป 3. 7 อีกตัวอย่างหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.7 วงจรขยายเสียงแบบ RIAA

การประยุกต์ใช้ IC LM 380 นี้ยังมีอีกมากมาย ตัวอย่างดังรูป เป็นการนำเอา LM 380 ไปใช้คู่กับ F.E.T ทรานซิสเตอร์ จะทำให้ input impedance มีค่ามากขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ R4 (1 Mohm) และ R2 เป็นตัวควบคุมความดังของเสียง ในขณะที่ R3 นี้เป็นการป้องกันไอซีขณะที่ F.E.T. transistor อยู่ในสภาวะ ON

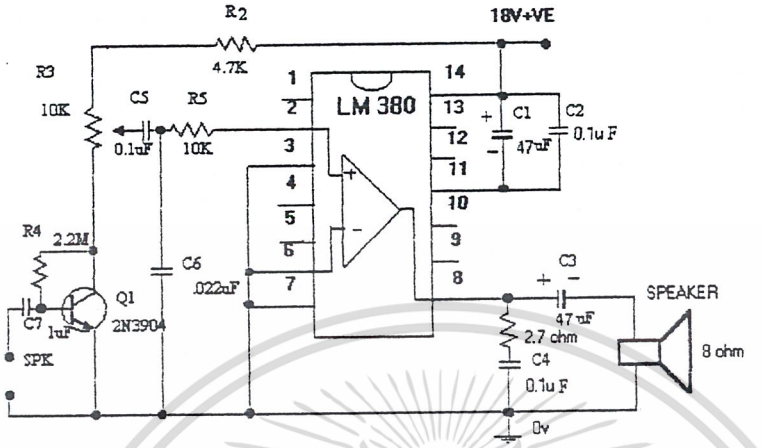


รูป 3.8 วงจรขนาด 2 W ที่มีค่าอินพุทอิมพีแดนซ์สูง (10 MΩ)

รูป 3.8 ก็อีกตัวอย่างหนึ่งของวงจรซึ่งใช้ bipolar transistor แทนเป็นวงจรที่ใช้ประโยชน์ได้มาก ราคาก็ไม่แพง ขอใช้ชื่อวงจรนี้ว่า baby alarm ลองมาพิจารณาการทำงานของวงจรนี้ดู โดยที่เสียงของเด็กจะเข้ามาทาง SPKR2 เป็นลำโพงที่มีค่า impedance อยู่ในช่วง 3 ohm ถึง 4000 Ω และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสัญญาณนี้จะผ่านไปทางเบสของ transistor Q1 โดย Q1 นี้ต่อ แบบคอมมอนอิมิตเตอร์ธรรมดา จะทำให้ R3 ทำหน้าที่เป็นตัวคอยควบคุม volume เมื่อดูต่อไปจะเห็นว่า R3 นั้นต่อไปยัง C5 , R5 และสำหรับ C6 นี้จะทำหน้าที่เป็น filter คอยกรองสัญญาณความถี่สูงที่จะผ่านเข้ามา



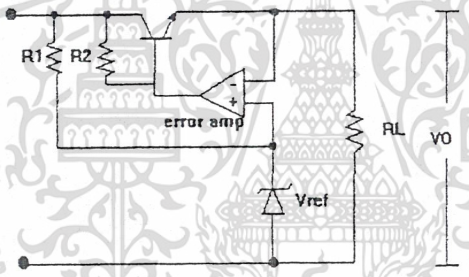
รูป 3.9 วงจร baby alarm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ลิเนียร์เรกกูเลเตอร์ (Linear Regulator)

เป็นเทคนิคที่ใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของวงจรต่อไฟแบบไม่เสถียรให้ดีขึ้น การต่อลิเนียร์-เรกกูเลเตอร์อนุกรมเข้ากับวงจรต่อไฟเป็นเทคนิคที่ใช้กันแพร่หลายมาก สำหรับแหล่งจ่ายไฟขนาดกลาง ซึ่งคุณสมบัติของวงจรนี้ก็คือ ไม่ซับซ้อนแต่มีคุณภาพดีน่าพอใจ โดยพื้นฐานวงจรนี้เป็นวงจรควบคุมที่ให้อัตราการขยายแรงดันหรือเกน (Gain) สูง และทำหน้าที่ตรวจสอบระดับแรงดันไฟตรงเอ้าท์พุทอย่างต่อเนื่องพร้อมกันทำให้แรงดันเอ้าท์พุทคงที่อยู่เสมอ แม้ว่าโหลดจะเปลี่ยนแปลงอย่างผิดปกติหรือแรงดันไฟที่ป้อนจะเปลี่ยนแปลงก็ตาม จากรูปแสดงบล็อกไดอะแกรม

3.2.1 วงจรรักษาระดับแรงดัน (Voltage Regulator)

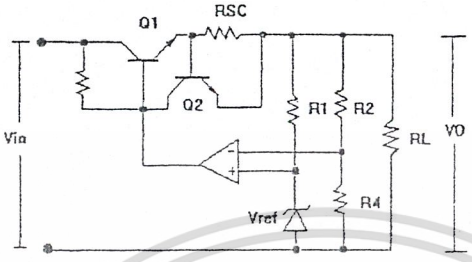


รูป 3.10 แสดงวงจรรักษาระดับแรงดัน

จากรูป แรงดันไฟเอ้าท์พุทจะถูกนำมาเปรียบเทียบ แรงดันไฟอ้างอิงค่าหนึ่งเสมอระดับความแตกต่างของแรงดันไฟที่เกิดขึ้น จะถูกส่งผ่าน วงจรขยายสัญญาณแล้วป้อนเข้าที่ขาเบสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่ติดอยู่ ในวงจรอิมิตเตอร์ฟอลโลเวอร์ วงจรนี้ทำหน้าที่ขับโหลดได้ดีเนื่องจากมีเอ้าท์พุทอิมพีแดนซ์ต่ำ ประสิทธิภาพของวงจรจะขึ้นอยู่กับเสถียรภาพของแรงดันไฟอ้างอิงและอัตราขยายของเออร์เรอร์แอมปลิไฟร์ (Error Amplifier) จุดอ่อนของวงจรเรกกูเลเตอร์แบบอนุกรมก็คือ ถ้าเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่ต่ออนุกรมอยู่ในวงจรไม่มีการป้องกันอาจจะเสียหายได้ง่าย เนื่องจากกระแสโอเวอร์โหลด (Over load) ถ้าเกิดลัดวงจรขึ้นที่เอ้าท์พุทของแหล่งจ่ายไฟกระแส จะไหลผ่านทรานซิสเตอร์มากกว่าปกติและในชั่วระยะเวลาสั้น ๆ ทรานซิสเตอร์จะเกิดการระเบิดได้ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต่อวงจรจำกัดกระแสเพิ่มเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 วงจรป้องกันวงจรเรกกูเลเตอร์อนุกรม

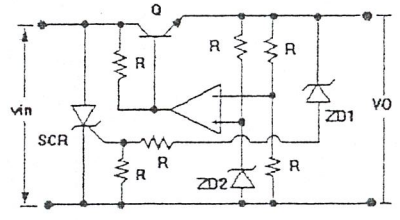


รูป 3.11 วงจรป้องกันเรกกูเลเตอร์อนุกรม

วงจรพื้นฐานของวงจรป้องกันในรูป (3.11) Rsc เป็นตัวต้านทานที่ทำหน้าที่ตรวจสอบกระแสโหลด ถ้าแรงดันที่ตกคร่อม Rsc สูงขึ้นถึง 0.6 V. (600 mV) เนื่องจากโหลดเกิด (Over Load) กระแสที่ไหลเข้าที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 จะถูกดึงให้ไหลผ่านทรานซิสเตอร์ Q2 แทน ในกรณีที่ Rsc มีค่า 1Ω เมื่อกระแสโหลดมีค่า ประมาณ 600 mA แรงดันที่ตกคร่อม Rsc เพียงพอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 ทำงานได้ และถ้า Rsc มีค่า 2 Ω จะทำให้กระแสถูกจำกัดเหลือเพียง 300 mA และจะถูกจำกัดให้ลดลงเรื่อย ๆ ถ้า Rsc มีค่าสูงขึ้น ความต้านทานตัวนี้อยู่ในสถานะวงจรป้อนกลับจึงไม่มีผลต่อการลดคุณสมบัติของโหลดเรกกูเลชั่น (Load Regulation) ได้

3.2.3 การป้องกันแรงดันเกิน

รูป 3.12 วงจรการป้องกันแรงดันเกิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิคในการป้องกันแรงดันไฟเกินจะใช้มากสำหรับวงจรเรกกูเลเตอร์อนุกรม ที่ต่อไปจ่ายไฟให้แก่โหลดที่เป็นอุปกรณ์ไอซีดิจิตอล เช่น ทีทีแอล (TTL) ซึ่งตอบสนองต่อแรงดันไฟเกินได้ไวมาก

ดังรูป (3.11) ซีเนอร์ไดโอด ZD1 จะเป็นตัวตรวจสอบแรงดันที่ตกคร่อมเอ้าท์พุทของแหล่งจ่ายไฟ ถ้าแรงดันไฟตรงที่เอ้าท์พุทสูงขึ้นซีเนอร์ไดโอด ZD1 จะนำกระแสได้ทำให้ไทริสเตอร์ถูกขับให้ทำงาน แรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 จะลดลงเหลือประมาณ ศูนย์โวลท์ ทำให้ฟิวส์ขาดทันที

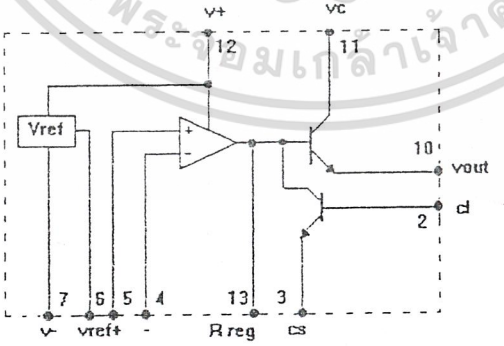
รูปแบบของวงจรสามารถเปลี่ยนแปลงได้ คือ ต่อขาอะโนดของไทริสเตอร์เข้ากับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งการต่อวงจรในลักษณะนี้ เรียกว่าแบบ CROW BOR

3.2.4 ไอซี เรกกูเลเตอร์ (IC Regulator)

ปัจจุบันวงจรแหล่งจ่ายไฟส่วนใหญ่จะหันมาใช้โมโนลิทิคไอซีเรกกูเลเตอร์ ทำให้สามารถลดความยุ่งยากของวงจรลงได้ ลดจำนวนอุปกรณ์ลง และช่วยให้การตรวจสอบทำงานง่ายขึ้น ไอซีเรกกูเลเตอร์ มีมากมายหลายระดับแรงดันเอ้าท์พุทขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบจะเลือกใช้ตามความเหมาะสม ไอซีเรกกูเลเตอร์มีทั้งชนิดปรับแรงดันเอ้าท์พุทได้ และปรับแรงดันค่าเอ้าท์พุทไม่ได้

ไอซี เรกกูเลเตอร์แบบปรับแรงดันเอ้าท์พุทไม่ได้จะขึ้นต้นด้วย 78×× , 79×× ตัวเลขสองตัวหลังเป็นแรงดันเอ้าท์พุทนั่นเอง ส่วนไอซีเรกกูเลเตอร์แบบปรับระดับแรงดันเอ้าท์พุทได้ก็มากมาย เช่นกัน อย่างเช่น เบอร์ MC 1569 , MC 1723 , MC 1469 เป็นต้น

ไอซีเรกกูเลเตอร์ที่จะล่าวถึงจะวิเคราะห์อย่างละเอียดเฉพาะไอซีเบอร์ที่ใช้กันแพร่หลายที่สุด มีราคาถูก และใช้งานในขอบเขตที่กว้างขวางซึ่ง ได้แก่ ไอซีตระกูล UA 723 , MC 1723



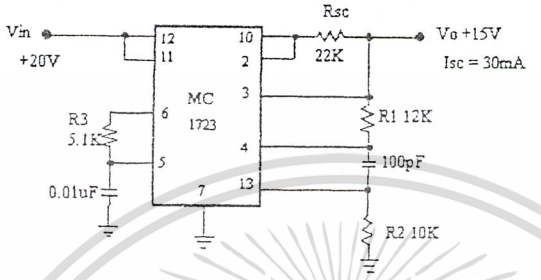
รูป 3.13 แสดงโครงสร้างภายในของ IC REGULATOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปวงจรและสิ่งที่จะพิจารณาในการออกแบบไอซีเรกกูเลเตอร์ MC 1723 (REGULATOR CIRCUIT CONFIGURATIONS AND DESIGN CONSIDERATIONS. MC 1723)

แรงดันเอ้าท์พุท

วงจรพื้นฐานของไอซีเรกกูเลเตอร์ MC 1723 สำหรับแรงดันเอ้าท์พุท 7 V ดังรูปข้างล่างนี้



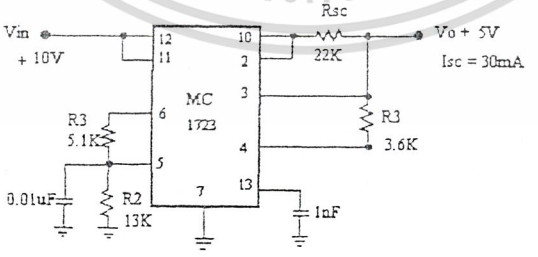
รูป 3.14 แสดงการออกแบบ

$RSC \cong 0.66\ V / ISC\ ;\ 10K\Omega < R1 + R2 < 100K\Omega$

$R3 \cong R1\ //\ R2\ ;\ 0 < CREF \leq 0.1\ uF$

$R2 \cong VREF / VO\,(R1 + R2) \approx 7V / VO\,(R1 + R2)$

เอ้าท์พุท 15 V , 30 mA ; TAmax = 25 °C



รูป 3.15 แสดงการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$RSC \cong 0.66V / ISC$; $10\ K\Omega < R1 + R2 < 100K\Omega$

$R3 \cong R1 // R2$; $0 \leq CREF < 0.1\ uF$

$R2 = Vo / Vref\ (R1 + R2) \approx Vo / 7V\ (R1 + R2)$

เอ้าท์พุท = 5V , 30 mA , TAmax = 70°C

3.3 วงจรปรับแรงดันโดยใช้ 723

(Voltage regulator circuit)

723 ไอซีที่ใช้ปรับแรงดันไฟฟ้านี้มีประโยชน์และน่าใช้มาก มันสามารถที่จะใช้ในการปรับค่าแรงดันต่างๆได้ ทั้งที่วงจรที่ต้องการแหล่งจ่ายไฟคงที่และไม่แน่นอน ค่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้กับไอซีนี้อยู่ในช่วง 9.5 โวลท์ ถึง 40 โวลท์ ซึ่ง 723 นี้จะให้ค่าเอ้าท์พุทออกมาที่แรงดันในช่วง 2 V ถึง 37 V และยังสามารถเพิ่มเติมอุปกรณ์บางตัว เพื่อช่วยในการจำกัดกระแส ซึ่งอาจเป็นอุปกรณ์ง่ายๆ อย่างตัวต้านทาน ซึ่งไอซีนี้สามารถที่จะจ่ายกระแสได้ถึง 150 mA โดยตรง หรืออาจจะเป็น 10 แอมป์ขึ้นไป เมื่อต่อกับทรานซิสเตอร์

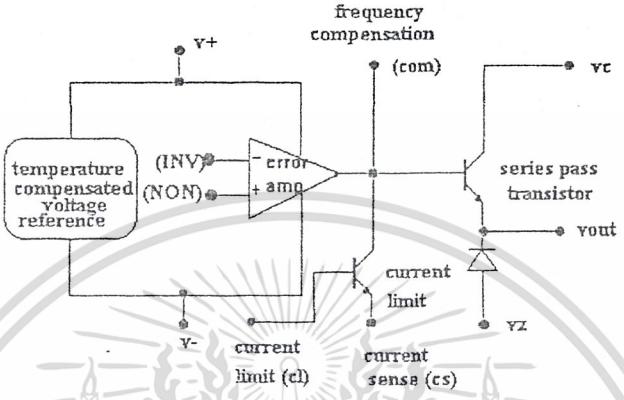
3.3.1 การทำงานของ 723

ไอซีเบอร์นี้ถูกผลิตโดยบริษัทหลายบริษัท ในรูปของไอซีที่มีเบอร์ต่างๆกัน ดังรูป เป็นการแสดงถึงวงจรสมมูลของไอซี จะเห็นได้ว่าไอซีนี้เป็นไอซีที่มี 14 ขา ซึ่งไอซี 723 นี้ประกอบไปด้วยไบโพล่าร์ทรานซิสเตอร์ 15 ตัว ซีเนอร์ไดโอด 3 ตัว ตัวต้านทาน 12 ตัว ตัวเก็บประจุ 1 ตัว และเฟท 1 ตัว ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้จะประกอบขึ้นเป็นส่วนต่างๆที่แสดงในรูป โดยส่วนที่เป็นส่วนของส่วนอ้างอิง (voltage reference) คือส่วนที่ชดเชยอุณหภูมิ (temperature compensated) ซึ่งจะผลิตแรงดันโดยปกติที่ 7.2 Volt และกระแส 15 mA

ในส่วนของวงจรขยายความผิดพลาด (error amplifier) จะมีลักษณะคล้ายออป - แอมป์ที่มีขาอินเวอร์เตอร์และนอนอินเวอร์เตอร์ เป็นขาอินพุทและเอ้าท์พุทจะไปขับ series pass ทรานซิสเตอร์โดยตรงกับขา รูป a นี้เป็นการแสดงให้เห็นการใช้ไอซีแบบง่ายๆ เพื่อใช้ในการควบคุมแรงดันตั้งแต่ 2 V ถึง 7.2 V ในที่นี้เอ้าท์พุทของ series pass ทรานซิสเตอร์จะต่อโดยตรงกับขาอินพุทของวงจรขยายความผิดพลาด (error amp) ซึ่งที่ 2 ส่วนนี้คือส่วนของ series pass ทรานซิสเตอร์ และวงจรขยายความผิดพลาดนี้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

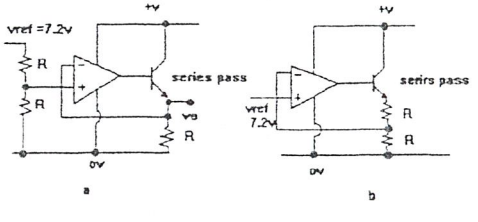
คอยเป็นตัวควบคุมความถูกต้องของแรงดัน ส่วนที่จะเป็นอินพุทให้กับขานอนอินเวอร์ติ้งได้มาจากแรงดันอ้างอิงโดยกำหนดจาก R1 , R2



รูป 3.16 วงจรสมมูลของไอซีควบคุมแรงดัน 723

กันแบบโวลท์เตจดีวายเดอร์ (voltage divider) สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ระหว่าง 2 V ถึง 7.2 V สำหรับแรงดันเอ้าท์พุทที่ได้จะมีค่าเท่ากับแรงดันอ้างอิงที่ขานอนอินเวอร์ติ้งของวงจรขยายความต่าง เนื่องจากวงจรขยายความต่างนี้ลักษณะการต่อของวงจรจะมีอัตราการขยายเท่ากับ 1 ทำให้ค่าแรงดันที่ได้จะมีค่าเท่ากับ

7.2 V* R2/(R1 + R2)



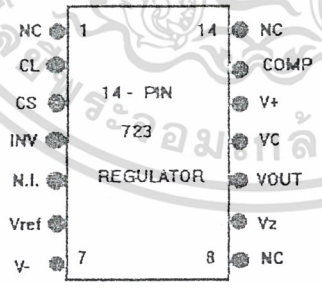
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป3.17 แสดงการต่อ 723

สำหรับรูป b นี้จะเป็การต่อของวงจร 723 แบบง่ายๆ เพื่อให้ได้แรงดันเอ้าท์พุทอยู่ในช่วง 7.2 V ถึง 37 V โดยที่แรงดันอ้างอิง 7.2 V ถึงต่อโดยตรงกับขานอนอินเวอร์ติ้งของวงจรขยายความผิดพลาด (error amp) ส่วนของ series pass ทรานซิสเตอร์จะต่อเข้ากับขาอินเวอร์ติ้งของวงจรขยายโดยมี R1 และ R2 เป็นตัวควบคุมอัตราการขยายแรงดัน ซึ่งแรงดันเอ้าท์พุทที่ได้จะมีค่าเท่ากับ

7.2 V* (R1 + R1/R2)

และในรูป b แสดงการใช้งานวงจรที่มีการกำจัดกระแส โดยในที่นี้จะมี Rsc ซึ่งต่อกับทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นตัวรับกระแสเข้ามาเพื่อเปลี่ยนเป็นแรงดัน ซึ่งจะมีอัตราเดียวกันกับกระแสที่เอ้าท์พุท โดยปกติแล้วนั้นทรานซิสเตอร์ที่ใช้จำกัดกระแสนั้นจะอยู่ในสภาวะคัท - ออฟ (cut - off) ซึ่งจะไม่มีผลต่อวงจรนี้เลย แต่ถ้าในกรณีที่เกิดการลัดวงจรที่เอ้าท์พุทแล้วจะทำให้กระแสเอ้าท์พุทเพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่ทำให้ทรานซิสเตอร์ตัวนี้เกิดสภาวะอิ่มตัว (saturation) และด้วยเหตุที่ว่าการลดค่าโวลท์เตจที่รอยต่ออิมิตเตอร์ - เบสของทรานซิสเตอร์ที่เอ้าท์พุทจะเป็นการลดกระแสที่เอ้าท์พุท ทำให้มีการใช้การป้อนกลับแบบลบ (negative feedback) มาร่วมด้วย ซึ่งจะมีผลทำให้กระแสเอ้าท์พุทสูงสุดมีค่าเท่ากับ Veb/Rsc หรือ 0.6 V/Rsc ดังนั้นถ้าค่าของ Rsc มีค่าเท่ากับ 100 ohm จะให้กระแสเอ้าท์พุทจำกัดไว้ที่ 6 mA และถ้า Rsc เท่ากับ 10 ohm กระแสเอ้าท์พุทจะถูกจำกัดที่ 60 mA



รูป 3.18 แสดงโครงสร้างภายนอก ของ 723

หมายเหตุ เนื่องจากค่า Rsc ที่ต่อในลูปของการป้อนกลับแบบลบของวงจรนี้จะถูกมองว่าไม่มีผลต่อเอ้าท์พุทอิมพิแดนซ์ของวงจรนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

040538

3.3.2 การใช้งานไอซี 723 ควบคุมแรงดัน

การใช้งานพื้นฐานของ IC 723 วงจรปรับแรงดันนี้ควรจะ

1 ไอซีควรที่จะได้รับพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟอยู่ในช่วง 9.5 V ถึง 40 V ซึ่งค่าแรงดันที่จ่ายให้นี้ควรจะมีค่ามากกว่าแรงดันเอ้าท์พุทที่ต้องการอย่างน้อย 3 V

2 ค่าแรงดันที่ควบคุมนี้ควรจะอยู่ในค่าระหว่าง 2 V ถึง 37 V

3 ค่ากระแสสูงสุดที่ได้จากเอ้าท์พุทโดยตรงไม่ควรเกิน 150 mA สามารถหาค่ากระแสสูงสุดได้เท่ากับ Pmax/Vsupply ขณะที่ลัดวงจรที่เอ้าท์พุท

4 ค่าพลังงานที่สูญเสียไปภายในของไอซี 723 นี้เท่ากับ 660 mW ที่อุณหภูมิภายนอก เท่ากับ 25°C ปัจจัยตัวนี้จะเป็นตัวกำหนดค่ากระแสสูงสุดของอุปกรณ์ โดยจากตัวอย่างเช่น ถ้าแหล่งจ่ายไฟมีค่าเท่ากับ 15 โวลท์ จะทำให้กระแสสูงสุดที่ปลอดภัยสำหรับวงจรนี้เท่ากับ 660mW/15V = 44 mA

5 กระแสสำรอง (standby current) ที่ใช้สำหรับไอซีประมาณ 1.3 mA เมื่อใช้แหล่งจ่ายไฟขนาด 30 โวลท์ และจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเท่าไรเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ

6 ค่าแรงดันอ้างอิงสูงสุดที่ควรใช้กับอินพุทของวงจรขยายความผิดพลาดของไอซีมีค่าเท่ากับ 7.5 โวลท์

7 ซีเนอร์ไดโอดที่ต่อระหว่างขา Vout และ Vz ของ ไอซี ควรจะมีค่าประมาณ 6 โวลท์และสามารถทนกระแสได้ถึง 25 mA

8 สำหรับไอซี 723 นั้น ตัวเก็บประจุที่ใช้สำหรับกรองสัญญาณรบกวนนั้นจะต่อเข้ากับขาcomp ของไอซี ค่าของตัวเก็บประจุนี้หาได้จากการต่อของวงจร

9 ค่าแรงดันอ้างอิงของไอซีคือ ส่วนที่ทดแทนอุณหภูมิซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิในกรณีทั่วไปและกรณีเลวที่สุดนั้นเท่ากับ 0.003 %°C และ 0.015 %°C ตามลำดับ

10 คุณสมบัติการจำกัดของกระแสของไอซีคือ ความไวของอุณหภูมิ (temperature sensitive) มีค่าสัมประสิทธิ์อันดับหนึ่งประมาณ - 0.3 % °C และด้วยเหตุที่ว่าถ้าจำกัดกระแสไว้ที่ 100 mA ที่ 25 °C จะพบว่ากระแสที่จำกัดไว้จะเท่ากับ 92.5 mA ที่ 50° C และ 107.5 mA ที่ 0°C

11 ไอซี ควบคุมแรงดัน 723 จะไม่เสถียรในกรณีที่โหลดของวงจรเป็นลักษณะรีแอกทีฟ เพื่อที่จะให้วงจรเสถียรภาพและมีการเปลี่ยนแปลงของเอ้าท์พุทอิมพิแดนซ์น้อยที่สุด จะใช้ ตัวเก็บประจุขนาด

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

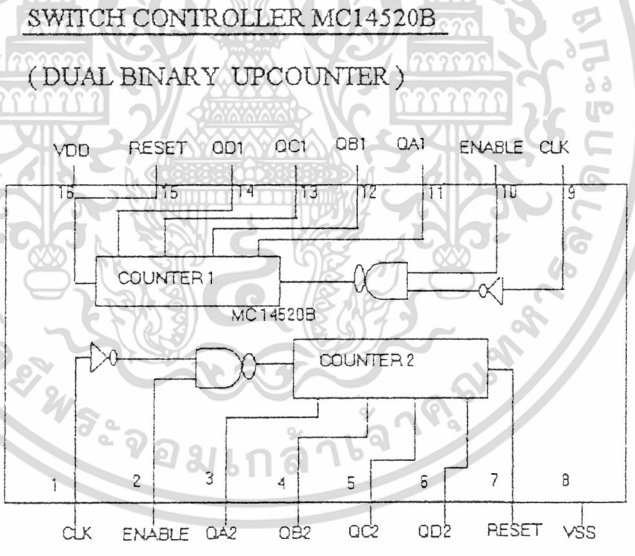
ขนาดใหญ่ต่อคร่อมเพื่อป้องกันเอ้าท์พุทของ 723 การป้องกันความเสียหายที่เกิดจากการสะสมพลังงานขณะที่ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะปิด ทำให้มีการเพิ่มไดโอดเข้าที่ขาแหล่งจ่ายไฟบวกและเอ้าท์พุทของวงจร

3.4 Switch Controller MC 14520 B

(Dual Binary Up Counter)

ไอซี เบอร์ MC 14520 B เป็นไอซีตีนตะขาบ 16 ขา จากรูปแสดงให้เห็นโครงสร้างภายในป ระกอบด้วยวงจรนับเลขฐานสอง (นับขึ้น) จำนวน 2 ชุด (Dual) สามารถให้นับขึ้นหรือให้หยุดนับก็ได้ โดยขาอีนาเบิ้ลและขาสัญญาณนาฬิกาเป็นขาควบคุมภายนอก โดยขา 1 , 2 และขา 9 , 10 เป็นการควบคุมการนับของตัวนับที่ 2 (Counter 2) และตัวนับที่ 1 (Counter 1) ตามลำดับ ส่วนขา 3 , 4, 5, 6 และขา 11, 12, 13, 14 เป็นขา เอ้าท์พุทของตัวนับที่ 1 และตัวนับที่ 2

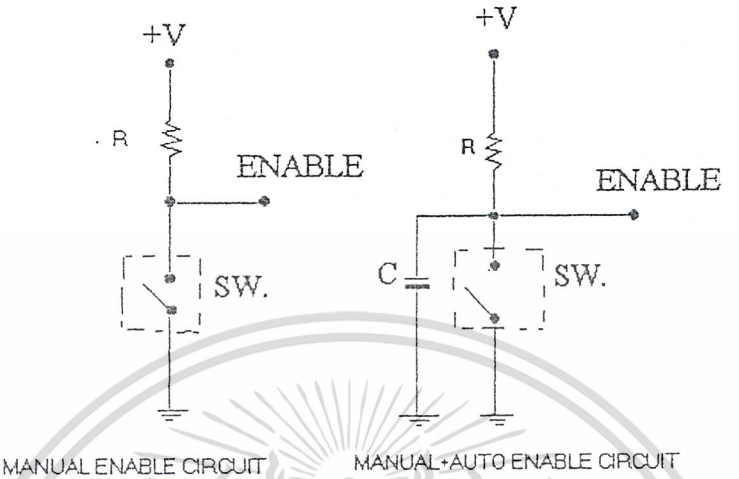
โดยมีขา 7 เป็นขารีเซ็ท (Reset) ของตัวนับที่ 2และขา 15 เป็นขารีเซ็ท ของตัวนับที่ 1 โดยขา 16 เป็นขา VDD อยู่ในช่วง 3 V - 15 V ขา 8 เป็นขา VSS โดยปกติจะต่อลงกราวนด์



รูป 3.19 แสดงวงจรภายในของ MC 14520

จากลักษณะของวงจรของไอซี MC 14520 B สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในวงจรควบคุมการเปิดปิดของสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ พวกทรานซิสเตอร์และเฟทได้โดยไม่ยุ่งยาก ขนาดความสามารถของมันจึงถูกเลือกใช้เป็นตัวควบคุม สวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบเสียงสำหรับชุดประชุมโดยมันจะถูกควบคุมด้วยวงจรภายนอกก็คือวงจร พุทอีนาเบิ้ล (Push to enable circuit) ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20. a Manual Enable Circuit รูปที่ 3.20 b Manual Auto Enable Circuit

จากรูปที่ 3.20 a เป็นวงจร Manual Enable ซึ่งตัวต้านทานต่ออนุกรมกับสวิตซ์และแหล่งจ่ายไฟ 12 V ในขณะที่ยังไม่กดสวิตซ์ S1 จะทำให้อีนาเบิ้ลมีสภาวะ " 1 " และเมื่อกดสวิตซ์ Sจะทำให้อีนาเบิ้ลมีสภาวะ " 0" หรือ " Low " ในบางครั้งการกดสวิตซ์อาจจะทำให้อีนาเบิ้ลมีความผิดพลาดเนื่องจากเกิดการเด้งของหน้าสัมผัสสวิตซ์หรือหน้าสัมผัสแตะกันและถูกปล่อยขึ้นอย่างรวดเร็ว จนทำให้อีนาเบิ้ลมีความผิดพลาด เพื่อแก้ปัญหาจึงต้องมีการหน่วงเวลาเอาไว้ ดังรูปที่ 3.20 b เป็นวงจรแมนน่วล ออโต้ อีนาเบิ้ล ซึ่งจะมีการหน่วงเวลาโดยขึ้นอยู่กับค่าของตัวต้านทาน R และ ตัวเก็บประจุ C จากวงจรที่ 3.20 b ในช่วงแรกแรงดันจะตกคร่อมที่ตัวต้านทาน เมื่อเวลาผ่านไปตัวเก็บประจุจะค่อย ๆ สะสมประจุจนกระทั่งเต็ม แรงดันทั้งหมดของวงจรเท่ากับแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ Vc ไปตามสมการสะสมประจุของตัวเก็บประจุ

$$Vc = E(1 - e^{\tau / RC})$$

ซึ่งเรียกสมการนี้ว่า สมการสะสมประจุ (Charge Equation) เป็นผลคูณระหว่าง ตัวเก็บประจุกับตัวต้านทาน (RC) เรียกว่า เวลาคงที่ (Time Constant) $\tau = RC$ มีหน่วยเป็นวินาที จากวงจรค่าตัวต้านทาน 47 K Ω และ ตัวเก็บประจุ 1 uF จะได้มีช่วงเวลาคงที่

$\tau = RC = 47\ K * 1\ uF = 0.047$ sec.

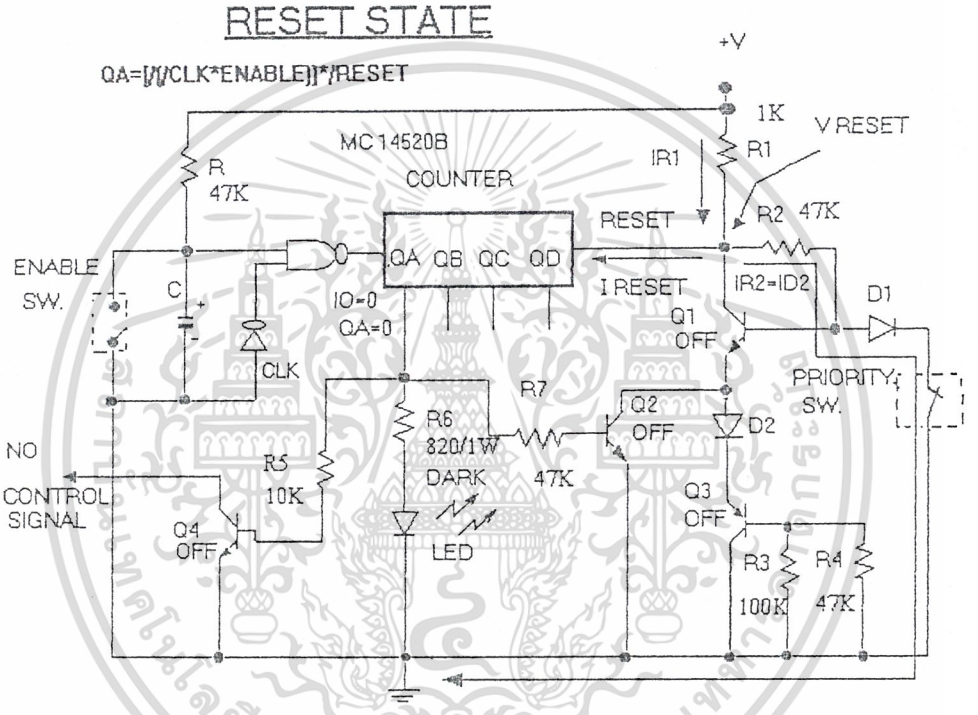
แทนค่าลงในสมการตัวเก็บประจุจะได้แรงดันที่สะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการสะสมประจุชี้ให้เห็นว่าการสะสมประจุของตัวเก็บประจุในทางปฏิบัติมีค่าเป็น 99% ของแรงดันที่ป้อนหรือเท่ากับ 5τ หลังจากที่ตัวเก็บประจุสะสมประจุจนเต็มก็จะทำให้ อีนาเบิ้ลอยู่ในสภาวะ " 1 " หรือ High

เมื่อ กดสวิตซ์ S1 ตัวเก็บประจุจะคายประจุผ่านสวิตซ์ S1 ลงกราวนด์ ทำให้อีนาเบิ้ลอยู่ในสภาวะ " 0 " หรือ " Low " เมื่อปล่อย สวิตซ์ S1 ตัวเก็บประจุก็จะเริ่มกลับมาสะสมประจุอีกครั้ง

3.4.1 การอีนาเบิ้ลและการ Reset



รูป 3.21 แสดงการต่อวงจรควบคุมวงจรนับและการรีเซ็ท

จากรูปจะเห็นว่าขา 1 เป็นขาอีนาเบิ้ล (Enable) ถูกต่ออยู่กับวงจร Push - to - Enable ส่วนขาที่ 1 เป็นขาสัญญาณนาฬิกาจะถูกต่อลงกราวนด์ สวิตซ์ S1 จะเป็นตัวทำหน้าที่ Push - Enable นั่นเอง

จากลักษณะการทำงานของสวิตซ์ชุดประชุมนั้น สวิตซ์ S1 จะเป็นตัวเลือกว่าจะให้ผู้ประชุมกด " พูด " หรือกด " ฟัง " ก็ หมายความว่าทุกครั้งที่กด สวิตซ์ S1 จะ ทำให้ สวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เปิดปิดวงจรอยู่ในสภาวะ " Toggle " ดังนั้นจากลักษณะของวงจรนับจะเห็นว่ามีเพียงเอ้าท์พุท QA เท่านั้น ที่จะอยู่ในสภาวะ " Toggle " ที่กด สวิตซ์ S1 เพราะว่า เอ้าท์พุท QA เป็นบิตต่ำสุด (LSB) จะเปลี่ยนกลับสภาวะทุกครั้งที่มีการกด สวิตซ์ S1 หรือ Push Switch to Enable ส่วนเอ้าท์พุทที่เหลือ QB , QC และ QD จะใช้ไม่ได้เพราะผิดเงื่อนไข เนื่องจาก QB จะเปลี่ยนสภาวะก็ต่อเมื่อ สวิตซ์ S1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกกดทุก ๆ 2 ครั้ง ในทำนองเดียวกัน QC ต้องกดทุก ๆ 4 ครั้ง และ QD ต้องกดทุก ๆ 8 ครั้ง จึงจะเปลี่ยนสภาวะ 1 ครั้ง จากรูปที่ 1 c สามารถเขียนเป็นสมการทางลอจิก ได้ดังนี้

Count = $\overline{Clk}$* Enable

ถ้าสมมติให้ Count = C = QA , Clk = A และ Enable = B

ดังนั้น QA = C = A * B สามารถเขียนตารางความจริงได้ดังนี้

Truth Table

หมายเหตุ

X ไม่สนใจ , "0" กด S1 , "1" ไม่กด S1, QA Active "1"

จาก Truth Table สามารถอธิบายได้ดังนี้

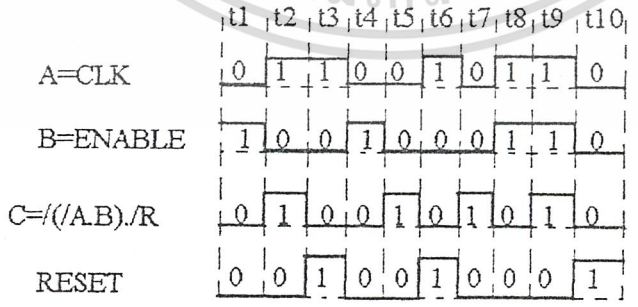
- สภาวะที่ 1 ถ้า A เป็น "0" , B เป็น "0" C = A*B = 1 หมายความว่า S1 กดเอ้าท์พุท QA จะ Active คือ จะกลับสภาวะจาก "1" เป็น "0" , "0" เป็น "1"

- สภาวะที่ 2 ถ้า A เป็น "0" , B เป็น "1" C = A*B = 0 หมายความว่า ไม่กด S1 เอ้าท์พุท QA จะคงสภาวะเดิม ถ้า "0" ยังเป็น "0" และถ้าเป็น "1" ก็ ยังเป็น "1"

- สภาวะที่ 3 A เป็น "1" , B เป็น "0" ฉะนั้น C*B = 1 หมายความว่า กด S1 QA จะเปลี่ยนสภาวะ ถ้า QA เป็น "1" , QA + 1 จะเป็น "0" , ถ้า QA เป็น "0" QA + 1 จะเป็น "1"

- สภาวะที่ 4 A เป็น "1" , B เป็น "1" C = A*B = 1 หมายความว่า ไม่กด S1 QA จะไม่ผิดเงื่อนไขเพราะยังไม่กด สวิตซ์ แต่ QA เปลี่ยนสภาวะตลอด ใช้ไม่ได้ในขณะที่สภาวะที่ 3 ให้ A เป็น "1" นั้น ถึงแม้ QA จะเปลี่ยนสภาวะเมื่อ กด S1 แม้ว่าไม่สามารถใช้งานร่วมกับสภาวะที่ 4 ได้ เพราะ QA มีสภาวะเหมือนกันจึงผิดเงื่อนไขดังนั้นสภาวะที่ 1และ 2 เท่านั้นที่ใช้ได้

Timming Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

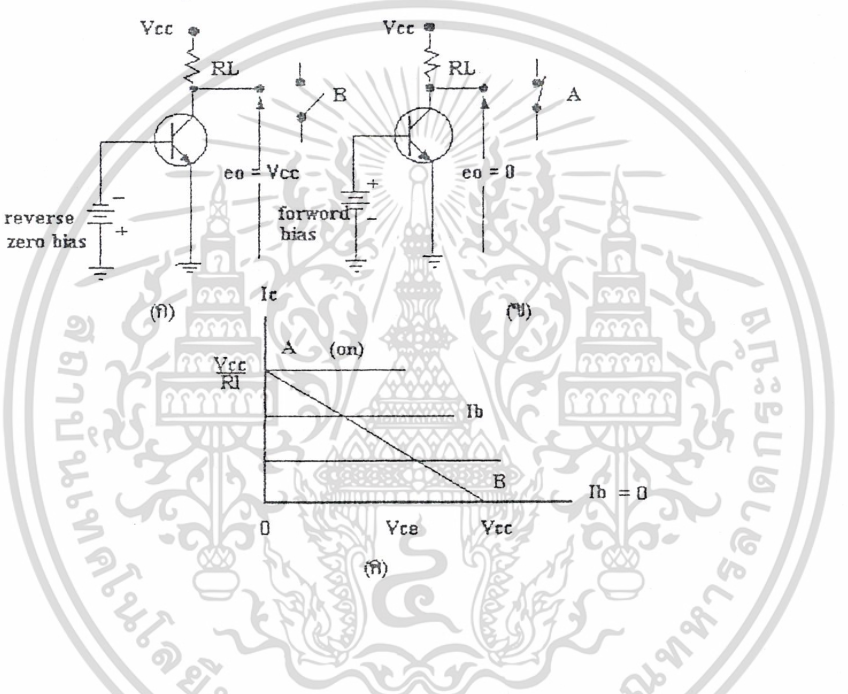
รูป 3.22 แสดง Timing Diagram ของ MC 14520

3.5 สวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ (Switch Electronic)

ในหัวข้อที่ผ่านมา ได้พิจารณาถึงตัวควบคุมสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Switch Controller) กันไปแล้ว ตอนนี้จะมาพิจารณาถึงสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์

3.5.1 สวิตซ์ทรานซิสเตอร์ในทางอุดมคติ (Ideal Transister Switch)

ทรานซิสเตอร์สามารถนำไปใช้แทนสวิตซ์ได้ กล่าว คือ ขณะที่ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาะที่ไม่ทำงาน (ได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ) ซึ่งจะไม่ยอมให้กระแสไหลผ่าน ทรานซิสเตอร์ก็จะมีคล้ายกับสวิตซ์ซึ่งเปิดออก ดังแสดงในรูป



รูป 3.23 แสดง การทำงานเป็นสวิตซ์ในทางอุดมคติของทรานซิสเตอร์

เนื่องจากรอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์และเบสของทรานซิสเตอร์ ได้รับแรงดันไบอัสกลับจากภายนอก ทำให้กระแสคอลเลคเตอร์ มีค่าเป็นศูนย์ (ไม่มีกระแส) ไหลผ่านวงจร แต่เมื่อรอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์และเบสของทรานซิสเตอร์ได้รับแรงดันไบอัสตรงแล้ว จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้ ยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากขึ้นจนกระทั่งอยู่ในสภาวะอิ่มตัว

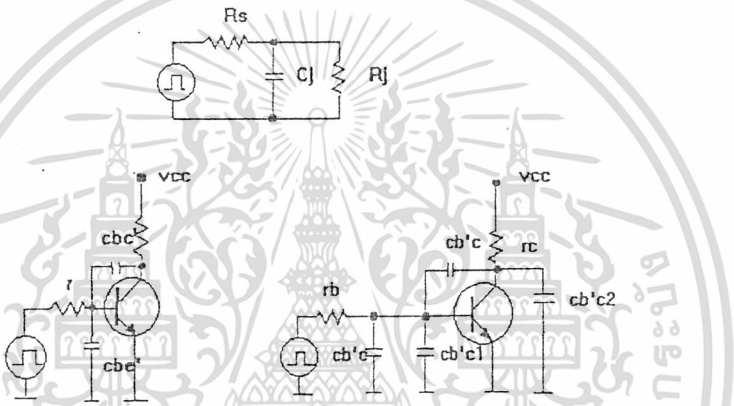
3.5.2 การปิด เปิดสวิทซ์ของทรานซิสเตอร์ในทางปฏิบัติ

ถ้าเราพิจารณาดูที่โครงสร้างของตัวทรานซิสเตอร์จะพบว่ามีตัวเก็บประจุเทียบเท่า (Equivalent Capacitor) เกิดขึ้น 2 ตัว คือ Cbe ของรอยต่อเบสและอิมิตเตอร์ และ Cbe ของรอยต่อเบส และคอลเลคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่รอยต่อ พี - เอ็น (P - N) ไม่ว่าจะได้รับรีเวิร์สไบอัส หรือ ฟอร์เวิร์สไบอัสก็ตาม จะมีการคายประจุ ในส่วนของสาร P และ N และที่บริเวณรอยต่อจะมีบริเวณปลอดพาหะ (Depletion Region) มีคุณสมบัติเป็นฉนวนนั่นคือ จะเกิดความเป็นตัวเก็บประจุ (Capacitance) ที่รอยต่อ เมื่อป้อนอินพุทให้แก่รอยต่อ PN ผลตอบสนองที่ได้จะเหมือนกัน วงจรอาร์ซีโลว์พาสฟิลเตอร์ (RC LOWPASS FILTER) ทำให้เกิดการหน่วงขึ้นในวงจร

Cbc1 , Cbc2 คือ Cbc ที่ทรานส์เฟอร์ไปทางอินพุทและเอ้าท์พุท โดยทางของมิลเลอร์ (Miller Effect) จากรูปจะได้



รูป 3.24 แสดงคุณสมบัติภายในของทรานซิสเตอร์

$$Cin = Cbc + Cbc1$$

จากการพิจารณาวงจรสวิตซ์ชิ่งค์ ดังแสดงในรูป 3.25 เมื่อพัลซ์ทางอินพุทถูกป้อนเข้าไปในวงจร โดยทำให้รอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์และเบสได้รับแรงดันไบอัสตรงก็ตาม แต่ทรานซิสเตอร์จะไม่สามารถทำงานได้อย่างทันทีทันใด แต่จะต้องใช้เวลาช่วงหนึ่ง ซึ่งเวลานี้เราเรียกว่า "ออนไทม์" (ON time) เขียนแทนด้วย ton อีกนัยหนึ่งอาจนิยามได้ว่าช่วงเวลาออนไทม์ หมายถึงเวลาที่ใช้เพื่อให้ค่าของแรงดันที่คอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์เปลี่ยนแปลงไป 90 เปอร์เซนต์ของแรงดัน Vcc ช่วงเวลา ton นี้พิจารณาได้ว่าประกอบด้วยเวลาย่อยสองส่วนคือ ช่วงเวลาล่าช้า (delay time) ซึ่งเขียนแทนด้วย td และช่วงเวลาไต่ขึ้น (rise time) ซึ่งเขียนแทนด้วย tr และช่วงเวลาช้า td ก็คือเวลาที่ใช้สำหรับให้แรงดันที่

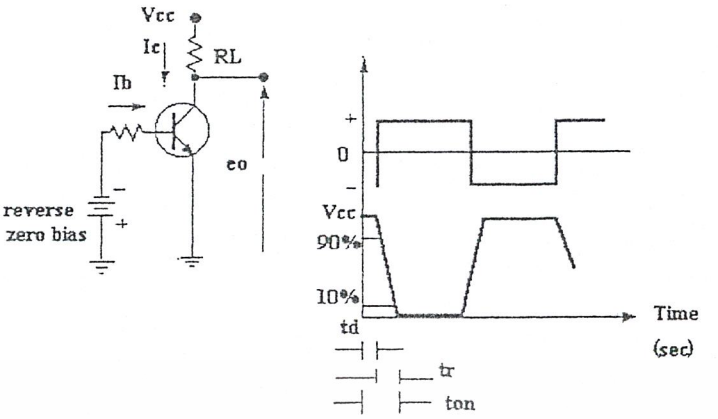
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอ้าท์พุทเปลี่ยนแปลงไป 10 เปอร์เซนต์ของแรงดัน Vcc และช่วงเวลาไต่ขึ้น t_r ในที่นี้ก็คือช่วงเวลาที่แรงดันอินพุทเปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซนต์ ถึง 90 เปอร์เซนต์ของแรงดัน Vcc และเมื่อพิจารณาจากรูป 3.26 เป็นรูปแสดงวงจรเสมือนของวงจรสวิตช์ใน รูป 3.25 จะเห็นว่า ที่เวลา t-0 แรงดันอินพุทจะมีค่าเป็นลบซึ่งทำให้รอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์และเบสได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ ดังนั้นรอยต่อนี้จึงทำตัวคล้ายกับเป็นตัวความต้านทานที่มีค่าสูงต่อขนานอยู่กับตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่รอยต่อ (ดูรูป 3.26 ก.) ดังนั้นในขณะนี้ตัวเก็บประจุที่รอยต่อจะทำการประจุ (charge) ผ่านตัวความต้านทาน R1

ที่เวลา t+0 แรงดันอินพุทจะมีค่าเป็นบวกทำให้รอยต่ออิมิตเตอร์และเบสได้รับแรงดันไบอัสตรงอย่างไรก็ดีก่อนที่รอยต่อนี้จะได้รับแรงดันไบอัสตรงอย่างเต็มที่จะต้องกินเวลาช่วงหนึ่งซึ่งเราเรียกว่าช่วงเวลาล่าช้า td นั่นเอง ในรูป 3.26 (ค) ซึ่งแสดงวงจรสวิตช์ที่เหมือนกับวงจรใน รูป 3.25 และวงจรเสมือนขณะที่เวลา t-0 จะเห็นว่าขณะนี้ทั้งรอยต่อของอิมิตเตอร์กับเบสและรอยต่อของคอลเลคเตอร์กับเบสจะได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ ดังนั้นตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่ออิมิตเตอร์กับเบสจะทำการประจุ (charge) เพื่อให้แรงดันตกคร่อมเป็น -Ein โวลต์ และที่รอยต่อคอลเลคเตอร์กับเบสก็เช่นเดียวกันจะเกิดตัวเก็บประจุที่รอยต่อนี้ขึ้น และทำหน้าที่ประจุเพื่อให้มีแรงดันตกคร่อมเป็นผลรวมระหว่างค่า Vcc และ Ein เมื่อเวลาผ่านไปเป็น t+0 กระแสคอลเลคเตอร์จะยังคงไม่มีจนกว่าที่รอยต่ออิมิตเตอร์กับเบสจะได้รับแรงดันไบอัสตรงอย่างเต็มที่ (ต้องใช้เวา td) และกระแสคอลเลคเตอร์จะไม่สามารถเพิ่มขึ้นจนถึงภาวะอิ่มตัวได้อย่างทันทีทันใด เนื่องจากตัวเก็บประจุของรอยต่อของคอลเลคเตอร์กับเบสจะทำการคายประจุ โดยการแพร่ของพาหะผ่านส่วนของเบสดังนั้นกระแสคอลเลคเตอร์จึงค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงภาวะอิ่มตัว (ใช้เวลา tr)

จากรูป 3.25 ขณะที่เวลา t+1 แรงดันอินพุทจะมีค่าเป็นลบจะทำให้ที่รอยต่ออิมิตเตอร์ และเบสได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับอีกครั้งหนึ่ง แต่ค่าแรงดันที่เอ้าท์พุทจะไม่เปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด กล่าวคือจะยังคงมีกระแสคอลเลคเตอร์ไหลอยู่ และทำให้แรงดันที่เอ้าท์พุทยังคงมีค่าเป็นศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ ที่เป็นเช่นนี้อธิบายได้ว่าขณะที่เวลา t-1 ทรานซิสเตอร์ทำงานอยู่ในภาวะอิ่มตัว กระแสคอลเลคเตอร์ไหลเต็มที่และกำหนดได้ด้วยความต้านทาน RL ที่ต่ออยู่ภายนอก และเมื่อแรงดันอินพุทมีค่าลดลงเป็นศูนย์หรือเป็นลบแล้วก็ตาม แต่จะมีประจุพาหะอิเลคตรอนสะสมอยู่บริเวณเบส (กรณี NPN ทรานซิสเตอร์) และตราบใดที่ประจุพาหะเหล่านี้ยังมีอยู่ จะทำให้มีกระแสคอลเลคเตอร์ไหลได้ เมื่อพาหะนี้หมดไปกระแสคอลเลคเตอร์จึงจะหยุดไหล ช่วงเวลาที่ทำให้ประจุพาหะที่เบสนี้หมดไปถูกเรียกว่า "ช่วงเวลาสะสม" (storage time) เขียนแทนด้วย ts ดังแสดงในรูป 3.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.25 แสดงคุณสมบัติของ วงจรสวิตช์ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ในทางปฏิบัติ

และเนื่องจากการเกิดของ ts นี้เองทำให้ความกว้างของพัลซ์ที่เอ้าท์พุทมีค่ามากกว่าพัลซ์ที่อินพุท ซึ่งแสดงในรูป 3.25 คือ ช่วง tp และภายหลังจากที่แรงดันอินพุทเป็นลบแล้ว ช่วงเวลาที่ทำให้แรงดันที่เอ้าท์พุทมีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเป็น + Vcc (ในกรณี NPN) ถูกเรียกว่า "เวลาเทินออฟ" (turn off) เขียนแทนด้วย toff ประกอบด้วยเวลาย่อย ๆ สามส่วนคือ ts , tf และ td อาจจะกล่าวสรุปได้ว่า

"เวลาสะสม" (storage time) ts ก็คือเวลาที่ใช้ในการทำให้ประจุพาหะที่สะสมอยู่บริเวณเบสหมดไป โดยอาศัยขบวนการรวมตัวของพาหะ (carrier recombination process) หลังจากที่แรงดันอินพุทลดลงเป็นศูนย์โวลต์ ดังนั้นช่วงเวลา ts จึงขึ้นอยู่กับ ขบวนการรวมตัวของพาหะและขนาดของแรงดันไบอันย้อนกลับที่อินพุท

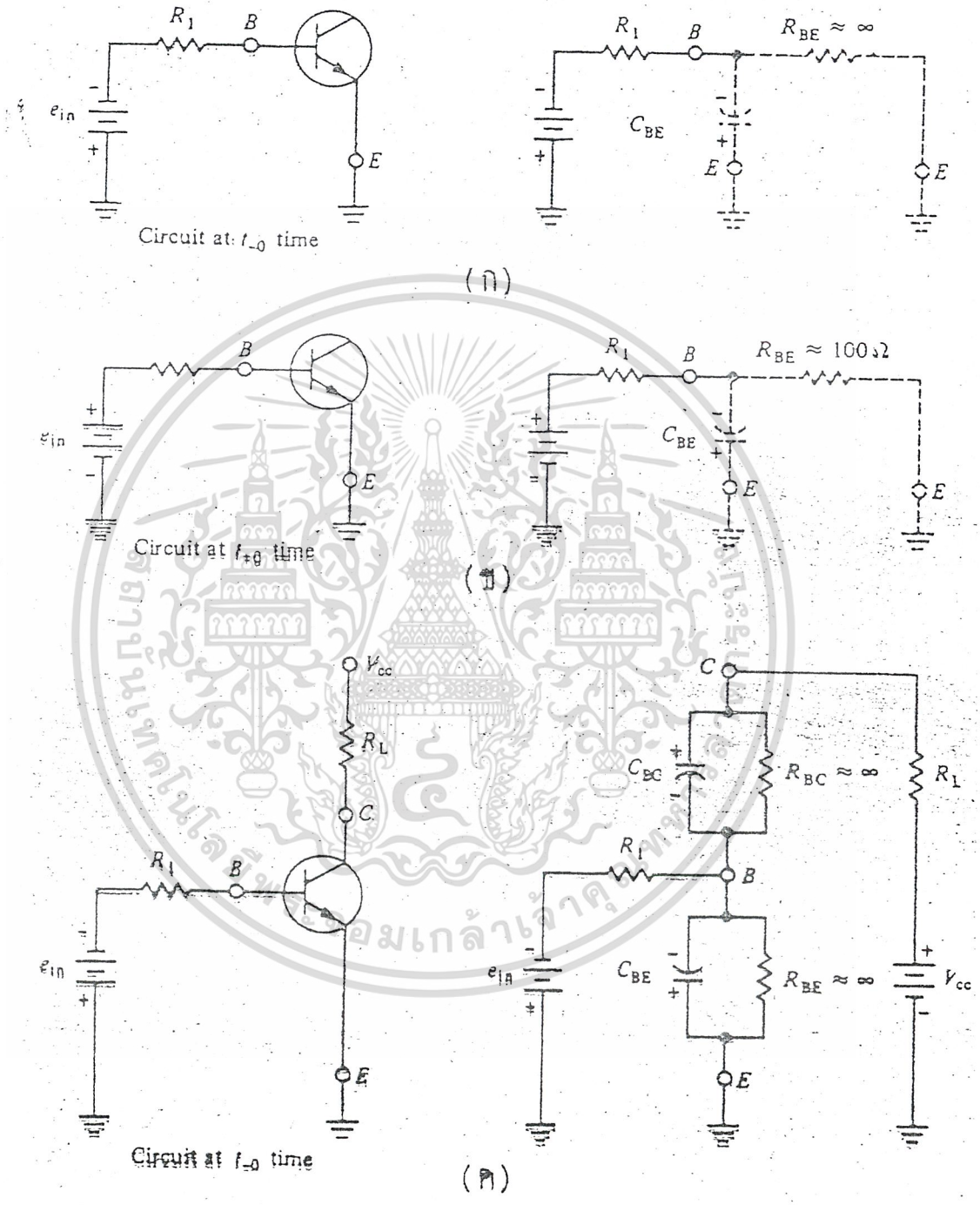
"เวลาตก" (fall time) tf ก็ ทำให้ แรงดันที่เอ้าท์พุท (ของทรานซิสเตอร์แบบ NPN) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าแรงดัน Vcc โดยที่เป็นเวลาต่อจากเวลาสะสม

"เวลาล่าช้า" (delay time) td คือ ช่วงเวลาต่อจาก เวลาตก เพื่อทำให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในภาวะไม่ทำงานอย่างสมบูรณ์ กล่าวคือแรงดันที่เอ้าท์พุทจะมีค่าเท่ากับแรงดัน Vcc

อย่างไรก็ดีในความเป็นจริงแล้วช่วงเวลาเหล่านี้มีค่าน้อยมากเช่นราว 10^{-9} วินาที และโดยทั่วไปโรงงานผู้ผลิตทรานซิสเตอร์ที่เหมาะแก่การนำไปใช้งานในวงจรสวิตช์มักจะบ่งบอกคุณสมบัติค่าของ ton และ toff ไว้เป็นสำคัญโดยที่

$$ton = t_d + t_r$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



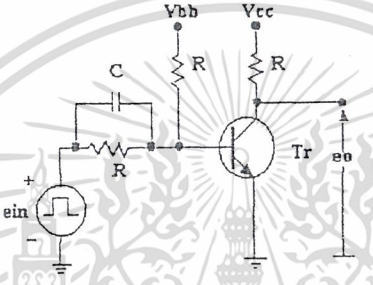
รูป 3.28 แสดง วงจรเสมือนของวงจรสวิตซ์ (ก) ที่เวลา t-0 (ข) ที่เวลา + t

(ค) ที่เวลา - t 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 สปีดอัพคาปาซิเตอร์ (Speedup - capacitor)

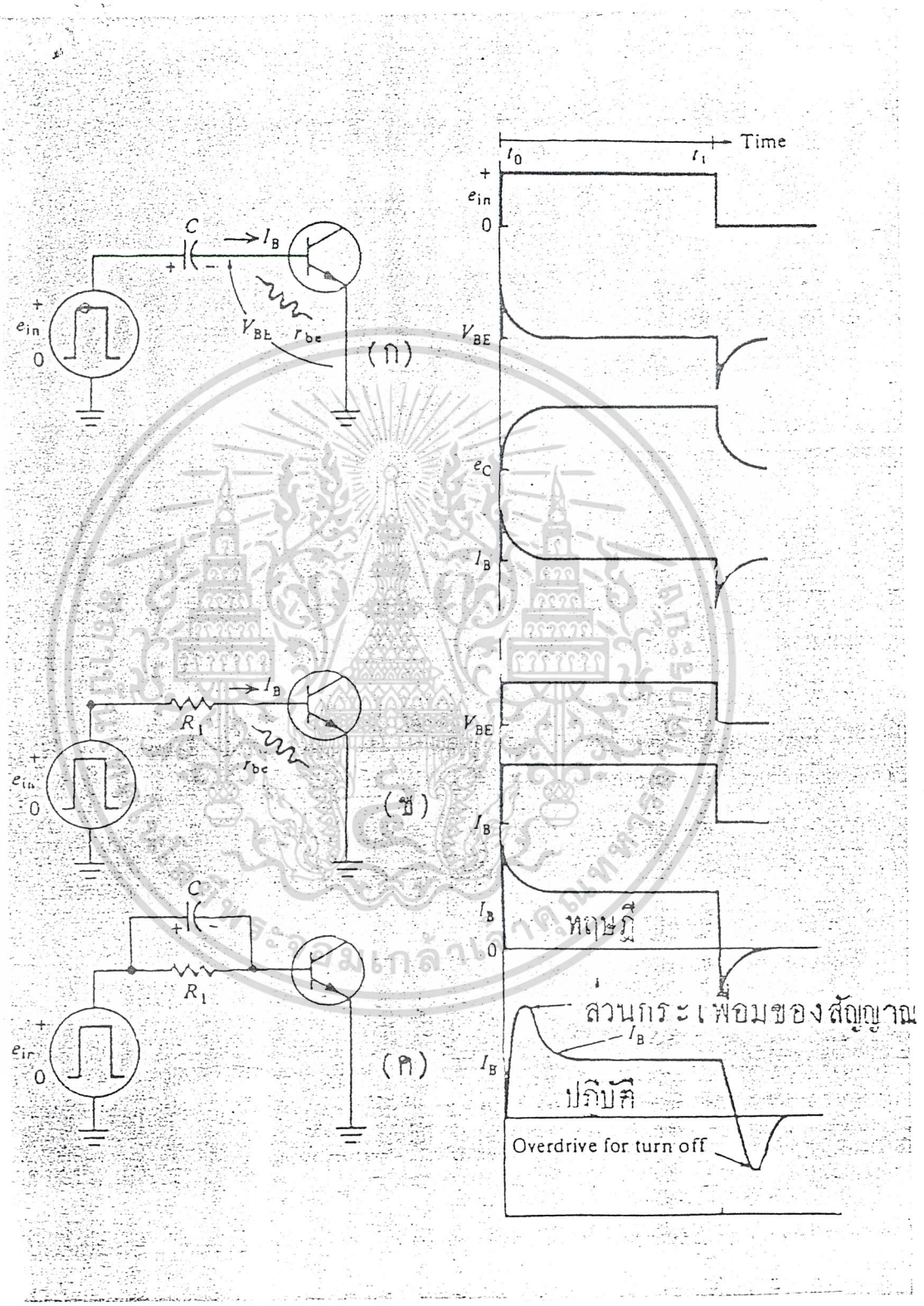
ในการลดค่าเวลาไต่ขึ้น โดยการเพิ่มกระแสเบส เพื่อให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน ON ได้อย่างรวดเร็วดังที่กล่าวมาแล้วนั้น นอกจากนี้แล้วการลดค่าเวลาไต่ขึ้น ยังสามารถทำได้โดยการเพิ่มตัวเก็บประจุ C เข้าไปในวงจรโดยต่อขนานอยู่กับตัวความต้านทาน R1 ดังแสดงในรูป 3.28 ตัวเก็บประจุนี้ถูกเรียกว่า สปีดอัพคาปาซิเตอร์ (speedup-capacitor)



รูป 3.27 แสดง วงจรสวิตซ์ทรานซิสเตอร์ซึ่งมีสปีดอัพคาร์ปาซิเตอร์

ในขณะที่ทางอินพุทมีพัลซ์เข้ามา กระแสเบสจะทำการประจุผ่านตัวเก็บประจุนี้ ดังนั้นจะเห็นว่ากระแสเบสจะประกอบด้วยกระแสย่อยสองกระแสคือ ส่วนหนึ่งเป็นกระแสที่ประผ่านตัวเก็บประจุ C และอีกส่วนหนึ่งเป็นกระแสปกติซึ่งไหลผ่านตัวความต้านทาน R1 ผลของตัวเก็บประจุ C และ R1 ที่มีต่อกระแสเบส Ib แยกเขียนแสดงได้ดังในรูป 3.28 ก. และ ข. ตามลำดับ โดยที่รูป 3.28 (ก) แสดงผลของการประจุของตัวเก็บประจุ C ทำให้เกิดกระแสเบส Ib ส่วนหนึ่ง โดยสมมติว่าค่าความต้านทานของรอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์และเบสมีค่าคงที่ ดังนั้นเมื่อพัลซ์ทางด้านอินพุทถูกป้อนเข้าที่เวลา t+0 (ดังรูป 3.28 ก) แรงดันจากอินพุททั้งหมดจะปรากฏตกคร่อมที่รอยต่ออิมิตเตอร์และเบส, (Vbe) เมื่อเวลาผ่านไปตัวเก็บประจุ C จะทำการประจุทำให้มีแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุเพิ่มขึ้น (Ec) ขณะที่มีการประจุกระแสเบส Ib จะมีค่าลดลงในที่สุดจะมีค่าเป็นศูนย์ ที่เวลา t+1 พัลซ์อินพุทจะมีค่าแรงดันเป็นศูนย์ ดังนั้นตัวเก็บประจุ C จะทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายแรงดัน และทำให้รอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์และเบสได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ แรงดันไบอัสย้อนกลับดังกล่าวนี้จะช่วยทำให้ช่วงเวลาสะสม (storage time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.29 แสดงผลของสปีดอัพคาร์ปาซิเตอร์ในวงจรสวิตซ์ทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าน้อยลง ดังนั้นจึงเห็นได้ชัดว่าการประจุของตัวเก็บประจุ "สปีดอัพคาปาซิเตอร์" นี้จะช่วยเพิ่มกระแสเบสซึ่งจะมีผลให้เวลาไต่ขึ้นมีค่าน้อยลง และเมื่อประจุแล้วจะมีผลช่วยทำให้ช่วยงเวลาสะสมลดน้อยลง ดังในรูปที่ 3.28 ก.

ในรูป 3.28 (ข) แสดงวงจรทางอินพุทของวงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ โดยสมมติว่าค่าความต้านทานของรอยต่ออิมิตเตอร์และเบสมีค่าคงที่ค่าหนึ่ง Ebe ดังนั้นวงจรอินพุทจึงมีลักษณะคล้ายกับวงจรแบ่งแรงดัน (voltage divider) และลักษณะของแรงดัน Vbe และกระแสเบส Ib แสดงดังในรูป

ดังนั้นเมื่อพิจารณาวงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ซึ่งมีสปีดอัพคาปาซิเตอร์ที่ได้แสดงดังรูป ซึ่งแสดงลักษณะของกระแสเบสทั้งทางทฤษฎีซึ่งสมมติว่าค่าความจุไฟฟ้าของรอยต่อระหวางอิมิตเตอร์และเบสมีค่าน้อยมากจนไม่นำมาพิจารณา และกระแสเบสในทางปฏิบัติการกำหนดค่าของสปีดอัพคาปาซิเตอร์ทำได้โดย

$I = Q / t$ และ $Q = C.E$

ดังนั้น $I = CE / t$

และ $C = It / E$

โดยที่ Q คือ ปริมาณของประจุไฟฟ้า (คูลอมม์)

I คือ I_B เป็นกระแสเบสส่วนเกินค่าปกติ (แอมแปร์)

t คือ tr วิ่งเป็นเวลาไต่ขึ้น (วินาที)

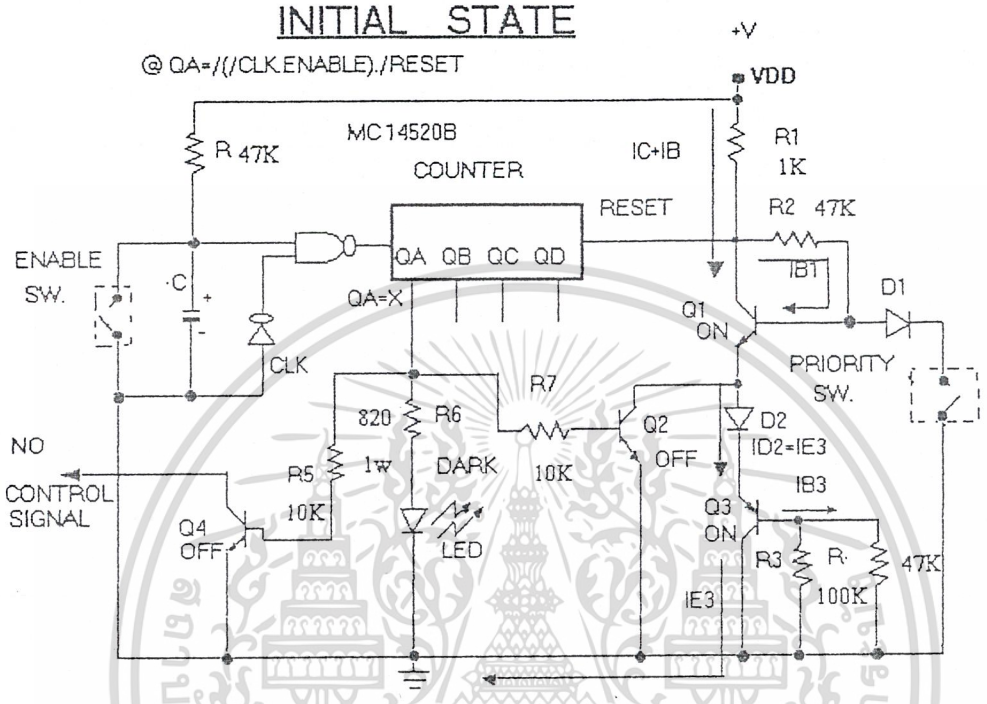
E คือ ขนาดของแรงดันของพัลซ์ที่อินพุท (โวลท์)

C คือ ค่าความจุของสปีดอัพคาปาซิเตอร์ (ฟารัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.54 วงจรควบคุมสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานจริง

(Switch Electronics Controller)



รูป 3.29 แสดงวงจรควบคุมสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานจริง

รูปสามารถอธิบายการทำงานของวงจรได้ดังนี้ ถ้าในสถานะเริ่มต้นสวิตช์ S1 ยังไม่ถูกกดตัวเก็บประจุ C ก็จะทำการสะสมประจุไปจนเต็มช่วงเวลาการสะสมประจุเป็นไปตามสมการสะสมประจุ (Charge Eguation) คือ

$$Vc = VDD((1-e^{\tau/RC})$$

RC คือ เวลาคงที่ (Time constant)

$\tau = RC$ ฉนั้นช่วงเวลาการสะสมประจุจึงขึ้นอยู่กับค่าเวลาคงที่ RC ดังที่ได้กล่าวมาแล้วทำให้ขา 2 เป็นขาอีนาเบิ้ล (Enable) อยู่ในสภาวะ "1" หรือ "high" สภาวะนี้จะทำให้วงจรคงสภาวะไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้ไม่มีเอ้าท์พุทออกไปที่ขา 3 LED ดับ ทรานซิสเตอร์ Q2 , Q4 อยู่ในสภาวะคัทออฟ (Cut off) ยังไม่มีสัญญาณควบคุมสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ออกมาที่ขา คอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q4 แต่ทรานซิสเตอร์ Q1 , Q3 จะ "ON" โดยที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Q1 ต่ออยู่กับขา reset ของวงจรนับซึ่งทรานซิสเตอร์ Q1 ต่ออยู่ในลักษณะไบอัสช่วย (Self Bias) โดยมี R1 ,R2 เป็นตัวจัดไบอัส เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์ Q1 "ON" ทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอด D2 เข้าขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ เป็น ชนิด PNP ทำให้ที่ขาอิมิตเตอร์ของ Q3 มีแรงดันไฟไปไบอัส Q3 จึงอยู่ในสภาวะ "ON"

ถ้าสวิตช์ S1 ถูกกดก็จะทำให้ตัวเก็บประจุคายประจุผ่านสวิตช์ S1 ลงกราวนด์ ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ ลดลงจนเกือบจะเป็นศูนย์ ทำให้แรงดันที่ขา 2 เป็นขาอีนาเบิ้ล (Enable) อยู่ในสภาวะ "0" จะทำให้วงจรนับทำงานมีเอ้าท์พุทของวงจรนับออกมาที่ขา 3 และทำให้ LED ติด ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q4 อยู่ในสภาวะนำกระแสมีสัญญาณควบคุมออกไปที่ขาคอลเลคเตอร์ ของทรานซิสเตอร์ Q4 จะถูกส่งไปควบคุมการเปิด - ปิด สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ในขณะที่ ทรานซิสเตอร์ Q2 "ON" จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q3 อยู่ในสภาวะคัทออฟ (Cut off) เนื่องจาก กระแสจากทรานซิสเตอร์ Q1 ถูกทรานซิสเตอร์ Q2 ดึงลงกราวนด์หมด ไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอด D2 และขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q3 จึงทำให้ไม่มีแรงไฟไปไบอัสให้กับอิมิตเตอร์ Q3 จึงทำให้มันคัทออฟ (cut off)

ถ้ากดสวิตช์ S1 อีกครั้งจะทำให้เอ้าท์พุทขา 3 ของ QA เกิดสภาวะทอกเกิ้ล จะทำให้ LED ดับ Q2 , Q4 ดับ จะทำให้ Q3 "ON" เพราะมีกระแสไหลผ่านไดโอด D2 และขาอิมิตเตอร์ Q3 ทำให้ได้รับไบอัส จึงทำให้มัน "ON" อีกครั้ง

3.5.5 การรีเซ็ท

วงจรสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์นี้จะสามารถรีเซ็ท โดยสวิตช์ที่มีความสำคัญ (Priority Switch) จากรูปจะเห็นว่าขารีเซ็ทของวงจรนับถูกต่อกับขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ถ้าหากว่าสวิตช์ Priority ถูกกดจะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1, Q2, Q3, Q4 จะอยู่ในสภาวะคัทออฟหมด LED ดับ และเอ้าท์พุทของวงจรนับจะเป็น "0" หมด เมื่อทรานซิสเตอร์ Q1 คัทออฟ (Cut off) จะทำให้ที่ขารีเซ็ทของวงจรนับได้รับแรงดันไฟจากวงจรแบ่งแรงดันระหว่างตัวต้านแทน R1 และ R2 เป็นไปตามสมการดังนี้

$$Vreset = VR2 = IR2 = (VDD-VD1)R2/(R1+R2)$$

Vreset = 11.06 V. หรือสภาวะ "High"

โดยปกติสวิตช์ที่มีความสำคัญ (Priority Switch) ตัวนี้จะอยู่ที่ชุดของประธาน (Chairman Unit) จะไว้สั่งหรือขัดจังหวะการพูดของผู้ร่วมประชุมอื่น ๆ เพื่อให้การประชุมดำเนินต่อไปได้ นอกจากนี้เมื่อกดสวิตช์ตัวนี้ยังมีเสียงฆ้องหรือเสียงระฆังเตือนให้ผู้ร่วมประชุมอื่น ๆ ทราบว่าขณะนี้ประธานได้ขัดจังหวะการพูด ซึ่งผู้ร่วมประชุมอื่นไม่สามารถกดพูดแทรกขึ้นมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การออกแบบวงจรไฟตรง

(DC POWER SUPPLY DESIGN)

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนมากต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงในการทำงาน แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจึงมีความสำคัญต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วๆไปและในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นอย่างยิ่ง การออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC POWER SUPPLY) ไม่ใช่เรื่องยากก็จริง แต่มันเป็นเรื่องยาว เพราะนอกจากจะพิจารณาแรงดันขาออก (OUT PUT) แล้วยังต้องพิจารณาถึงค่าการจ่ายกระแส ความต้านทานภายใน การรักษาค่าแรงดัน (VOLTAGE REGULATION) การส่งผ่านความร้อน ความเชื่อถือของตัวอุปกรณ์ และความไวต่อการเสียหาย และบางครั้งอาจจะพิจารณาคุณสมบัติในเรื่อง การลดสัญญาณรบกวนทรานเซี้ยน (TRANSIENT) การป้องกันค่าแรงดันเกิน วงจรจำกัดกระแสขาออกของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงที่ติดตั้งใกล้ๆกับอุปกรณ์ที่ใช้มันอยู่แบบในระยะไกล (REMOTE SENTING)

3.6.1 หลักการที่ใช้ในวงจรของแหล่งจ่ายไฟที่สำคัญๆ มี 2 วิธีด้วยกันคือ

การปรับระดับแรงดันหรือเรกกูเลท (REGULATE) และการรักษาเสถียรภาพของแรงดันไฟตรง (STABILISED) ซึ่งวิธีที่ใช้กันแพร่หลาย คือ การต่อวงจรเรกกูเลทแบบลิเนียร์เข้ากับวงจรภายในอย่างอนุกรม (Linear Series Regulator) โดยเทคนิคแบบนี้มักจะใช้กับแหล่งจ่ายไฟที่มีระดับแรงดันเอ้าท์พุทขนาดกลาง

ต่อไปจะกล่าวถึงพารามิเตอร์ต่างๆที่จำเป็นของแหล่งจ่ายไฟ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้งานมากสำหรับงานซ่อมแซมและงานตรวจสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆดังต่อไปนี้

1. เรนจ์ (Range) คือค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของระดับแรงดันเอ้าท์พุท และกระแสเอ้าท์พุทของแหล่งจ่ายไฟ
2. โหลดเรกกูเลชั่น (Load Regulation) คือค่าการเปลี่ยนแปลงที่สูงที่สุดของระดับแรงดันเอ้าท์พุทที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลผ่านโหลด จากสภาวะไม่มีโหลดไปเป็นสภาวะต่อโหลดเต็มที่หรือฟูลโหลด ค่าเปอร์เซ็นเรกกูเลชั่นของแหล่งจ่ายไฟคำนวนได้จากสูตร

   % Load Regulation = (VNL - VFL) / VNL * 100 %
3. ไลน์เรกกูเลชั่น (LINE REGULATIOA) คือการเปลี่ยนแปลงค่าสูงสุดของระดับแรงดันเอ้าท์พุทอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันที่อิพุท กำหนดให้มีหน่วยเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การออกแบบวงจรไฟตรง

(DC POWER SUPPLY DESIGN)

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนมากต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงในการทำงาน แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจึงมีความสำคัญต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วๆไปและในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นอย่างยิ่ง การออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC POWER SUPPLY) ไม่ใช่เรื่องยากก็จริง แต่มันเป็นเรื่องยาว เพราะนอกจากจะพิจารณาแรงดันขาออก (OUT PUT) แล้วยังต้องพิจารณาถึงค่าการจ่ายกระแส ความต้านทานภายใน การรักษาค่าแรงดัน (VOLTAGE REGULATION) การส่งผ่านความร้อน ความเชื่อถือของตัวอุปกรณ์ และความไวต่อการเสียหาย และบางครั้งอาจจะพิจารณาคุณสมบัติในเรื่อง การลดสัญญาณรบกวนทรานเซี้ยน (TRANSIENT) การป้องกันค่าแรงดันเกิน วงจรจำกัดกระแสขาออกของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงที่ติดตั้งใกล้ๆกับอุปกรณ์ที่ใช้มันอยู่แบบในระยะไกล (REMOTE SENTING)

3.6.1 หลักการที่ใช้ในวงจรของแหล่งจ่ายไฟที่สำคัญๆ มี 2 วิธีด้วยกันคือ

การปรับระดับแรงดันหรือเรกกูเลท (REGULATE) และการรักษาเสถียรภาพของแรงดันไฟตรง (STABILISED) ซึ่งวิธีที่ใช้กันแพร่หลาย คือ การต่อวงจรเรกกูเลทแบบลิเนียร์เข้ากับวงจรภายในอย่างอนุกรม (Linear Series Regulator) โดยเทคนิคแบบนี้มักจะใช้กับแหล่งจ่ายไฟที่มีระดับแรงดันเอ้าท์พุทขนาดกลาง

ต่อไปจะกล่าวถึงพารามิเตอร์ต่างๆที่จำเป็นของแหล่งจ่ายไฟ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้งานมากสำหรับงานซ่อมแซมและงานตรวจสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆดังต่อไปนี้

1. เรนจ์ (Range) คือค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของระดับแรงดันเอ้าท์พุท และกระแสเอ้าท์พุทของแหล่งจ่ายไฟ
2. โหลดเรกกูเลชั่น (Load Regulation) คือค่าการเปลี่ยนแปลงที่สูงที่สุดของระดับแรงดันเอ้าท์พุท ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลผ่านโหลด จากสภาวะไม่มีโหลดไปเป็นสภาวะต่อโหลดเต็มที่หรือฟูลโหลด ซึ่งค่าเปอร์เซ็นเรกกูเลชั่นของแหล่งจ่ายไฟคำนวนได้จากสูตร

   % Load Regulation = (VNL - VFL) / VNL * 100 %

3. ไลน์เรกกูเลชั่น (LINE REGULATIOA) คือการเปลี่ยนแปลงค่าสูงสุดของระดับแรงดันเอ้าท์พุทอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันที่อินพุท กำหนดให้มีหน่วยเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นอั ตราส่วน 10 % ของการเปลี่ยนแปลงของไฟ 220 V ต่อ 0.01 % ของการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันเอ้าท์พุท

4. เอ้าท์พุทอิมพีแดนซ์ (Output Impedance) คือการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันเอ้าท์พุทหารด้วยการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของกระแสโหลดที่ความถี่ที่กำหนดค่าใดค่าหนึ่ง (ปกติจะใช้ที่ความถี่ 100 KHz)

   Zout = dVo/dIL

5. ริปเปิ้ลและสัญญาณรบกวนหรือน้อยส์ (Ripple And Noise) คือ ค่าแรงดันจากยอดถึงยอด (Peak to Peak) ของค่า Vrms ของแรงดันไฟสลับหรือแรงดันแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นบนสัญญาณไฟตรงที่เอ้าท์พุท โดยคิดที่สภาวะภายนอกและพารามิเตอร์ของสภาพแวดล้อมมีค่าคงที่เสมอ ค่าริปเปิ้ลอาจจะกำหนดให้คิดที่สภาวะฟูลโหลดหรือค่ากระแสโหลดที่กำหนดค่าหนึ่งๆ

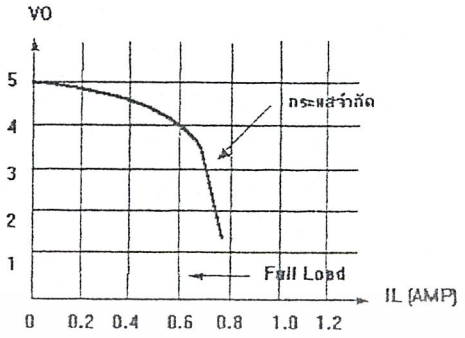
1. ทรานส์เซียน เรสพอนส์ (Transient Response) คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการปรับระดับแรงดันไฟตรงที่เอ้าท์พุทให้มีค่าอยู่ภายใน 10 mV ของค่าที่สภาวะคงที่ (Steady State) ภายหลังที่มีการต่อโหลด (เต็มที่)เข้ามาอย่างทันทีทันใด

7. สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ (Temperature Coefficient) คือค่า % การเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงที่เอ้าท์พุท ตามอุณหภูมิ ณ. สภาวะที่ไฟสลับทางด้านอินพุทและกระแสโหลดคงที่
8. เสถียรภาพ (Stability) คือการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันเอ้าท์พุทตามเวลาโดยสมมติว่าในขณะนั้นมีความสมดุลย์ทางอุณหภูมิและระดับแรงดันไฟสลับที่อินพุท กระแสโหลด และอุณภูมิภายนอกมีค่าคงที่
9. ประสิทธิภาพ (Efficiency) คืออัตราส่วนของพลังงานเอ้าท์พุทต่ออินพุทเป็นเปอร์เซ็นต์

   $$\eta = [\text{Vout I out} / \text{Vin In}] * 100\ \%$$

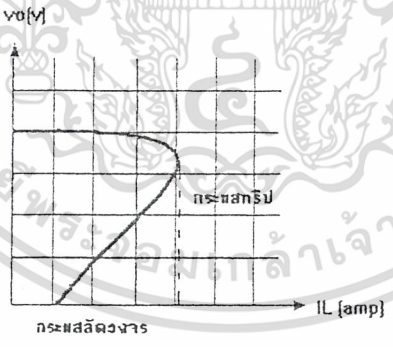
10. ค่าจำกัดของกระแส (Current Limiting) เป็นวิธีการใช้ในการป้องกันอุปกรณ์ของแหล่งจ่ายไฟ และวงจรที่เกิดความเสียหายเนื่องจาก กระแสโอเวอร์โหลดค่ากระแสสูงสุดในสภาวะคงที่ (Steady State) จะถูกกำหนดไว้ที่ค่าปลอดภัยค่าหนึ่งดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.30 แสดง ค่าจำกัดกระแส

11. ค่าจำกัดของกระแสโฟลด์แบ็ค (Foldback Current Limiting) คือเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติในข้อ 10 โดยในกรณีที่เกิดกระแสโอเวอร์โหลดสูงเกินกว่าที่กำหนดแหล่งจ่ายไฟจะตัดให้กระแสมีขนาดต่ำลงมาตามค่าที่กำหนดทันที แสดงดังรูป



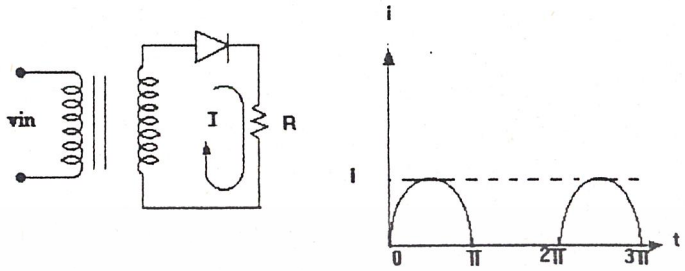
รูป 3.31 แสดงค่าจำกัดของกระแสโฟลด์แบ็ค

3.7 การเรียงกระแส (Rectifier)

เมื่อกล่าวถึงหม้อแปลงและสิ่งที่จะขาดไม่ได้ในวงจรจ่ายไฟตรงก็คือ วงจรเรียงกระแส (rectifier) แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Haft - Wave Rectifier) และวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full - Wave Rectifier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำ ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half - Wave Rectifier)



รูป 3.32 แสดงวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier)

รูป 3.32(a) เป็นวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นอย่างง่ายแรงดันเข้าไปเป็นรูปไซน์ ทำให้แรงดันไฟฟ้าทุติยภูมิ (Secondary Voltage) ของหม้อแปลงก็เป็นรูปคลื่นไซน์ด้วย แต่ไดโอดจะนำกระแสเพียงครึ่งรอบในซีกบวกเท่านั้น ในครึ่งลบไดโอดจะไม่นำกระแสทำให้ได้รูปคลื่นของกระแสในครึ่งรูปไซน์ดังรูป (b)

สมมติว่าไดโอดที่ใช้ในวงจรนี้เป็นชนิดอุดมคติ (Ideal) คือไม่มีความต้านทานและแรงดันตกคร่อมในขณะที่ไบอัสตาม (Forword Bias) และให้ถือว่าความต้านทานและความเหนี่ยวนำรั่วไหล (leakage inductance) ของหม้อแปลงมีค่าต่ำมากจนไม่คำนึงถึงได้ ถ้าแรงดันเข้าเป็น

$V(t) = Vm \sin wtdt$

กระแส

$i(t) = Im \sin wtdt \qquad 0 \leq wt \leq \pi$

$i(t) = 0 \qquad \pi \leq wt \leq 2\pi$

เราใช้กระแสไฟตรง Idc เป็นพารามิเตอร์ในการวัดความสามารถของวงจรดัดไฟ โดยคิดค่าเฉลี่ยของพื้นที่ใต้เส้นโค้งของกระแสไฟฟ้าเพียงหนึ่งรอบ

$$Idc = 1/2\pi \int_0^{2\pi} i(dc)dt$$

$$= 1/2\pi \int_0^{2\pi} Im\ Sinwtdt$$

$$= 1/2\pi \int_0^{2\pi} Im \sin wtdt + \int_0^{2\pi} 0\ dt$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Idc = Im/2\pi \left[(-\cos) = (Im/2\pi)*2\right] = Im/\pi$$

$$= 0.38Im \qquad (1)$$

จากความสัมพันธ์ระหว่างค่า (rms.) กับค่าสำแดงผล

$$Irms = 0.707Im \ ; \ Im = \sqrt{2}\, Irms \qquad (2)$$

แทน (2) ลงใน (1)

$$Idc = 1.414*0.318Irms = 0.4497\ Irms$$

สามารถหาแรงดันคร่อมโหลดได้ดังนี้

$$Vdc = Idc*R = 0.318Im*R = 0.318Vm = 0.318*1.414 = 0.45\ Vrms$$

สามารถคำนวนหากำลังไฟฟ้าที่หม้อแปลงจ่ายให้แก่วงจรเพื่อนำไปหาประสิทธิภาพได้ดังนี้

$$Pac = I^2rmsR$$

จากรูป 3.32 (b) จะเห็นได้ว่าสัญญาณขาออกของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier) เมื่อวิเคราะห์เป็นอนุกรมฟูริเยร์ (Fourier Series) จะมีทั้งแรงดันไฟตรงและฮาร์โมนิกส์ ซึ่งจะทำให้เกิดความสูญเสียในโหลดตัวต้านทาน และความถี่ต่ำสุดของฮาร์โมนิกส์จะเท่ากับความถี่ของแหล่งจ่ายไฟสลับ จึงทำให้แยกฮาร์โมนิกส์ออกจากแรงดันไฟตรงได้ยาก ฉะนั้นวงจรเรียงกระแสที่ดีจะต้องให้ระแสไฟตรงเรียบที่สุดและลดการสูญเสียที่เกิดจากฮาร์โมนิกส์ในโหลดให้น้อยที่สุด

ประสิทธิภาพคำนวนได้จาก

$$\eta_R = [\ Pdc\ output\ /\ Pac\ input] * 100\ \%$$

$$\eta_R = \left\{ [(Im)^2/R*R] / [(Im/2)^2*R] \right\} *100$$

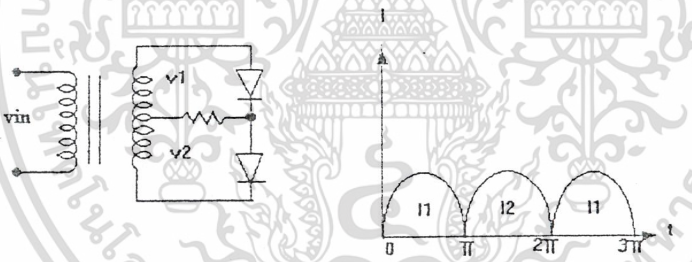
$$= 4/\pi^2 * 100 = 40.6\ \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full - Wave Rectifier)

เนื่องจากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น จะจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้แก่โหลดเพียงครึ่งรอบของไฟฟ้ากระแสสลับขาเข้าเท่านั้นกำลังไฟตรงที่จ่ายให้แก่โหลดจึงต่ำ ถ้าสามารถจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้แก่โหลดทุกๆครึ่งรอบของไฟฟ้ากระแสสลับขาเข้า กำลังไฟฟ้าที่โหลดก็จะได้รับเพิ่มขึ้น วงจรเรียงกระแสที่จ่ายไฟตรงให้แก่โหลดทุกๆครึ่งรอบไฟสลับนี้เรียกว่า วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นซึ่งประกอบด้วย วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น 2 วงจรดังรูปข้างล่างนี้

วงจรนี้เรียกว่าวงจรดัดไฟแบบเต็มคลื่นมีแท็ปกลาง (Center - Tapped) เพราะว่าใช้ขดลวดทุติยภูมิ 2 ขด ซึ่งมีจุดร่วมต่อกับโหลด ในครึ่งรอบแรกนั้น Vin เป็นบวก V1 เป็นบวกด้วย V2 จะเป็นลบ ไดโอด D1 จะนำกระแสเพราะถูกไบอัสตาม ส่วน D2 จะไม่นำกระแสเพราะถูกไบอัสกลับ ในครึ่งรอบหลัง Vin เป็นลบ V2 เป็นบวก V1 เป็นลบ ไดโอด D1 ถูกไบอัสกลับ ในขณะที่ไดโอด D2 ถูกไบอัสตาม ทำให้ได้รูปคลื่นดังรูป



รูป 3.33 แสดงวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นแบบมีแท็ปกลาง

สมมุติว่าไดโอด 2 ตัวเหมือนกันกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอดแต่ละตัวดังนั้น

$I1 = Em/R \ Sin\ wt$

$I2 = 0$

$I1 = 0$

$I2 = Em/R \ Sin\ wt$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นมีคุณสมบัติดังนี้

- ค่าเฉลี่ยไฟตรง

$$Idc = 2Vm / \pi R = 2Im$$

$$Vm = \sqrt{2}\, Vrms$$

$$Idc = [2\sqrt{2} / \pi] * [Vrms / R]$$

$$= 2\sqrt{2}Irms / \pi = 0.9\ Vrms / R = 0.9\ Irms$$

$$= Idc * R = 0.9\ Irms * R = 0.9\ Vrms$$

- ค่ากำลังไฟสลับ

$$Pac = Vm^2 / 2R$$

- ประสิทธิภาพของการเรียงกระแส (Efficiency of Rectification) มีค่า 2 เท่าของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

$$\eta \text{ full} = 2\, \eta \text{ half} = 81.2\ \%$$

- ความถี่ต่ำสุดของฮาร์โมนิกของวงจรนี้เท่ากับ 2 เท่า ของความถี่ของแหล่งจ่ายไฟสลับ (AC source)

- หากเขียนสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ โดยให้ D1 นำกระแส และ D2 ไม่นำกระแสจะได้

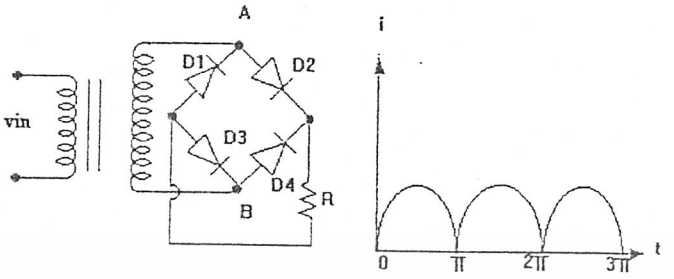
$$V - V1 - V2 = 0 \quad V1 = V2$$

$$V = 2V = 2\ Vm\ sinwt$$

เพราะฉะนั้นไดโอดที่ไม่นำกระแสจะต้องทนแรงดันกลับขั้วอย่างน้อย 2 Em

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Bridge Full - Wave Rectifier)



รูป 3.34 แสดงวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

วงจรนี้จะใช้ไดโอด 4 ตัว แต่ไม่ต้องใช้หม้อแปลงชนิดมีแท็ปกลาง และค่าแรงดันไฟฟ้ากลับขั้วสูงสุดที่ไดโอดแต่ละตัวจะต้องทนได้ ก็เพียงแค่แรงดันไฟฟ้าสูงสุดของขดทุติยภูมิของหม้อแปลงเท่านั้น

หลักการทำงานของวงจรนี้ พิจารณาที่จุด A เป็นบวกเมื่อเทียบกับจุด B กระแสจะไหลผ่านไดโอด D2 ผ่านโหลด และไดโอด D3 ไหลย้อนกลับเข้าปลายด้านล่างของขดลวดทุติยภูมิ ต่อมาเมื่อ จุด B เป็นบวกเทียบกับจุด A กระแสจะไหลผ่าน ไดโอด D4 ผ่านโหลดและไดโอด D1 เข้าปลายด้านบนของขดลวดทุติยภูมิ แต่ละครึ่งรอบจะมีไดโอดนำกระแสอนุกรม 2 ตัว และอีก 2 ตัวจะไม่นำกระแส เพราะถูกไบอัสย้อนกลับ กระแสรูปพัลส์ที่ผ่านโหลดจะไหลในทิศทางเดียวกันเสมอ

มองในแง่ของแรงดันไฟตรง Vdc ที่คร่อมโหลดแล้ว หม้อแปลงในวงจรบริดจ์จะให้แรงดันไฟตรงถึง 2 เท่าของแรงดันไฟในขดทุติยภูมิของหม้อแปลง ส่วนกระแสไฟฟ้าในขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงแบบมีแท็ปกลาง จะไหลผ่านขดลวดทุติยภูมิเพียงครึ่งเดียวเท่านั้น ดังนั้นถ้าหากเปรียบเทียบผลของการเกิดความร้อนของวงจรทั้งสองแบบให้เท่ากันแล้ว กระแสจากหม้อแปลงในวงจรบริดจ์จะมีค่าประมาณ 2/3 เท่าของกระแสในหม้อแปลงของวงจรแบบแท็ปกลาง เนื่องจากช่วงเวลาการไหลของกระแสของหม้อแปลงในวงจรบริดจ์มีมากกว่าจึงเห็นได้ชัดว่าหม้อแปลงในวงจรบริดจ์มีประสิทธิภาพสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.4 ตัวประกอบคลื่น (Ripple Factor)

ปริมาณริปเปิ้ลที่เทียบกับส่วนประกอบไฟตรงของแรงดันไฟฟ้าจะเป็นตัวจัดความเรียบของวงจรเรียงกระแส จึงเรียกว่าริปเปิ้ลแฟกเตอร์

r = ripple factor = ค่าประสิทธิผลของอุปกรณ์ AC ทั้งหมด ต่อ ค่าเฉลี่ยหรือค่าประสุทธิผลของอุปกรณ์ DC

กระแสไฟในโหลดของวงจรเรียงกระแสจะประกอบด้วยส่วนประกอบของกระแสไฟตรงและค่าประสิทธิผลของส่วนประกอบของกระสไฟสลับทั้งหมดหาได้จากคำนิยามดังนี้

$$Irms = \sqrt{Idc^2 + Iac^2}$$

$$Iac = \sqrt{Irms^2 - Idc^2}$$

เพราะฉะนั้นจากคำนิยามของริปเปิ้ลแฟกเตอร์จะได้

$$r = \sqrt{Irms^2 - Idc^2} / Idc$$

สามารถใช้ค่า Idc และ Irms ดังกล่าวข้างต้นในการหาตัวริปเปิ้ลแฟกเตอร์ของวงจรเรียงกระแสได้ ริปเปิ้ลแฟกเตอร์สำหรับวงจรแบบครึ่งคลื่นมีค่าเท่ากับ 1.21 และสำหรับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นมีค่าเท่ากับ 0.48

การที่วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นมีริปเปิ้ลแฟกเตอร์ต่ำนี้ก็เป็นคุณสมบัติที่ดีอีกข้อหนึ่งที่สนับสนุนให้เป็นที่นิยมใช้กันมาก นอกเหนือจากแยกฮาร์โมนิกออกได้ง่าย

มีหลายวิธีที่จะลดผลของริปเปิ้ลแฟกเตอร์ โดยการต่อตัวเก็บประจุกรองกระแส สามารถคำนวนหาค่าต่ำสุดของคาปาซิเตอร์ได้จากสมการ

$$C \min \approx 1/2\sqrt{2} \times fr \cdot Rl$$

Rl = โหลด

fr = ความถี่ริปเปิ้ล ถ้าเรียงกระแสแบบครึ่ง fr = 50 Hz

ถ้าเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น fr = 100 Hz

Kr = แรงดันริปเปิ้ล (rms) ต่อ แรงดันไฟตรงเอ้าท์พุท

นอกจากนี้ยังสามารถหาค่าตัวเก็บประจุได้ดังสมการนี้

$$C = IL / 2f\Delta V \quad \text{ฟารัด / แอมป์ (F / Amp)}$$

สมการข้างต้นใช้สำหรับการเลือกตัวเก็บประจุ สำหรับกระแสต่ำ โดยที่

IL คือ กระแสโหลด

ΔV คือ แรงดันริปเปิ้ลจากยอดถึงยอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

f = 2f สำหรับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

= f สำหรับวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

ตามธรรมชาติแล้วสัญญาณของแรงดันริปเปิ้ลไม่ได้เป็นรูปไซน์ (Sinusoidal) แต่เป็นผลรวมของของคลื่นฮาร์โมนิกต่างๆที่ซับซ้อน แรงดันริปเปิ้ลจะทำให้เกิดกระแสริปเปิ้ลผ่านคาปาซิเตอร์ มีค่าเท่ากับ I^2R ซึ่งความต้านทานตามสูตรนี้มีค่าเทียบเท่าความต้านทานอนุกรมของคาปาซิเตอร์ (Equivalent Series Resistance : ESR) ของคาปาซิเตอร์ แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติทนต่อความร้อนหรือทนต่อสภาวะโอเวอร์ฮีท (Overheat) ได้ไม่เท่ากัน

นอกจากจะใช้ตัวเก็บประจุเป็นตัวกรองกระแสแล้วยังสามารถใช้ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) ซึ่งเลือกค่าความเหนี่ยวนำ L ที่ใช้ในวงจรกรองแบบตัวเหนี่ยวนำ ค่า L จะต้องมากกว่าค่าความเหนี่ยวนำวิกฤต (Critical Inductance) LC โดย

$$LC = RL / 6\pi f$$

3.7.5 การเลือกขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า

วงจรเรียงกระแสไฟแบบเต็มคลื่นมีแท็ปกลาง (Full Wave Center Tap) สูตรที่ใช้ในการคำนวนแรงดันทุติยภูมิ (Secondary Voltage) ของหม้อแปลงที่ใช้กับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นมีแท็ปกลางดังนี้

$$Vac = \{ (Vout + VREG + V_RECT + Vripple) / 0.92 \} \times V / VL\ online \times 0.707$$

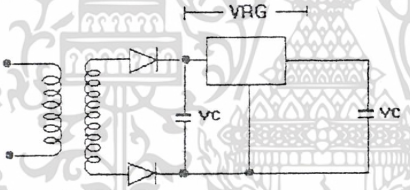
ในที่นี้ 0.92 คือ ประสิทธิภาพของวงจรแปลงไฟ (Rectifier Efficiency)

กระแสทุติยภูมิของหม้อแปลง (Transformer Secondary Current)

ขั้นตอนต่อไปนี้มีใช้เพื่อหากระแสทุติยภูมิของหม้อแปลง แม้จะต้องหามาจากการวิเคราะห์ที่ยุ่งยากมาก แต่เพื่อจุดประสงค์ทางปฏิบัติอาจจะใช้ตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของวงจรเรียงกระแส	ชนิดของวงจรกรอง	ค่าพิกัดกระแส rms ทางทุติยภูมิ
วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นที่มีแท็ปกลาง (Full Wave Center Tap)	ใช้โช้กทางด้านเข้า (choke input)	0.7 Idc
	ใช้ตัวเก็บประจุด้านเข้า (Capacitor input)	1.2 Idc
วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier)	ใช้โช้กทางด้านเข้า (choke input)	Idc
	ใช้ตัวเก็บประจุด้านเข้า (capacitor input)	1.8 Idc



รูป 3.35 แสดงตารางและการเลือกหม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ไมโครโฟน (MICROPHONE)

คืออุปกรณ์ที่จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเสียงธรรมชาติหรือที่เรียกว่าพลังงานที่เป็นอะคูสติค (Acoustic) เป็นพลังงานไฟฟ้า รายละเอียดที่สำคัญของไมโครโฟนอยู่ที่ว่าจะมีกี่คนที่เลือกใช้ไมโครโฟนได้ถูกต้อง เพราะไมโครโฟนไม่ได้มีการสร้างมาแบบเดียวโดดๆได้มีการออกแบบไมโครโฟนมาเฉพาะงาน มีทิศทางการรับเสียงที่แตกต่างกัน มีความถี่ตอบสนองที่แตกต่างกันออกไป มีลักษณะของการเน้นระดับเสียงที่ไม่เหมือนกัน และอื่นๆอีกบางประการ

ดังนั้นการศึกษาถึงระบบไมโครโฟนควรจะตั้งคำถามอย่างน้อย 4 คำถามคือ

1 ไมโครโฟนมีกี่ชนิด แต่ละชนิดมีคุณสมบัติอย่างไร

2 ไมโครโฟนแต่ละตัวที่ผลิตขึ้น มีคุณสมบัติทางทิศทางเสียงอย่างไร หรือรับเสียงที่ได้ในทิศทางใดดีที่สุด

3 ไมโครโฟนที่เลือกใช้นั้นให้คุณภาพเสียงและความถี่เสียงด้านไหน หรือตอบสนองความถี่เสียงใดดีที่สุด

4 ไมโครโฟนตัวนั้นๆ มีรูปร่างหน้าตาแบบใด เพราะงานบางงานเป็นงานที่ต้องใช้รูปแบบของไมโครโฟนให้เหมาะสม เช่นในการถ่ายทำโทรทัศน์จำเป็นจะต้องใช้ไมโตรโฟนหลบมุม ไมโครโฟนตัวเล็ก หรือไมโครโฟนหนีบเน็คไท

จึงเห็นได้ว่าจากปัจจัยเบื้องต้น ไมโครโฟนและการเลือกชนิดของไมโครโฟน นับเป็นรายละเอียดที่ไม่ธรรมดาเลย ซึ่งเมื่อท่านได้ศึกษาถึงระบบการผสมเสียงหรือมิกซ์เสียง (Mixing) บทบาทของไมโครโฟนจะเด่นชัดมากขึ้น เรียกว่าเรื่องธรรมดาที่ไม่ธรรมดา

3.8.1 ชนิดของไมโครโฟน (Types of Microphone)

ต้องย้ำกันอีกครั้งว่าไมโครโฟนคือเครื่องมือที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเสียงธรรมชาติให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอุปกรณ์นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวส่งผ่านเสียงจากแหล่งกำเนิดผ่านองค์ประกอบของไมโครโฟนชิ้นส่วนที่ประกอบขึ้นมาเป็นตัวไมโครโฟนโดยไมโครโฟนที่นิยมใช้อยู่มี 5 ประเภท โดย 3 ประเภทแรกที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นไมโครโฟนระดับมืออาชีพระดับโปรเฟสชันน่อล (Professional) อีก 2 ประเภทไม่ใช่ไมโครโฟนระดับโปรเฟสชันน่อล คือ

1 แบบมูฟวิ่งคอยล์ (Moving Coil)

2 แบบริบบอน (Ribbon)

3 แบบคอนเดนเซอร์หรือคาปาซิเตอร์ (Condenser/Capacitor)

4 แบบคริสตอลหรือแบบเซรามิค (Crystal Ceramic)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี่คือการแยกประเภทจากโครงสร้างหรือจากองค์ประกอบของไมโครโฟน โดยการแยกแยะดังกล่าวอาจจะแยกอยู่ในรูปของไมโครโฟนแบบ " ไดนามิค" (Dynamic) กับ แบบ"อิเล็กโตรสแตติค" (Electrostatic)

ไดนามิคไมโครโฟนอาจจะอธิบายด้วยหลักของไมโครโฟนแบบมูฟวิ่งคอยล์ แม้ว่าโดยหลักการแล้วหากจะมองแบบนามธรรมแล้วไดนามิคไมโครโฟนคือไมโครโฟนที่ใช้หลักการถ่ายทอดพลังงานในรูปของอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro-Magnetic) การแยกประเด็นอย่างนี้จึงหมายรวมไปถึงไมโครโฟนแบบริบบอน ซึ่งไมโครโฟนแบบนี้เราอาจเรียกได้ว่าไมโครโฟนแบบ Velocity

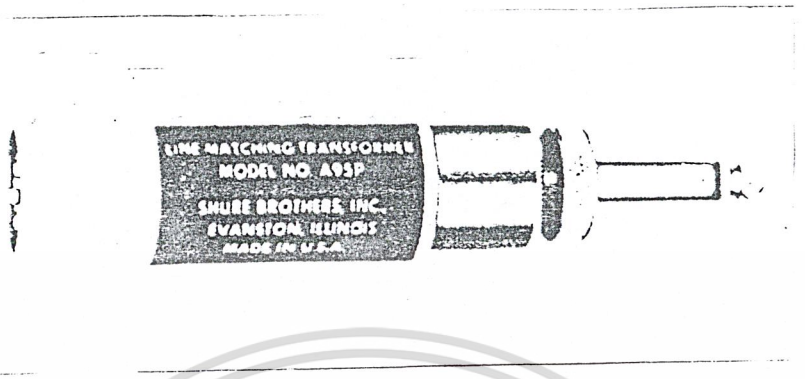
คอนเด็นเซอร์ไมโครโฟนอาจจะแยกออกเป็นไมโครโฟนแบบอิเล็กโตรสแตติค เป็นไมโครโฟนที่อาศัยสนามไฟฟ้าเป็นสื่อในการถ่ายทอดพลังงานเสียง โดยไมโครโฟนดังกล่าวใช้หลักการของประจุไฟฟ้าหรือการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้าเป็นหลัก ลักษณะดังกล่าวมีภาพลักษณ์เหมือนกับการทำงานกับคอนเด็นเซอร์หรือคาปาซิเตอร์ จึงนิยมเรียกว่าไมโครโฟนแบบคอนเด็นเซอร์

หากจะแยกชนิดของไมโครโฟนตามค่าอิมพีแดนซ์ (Impedance) ของไมโครโฟน อาจจะแยกออกเป็นไมโครโฟนที่มีอิมพีแดนซ์สูงกับไมโครโฟนที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ โดยคำนึงถึงว่าไมโครโฟนจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้าแล้ว พลังงานไฟฟ้านี้จะไหลผ่านวงจรด้วยค่าแรงดันไฟฟ้าความต้านทานต่อค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเราเรียกว่า "ค่าอิมพีแดนซ์" หากความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้านั้นมีค่าน้อยหรือต้านน้อย "โลว์อิมพีแดนซ์" (Low impedance) และที่สำคัญอุปกรณ์ที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำจะทำให้คุณภาพเสียงที่ดีกว่า

ทำไมหรือ....ไมโครโฟนที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำมีข้อดีอยู่อย่างน้อย 2 ประการ (หากเทียบกับไมโครโฟนที่มีอิมพีแดนซ์สูง) เนื่องเพราะหากว่าค่าความต้านทานของไมโครโฟนต่ำ ความต้านทานต่อสัญญาณน้อย จึงทำให้การเกิดเสียงฮัม (Hum) และสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า (Noise) น้อยกว่าไม่ว่าจะเป็นสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าของมอเตอร์หรือจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ และหากไมโครโฟนนั้นมีการต่อสายสัญญาณยิ่งยาวมากเท่าไร ก็ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนมากเท่านั้น นี่เองที่ทำให้งานระดับโปรเฟสชันน่อลจึงเลือกใช้ไมโครโฟนที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ

เครื่องมือหรืออุปกรณ์ใดก็ตามที่มีการนำเอาอุปกรณ์ที่มีอิมพีแดนซ์สูง มาต่อร่วมกับเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ ย่อมก่อให้เกิดสัญญาณผิดเพี้ยนทันที ความผิดเพี้ยนของของสัญญาณดังกล่าวเขาเรียกตามศัพท์วิชาการว่า "ดิสทอร์ชั่น" (Distortion) ในกรณีที่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์ที่มีอิมพีแดนซ์ต่างกัน จำเป็นต้องใช้เครื่องแปลงอิมพีแดนซ์ที่เรียกว่าหม้อแปลงเพื่อแปลงอิมพีแดนซ์ (Matching) ซึ่งอาจเรียกทับศัพท์ว่า ตัวแมทชิ่งทรานส์ฟอร์เมอร์ (Matching Transformer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.36 แสดง ไลน์ - แมทชิ่ง ทรานฟอร์เมอร์

3.8.2 ไมโครโฟนอิมพีแดนซ์ต่ำแบบต่างๆ (Types of Low - Impedance Microphones)

ไมโครโฟนที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำมีอยู่ 3 แบบ คือมูฟวิ่ง - คอยล์ , ริบบอน และคอนเดนเซอร์ โดย ไมโครโฟนแบบมูฟวิ่ง - คอยล์เป็นไมโครโฟนที่ใช้งานอย่างกว้างขวางมากที่สุด โครงสร้างของ ไมโครโฟนแบบนี้ประกอบด้วยคอยล์ขดลวดที่ปะติดไว้กับแผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm) ทั้งหมดนั้น วางอยู่ในสนามแม่เหล็กซึ่งเกิดจากแม่เหล็กถาวร เมื่อเรากรอกเสียงลงไปยังไดอะแฟลม ไดอะแฟลมจะ เกิดการสั่น มีผลทำให้มูฟวิ่ง - คอยล์ขยับตัวตามคำสั่งนั้นด้วย เราจึงเรียกคอยล์ขดลวดที่สั่นตามได-อะแฟลมนี้ว่า "มูฟวิ่ง-คอยล์" (Moving - Coil) เพราะเป็นคอยล์ที่สามารถเคลื่อนตัวได้นั่นเอง เพราะ คำว่า มูฟวิ่งหมายถึงการเคลื่อนไหว - เคลื่อนที่ได้

จากหลักการที่ว่าเมื่อขดลวดเคลื่อนตัวผ่านสนามแม่เหล็ก จะมีการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าขึ้น ได้ พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้คือพลังงานที่ถูกเปลี่ยนจากพลังงานเสียงหรือพลังงานอะคูสติคเป็น พลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยการสั่นของไดอะแฟรมเป็นปฐมเหตุ

จากวิธี การออกแบบไมโครโฟนแบบนี้ ทำให้เกิดข้อเด่นกว่าไมโครโฟนแบบริบอนและ คอนเดนเซอร์อยู่หลายประการคือ

1 ราคาไม่แพงนัก

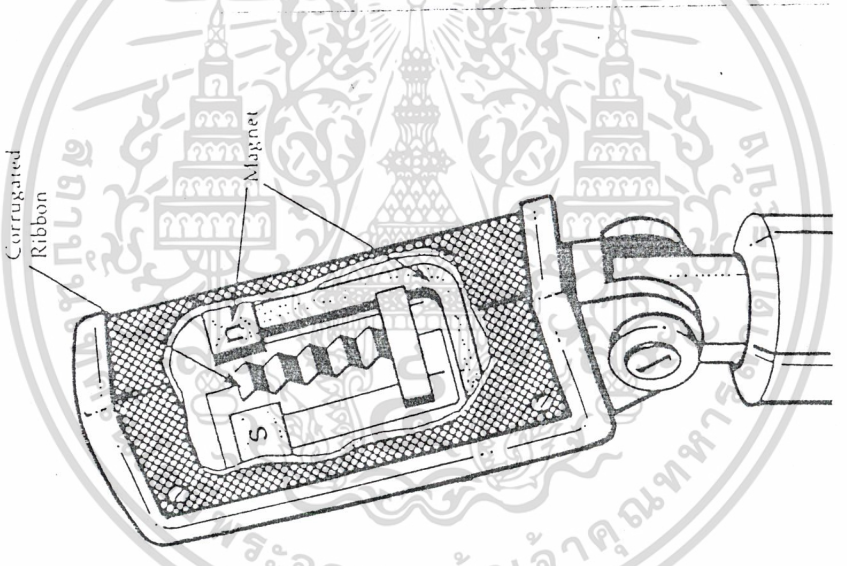
2 ค่าแรงดันที่สามารถรับภาระและลดภาระของเสียงที่เข้ามาแรงๆ ได้ดีโดยไม่ทำให้เสียงที่ออก ไปมีลักษณะของเสียงกระแทกที่เรียกว่าเสียง "โอเวอร์โหลด" (Overload) ทั้งยังกันเสียงกระแทก จากลมได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ให้เสียงละเอียด

4.สามารถใช้กับงานนอกสถานที่ได้ (Outdoor)

1. ไมโครโฟนแบบริบบอน (Ribbon Microphone) ประกอบด้วยแผ่นไดอะแฟรมและมูฟวิ่งคอยล์ที่สร้างอยู่ในรูปของริบบอนย่นๆ เรียกว่า คอรูเกตเมตัลริบบอน (Corrugated Metal Ribbon) วางส่วนดังกล่าวไว้ในสนามแม่เหล็ก เมื่อแผ่นริบบอนเกิดการสั่นด้วยแรงอัดของเสียง มันจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นเช่นเดียวกับมูฟวิ่ง- คอยล์ ริบบอนเป็นไมโครโฟนที่ออกแบบมาให้เป็นไมโครโฟนที่มีความไวต่อสัญญาณเสียงค่อนข้างมาก แบบที่ใช้กัน เมื่อเสียงกระแทกเข้าไปมากๆ หรือใคร เป่าลมแรงๆเข้าไปมีผลทำให้แผ่นริบบอนเสียหายได้ จึงได้มีออกแบบการออกแบบให้เกิดความคงทนแข็งแรงขึ้น



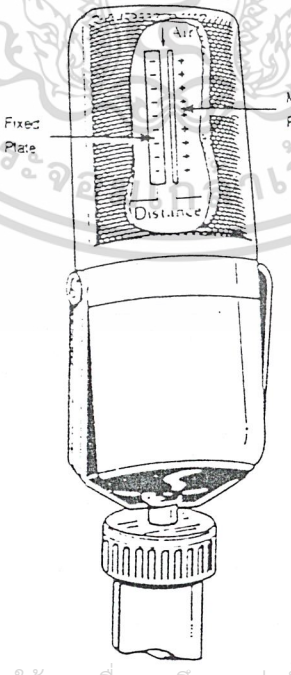
รูป 3.37 แสดง ส่วนประกอบของริบบอนไมโครโฟน

2. ไมโครโฟนแบบคอนเดนเซอร์ (Condenser Microphone) ทำงานแตกต่างไปจากไมโครโฟนแบบมูฟวิ่งคอยล์และแบบริบบอน การทำงานของมันใช้กำลังงานของกระแสไฟฟ้าแทนที่จะใช้พลังงานโดยหลักการของสนามแม่เหล็ก ซึ่งเราเรียกวิธีการที่ใช้ในไมโครโฟนแบบมูฟวิ่งคอยล์และริบบอนว่า "อิเล็กโตรแม็กเนติค" (Electromagnetic) แต่ไมโครโฟนแบบคอนเดนเซอร์เราจะเรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"อิเล็กโตรสแตติค" (Electrostatic) องค์ประกอบหรือโครงสร้างของไมโครโฟนแบบนี้สร้างมาจากแผ่นโลหะ 2 ชิ้นวางขนานกัน โดยทิ้งระยะห่างไว้ไม่มากนัก บางคนเรียกแผ่นโลหะนี้ว่าแผ่นอิเล็กโทรด (Electrode) โดยให้แผ่นโลหะแผ่นหน้าทำหน้าที่ของไดอะแฟรม โลหะแผ่นหน้านี้เองที่จะเป็นตัวเคลื่อนไหวสั่นตามแรงสั่นของเสียง โดยโลหะแผ่นหลังจะยึดติดคงที่ไว้ แผ่นโลหะทั้งสองจึงมีองค์ประกอบอย่างเดียวกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่าคอนเดนเซอร์ (Condenser) หรือคาปาซิเตอร์ (Capacitor) ด้วยความสามารถในการเปลี่ยนแปลงค่าประจุไฟฟ้า โดยหลักการชาร์จประจุไฟฟ้า เมื่อแผ่นโลหะที่เป็นไดอะแฟรมสั่นตามความถี่เสียงไปหน้าถอยหลัง กรณีดังกล่าวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของประจุไฟฟ้าหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้าตามสัญญาณเสียงที่กรอกเข้าไปยังไมโครโฟน พลังงานไฟฟ้าดังกล่าวจึงเอาไปให้สัญญาณที่เรียกว่า ปรีแอมปลิฟายอีกทอดหนึ่ง เพื่อขยายสัญญาณให้มีความแรงพอเหมาะต่อไป แต่ทั้งปรีแอมปลิฟายและคอนเดนเซอร์จะต้องมีไฟจ่ายให้แก่กันและกันมันจึงจะทำงานได้ คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนจึงต้องมีแหล่งจ่ายไฟเฉพาะมัน หากเป็นไมโครโฟนที่เป็นระดับโปรเฟสชันน่อลแบบเดิมๆ อาจมีชุดจ่ายไฟทั้งตัวคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนและปรีแอมปลิฟาย แต่ทุกวันนี้เราจะพบว่าการสร้างนั้นจะสร้างให้มันง่ายเข้าเพื่อสะดวกต่อการพกพา

ระบบอิเล็กโตรสแตติคนั้นจะให้คุณภาพเสียงที่มีคุณภาพที่มีคุณภาพมากที่สุด-กล่าวเฉพาะคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนที่เป็นระดับโปรเฟสชันน่อล แต่ต้องไม่ลืมว่าไมโครโฟนที่เป็นคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนโปรเฟสชันน่อลมีราคาสูงกว่าชนิดอื่น อย่างไรก็ดีไมโครโฟนแบบนี้จะมีความไวของการรับสัญญาณหากใช้กับงานนอกสถานที่หรือเอ้าท์ดอร์ (Outdoor) ซึ่งคำว่านอกสถานที่หมายถึงนอก



รูป 3.38 แสดง คอนเด็นเซอร์ไมโครโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สตูดิโอ ในพื้นที่โล่งไม่มีการกันทิศทางลม ไมโครโฟนแบบนี้จึงถูกเลือกให้เป็นไมโครโฟนที่ใช้ในงานบันเทิงมากที่สุดรวมไปถึงระบบบันทึกเสียงด้วยในเวลาเดียวกัน

3. ไมโครโฟนแบบมัลติไดเร็คชันน่อล (Multidirectional Microphone)

ไมโครโฟนที่รับเสียงเพียงด้านเดียว มีโครงสร้างที่ใช้ไดอะแฟรมด้านหนึ่งยึดคงที่ไว้ หรือริบบอนก็ได้ เมื่อมีการเปลี่ยนไดอะแฟรมเป็นชนิดสวิตช์อะเบิ้ลไดอะแฟรม (Switchable Diaphragm) หรือระบบที่มีไดอะแฟรม 2 ชุด ไมโครโฟนดังกล่าวเราเรียกว่าไมโครโฟนแบบมัลติไดเร็คชันน่อลไมโครโฟน (Multidirectional Microphone)

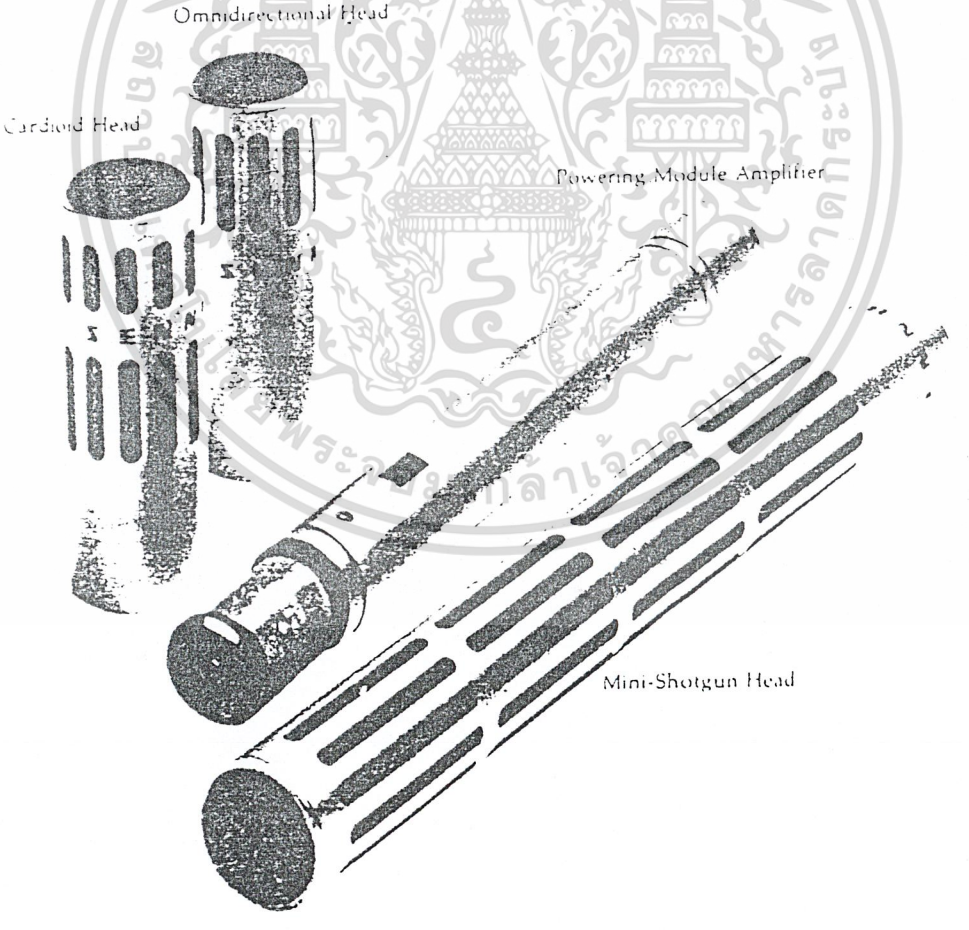
มัลติไดเร็คชันน่อลจึงเป็นไมโครโฟนที่สามารถใช้สวิตช์ เลือกเพื่อให้มันเปลี่ยนแปลงทิศทางในการรับสัญญาณได้ ซึ่งท่านสามารถเลือกว่าจะให้มันรับแพทเทิร์นเสียงแบบไหน ซึ่งที่ตัวไมโครโฟนได้เขียนรูปให้ท่านเลือก

รูป 3.39 แสดง ไมโครโฟนแบบมัลติไดเร็คชันน่อล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ซิสเต็มไมโครโฟน (System Microphones)

อย่างไรก็ดีมีการผลิตไมโครโฟนที่จะเข้ามาทำหน้าที่เหมือนกับไมโครโฟนชนิดมัลติไดเร็คชันน่อล เรียกว่า ซิสเต็มไมโครโฟน (System Microphone) โดยซิสเต็มไมโครโฟนเป็นวิธีการเปลี่ยนเฉพาะหัวของไมโครโฟนซึ่งจะทำเป็นแคปซูลให้เปลี่ยน เพื่อเลือกพิคอัพแพทเทิร์นของเสียงโดยจะมีตัวฐานหรือตัวเม้าต์ (Mount) เพียงกี่ตัวก็ได้ นับแต่มีการผลิตไมโครโฟนแบบมัลติไดเร็คชันน่อลขึ้นมาโดยพยายามให้มันใช้คอนเดนเซอร์เป็นอุปกรณ์หลักโดยมีการบรรจุถ่านเพื่อเป็นภาคจ่ายไฟสำหรับระบบปรีแอมปลิฟาย ทำเป็นแคปซูลสำเร็จอยู่กับฐานของไมโครโฟน โดยการขันสกรูที่ฐานออกมา แบบของไดเร็คชันน่อลแคปซูลที่มีใช้อยู่เช่น โอมนิ และไบไดเร็คชันน่อล , คาร์ดิออยด์ , ซุปเปอร์คาร์ดิออยด์ , ไฮเปอร์คาร์ดิออยด์ และอุลตร้าคาร์ดิออยด์ ทั้งหมดนี้ใช้ฐานไมโครโฟนอันเดียวกันหมด ดังนั้นต้องไม่ลืมว่าไมโครโฟนแบบไดเร็คชันน่อลหรือซิสเต็มไมโครโฟน โดยธรรมชาติมันจะให้ความถี่ตอบสนองต่ำกว่า ความไวของทิศทางน้อยกว่าในบางครั้งไมโครโฟนชนิดนี้จะไม่มีการแสดงกราฟเชิงมุมให้



รูป 3.40 แสดง ซิสเต็มไมโครโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ไมโครโฟนตอบสนองความถี่พิเศษ (Special Response Features of Microphones)

ไมโครโฟนที่ให้ค่าพร็อกซิมิตี้เอฟเฟ็คท์ และเบสโรลล์ - ออฟ...คืออะไร

เราได้ให้ข้อสังเกตุอยู่ว่า ไมโครโฟนแบบยูนิไดเร็คชันน่อลซึ่งเป็นไมโครโฟนที่มีทิศทางการรับเสียงทิศทางเดียว โดยไมโครโฟนชนิดนี้พยายามออกแบบเพื่อกันความถี่เสียงที่มาจากทางด้านข้างและด้านหลังตัวไมโครโฟน

อย่างไรก็ดีการออกแบบไมโครโฟนแบบยูนิไดเร็คชั่นน่อลยังมีปัญหาสำคัญประการหนึ่ง คือ ปัญหาของเอฟเฟ็คที่เรียกว่า " พร็อกซิมิตี้เอฟเฟ็คท์ " (Proximate Effect) ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อนำไมโครโฟนตัวนั้นๆเข้าไปใกล้กับแหล่งกำเนิดสัญญาณเสียงมากๆ ซึ่งอาจจะเป็นเสียงร้องหรือเสียงดนตรีก็ได้ เขาต้องใช้ไมโครโฟนแบบปิดเพื่อไม่ให้เสียงผิดปกติเข้าไปรบกวนได้ ไมโครโฟนแบบยูนิไดเร็คชันน่อลจึงได้มีระบบ " เบสโรลล์ออฟ" (Bass Roll Off) ซึ่งเป็นระบบปรับแต่งเสียงหรือระบบอีควอไลซิ่ง (Equalizing) ให้กับไมโครโฟน

ความพึงประสงค์ในการขจัดเสียงก้องของเบส นับเป็นประเด็นทั่วไปที่ไมโครโฟนประเภทต่างๆให้มันขจัดให้ได้ ทั้งนี้เพื่อมิให้เกิดเอฟเฟ็คท์ทางเสียงที่เรียกตามภาษาวิชาการว่าการเกิดพร็อกซิมิตี้ (Proximate Effect) อย่างไรก็ดีในงานบางแบบลักษณะของพร็อกซิมิตี้ก็มีความจำเป็นอย่างหนึ่ง อย่างเช่นเมื่อเราพบว่าเสียงที่เรียกว่าเบส หรือเสียงที่ออกมาจากกีตาร์เบส มีความบางเบา - หล่นร่วงกว่าเสียงอื่น หรือเสียงที่ออกมาเป็นเสียงแข็ง หากเราใช้เครื่องมือที่ตอบสนองเสียงเบสได้นั่นหมายความเสียงมีความกลมกลืนอย่างแท้จริง มากว่าที่จะใช้ไมโครโฟนแบบยูนิไดเร็คชันน่อลมาตราฐานทั่วไป หรือแบ่งไมโครโฟนแบบยูนิไดเร็คชันน่อลที่มีลักษณะของการตอบสนองพร็อกซิมิตี้เอฟเฟ็คท์

รูป 3.41 แสดงไมโครโฟนแบบตอบสนองความถี่พิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

หลักการทำงานของวงจร

4.1 การทำงานวงจรชุดประชุม

วงจรสวิตซ์ เป็นวงจรที่เลือกว่าจะพูดหรือไม่พูดโดยกดสวิตซ์ S1 เมื่อต้องการพูด และจะกดสวิตซ์อีกครั้งเมื่อไม่ต้องการพูด วงจรนี้จะใช้ IC เบอร์ MC 14520 เป็นวงจร (BCD COUTER) 2 ชุด อยู่ภายในเลือกชุดใดชุดหนึ่งนำมาต่อ ถ้าเราเลือกเอา ขา 1 ลงกราวนด์ โดยปกติขา 1 จะป้อนสัญญาณนาฬิกา แต่ในวงจรจะต่อลงกราวนด์ ส่วนขา 2 จะเป็นขาเลือกกดสวิตซ์ โดยมี C27 , C29 เป็นตัวเก็บประจุ ในขณะที่ S1 ยังไม่ถูกกด C27 ก็ ชาร์จประจุจนเท่ากับแหล่งจ่ายที่ผ่านความต้านทาน R26 ทำให้ไม่มีกระแสไหล ทำให้เอ้าท์พุทของ IC2 ไม่มีสัญญาณออก ทรานซิสเตอร์ Q12 ก็ยังไม่ทำงาน ไดโอด D10 ไม่ติดสว่าง Q13ไม่ทำงาน

ถ้ากดสวิตซ์ S1 ทำให้ C27 คายประจุ C29 จะชาร์จประจุแทน ทำให้ขา 2 มีแรงดันและมีเอ้าท์พุทออกที่ขา 3 ทำให้ D10 ติดสว่าง Q12 ทำงานก็จะส่ง เอ้าท์พุทออกไป set ให้ Q7 ที่ ON ทำให้สัญ ญาณจากวงจรปรีไมค์ถูกส่งออกไปที่ขา C ของ Q8 และส่วนหนึ่งจะถูกส่งผ่าน D5 ไป reset Q11 ให้ OFF เพื่อไม่ให้สัญญาณออกลำโพง นอกจากนี้แล้วที่ขา 7 ของ IC 2 เป็น reset สัญญาณ reset มาจากชุดของประธาน เมื่อประธานกดจะทำให้เครื่องอื่นไม่สามารถพูดแทรกขึ้นมาได้ ที่ขา 7 จะใช้ Q14 เป็นตัวขับโดยมี ไดโอด D9 ต่ออยู่ที่ขา B ในสภาวะที่ประธานให้พูดก็จะสามารถพูด ต่อ ได้ถ้าประธานกด PRIORITY ก็ ทำให้ที่ขา 3 ของ IC2 ไม่มีสัญญาณออกไปทำให้ Q12 ไม่ทำงาน Q7 จะ OFF แต่ Q11 จะ ON

เมื่อ กดสวิตซ์ S1 จะทำให้ Q7 " ON " ซึ่งเมื่อมีการพูดผ่าน ไมค์คอนเด็นเซอร์ จะมีสัญญาณออกมาทางขา C ของทรานซิสเตอร์ Q8 จากไมค์คอนเด็นเซอร์มีตัวต้านทาน R1 และ R4 เป็นตัวไบอัส ให้สัญญาณ จะผ่านตัวเก็บประจุ C1 มารอที่ขา B ของ Q1 ซึ่งมีตัวต้านทาน R5 และ R6 เป็นตัวจัดไบอัสให้ขา B ของ Q6 เมื่อ Q6 นำกระแสทำให้กระแสไหลผ่าน ขา E ของ Q5 ออกมาที่ขา C ของ Q6 OUTPUT ของ Q6 ก็ ชาร์จประจุโดผ่าน C3 เข้าที่ขา E ของ Q3 , Q4 ต่อขา C ร่วมกับขา B ของ Q2 ทำให้ Q2 นำกระแสและลงกราวนด์ที่ขา E สัญญาณเสียงส่วนหนึ่งจะถูก C6 คัปปลิ้ง ผ่าน C5 ,C7 รวมกับสัญญาณ ที่ถูกขยายโดย Q1 เข้ามาที่ขา B ของ Q7 ซึ่งอยู่ในสถาวะ ON โดยทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ปิดเปิดเอาสัญญาณเสียงออกไป ที่ขา B ของ Q8 จะมีตัวต้านทาน R17 และ R3 จัดไบอัสให้กับ Q8 โดยจะนำกระแสส่งไปที่ขา C โดยสัญญาณส่วนหนึ่งจะออกไปที ' ชุดประชุมตัวอื่นในกรณีที่สวิตซ์ยังไม่ถูกกด Q12 ที่ขา 3 ของ IC2 ก็จะไม่ทำงานทำให้ Q7 "OFF" ไม่มีสัญญาณเสียงออกไปที่ ขา C ของ Q8 แต่ที่ขา C ของ Q8 จะทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงจากผู้ร่วมประชุมตัวอื่นๆที่กำลังพูดผ่าน C10 เข้าที่ขา B ของQ9 ทำ การขยายส่งต่อไปที่ขา C ผ่าน C18 เข้าที่ขา S ของ Q11 ขยายส่งออกมาที่ขา D ผ่าน VR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะปรับขนาด ผ่านขา 2 ของ IC2 ออกลำโพงในส่วนของตัวต้านทาน R44 และ C16,C23,C24,C15 จะกรองสัญญาณรบกวนลงกราวนด์

4.2 หลักการทำงานของวงจร POWER SUPPLY CONFERENCE

ไฟ 220 VAC ผ่านหม้อแปลง 2 VAC เข้าวงจรแปลงไฟ AC เป็น DC โดยใชวงจรบริดจ์เรคติไฟร์ (Bridge Rectifier) C1 และ C2 จะเป็นตัวกรองสัญญาณให้เรียบ โดยส่งต่อไปที่ขา C ของ Q1 , Q2 , Q3 , และ Q4 ที่ขา B ของ Q1 จะมี D1 , D2 จัด Bias ทำให Q4 นำกระแสจ่ายแรงดันอินพุทเข้าที่ขา 11 , 12 ของไอซี 1 ขา 10 ของไอซี 1 เป็นเอ้าท์พุทก็จะถูกส่งเอ้าพุทออกไปขับ Transistor Q3 เมื่อ Q3 นำกระแสก็จะไบอัสให้กับขา B ของ Q1, Q2 จึงทำให้นำกระแสทำให้มีแรงดันไฟออกไปยัง OUTPUT ที่ขา 4 ของไอซี 1 ซึ่งจะมี VR 2.2 K เป็นตัวปรับค่าแรงดัน OUTPUT ส่วนที่ขา 6 ของไอซี 1 จะมีการจัดระดับแรงดันอ้างอิงกับขา 4 ถ้าปรับแรงดันที่ขา 4 ของ ไอซี 1 มากขึ้นก็จะทำให้ OUTPUT จากขา 10 ของ ไอซี1 มากขึ้นทำใ ห้ Transistor Q3 นำกระแส เมื่อ Q3 นำกระแสมากขึ้นก็จะทำให้ Q1 , Q2 ได้รับการไบอัสแรงขึ้น ก็จะทำให้แรงดันออกไปยัง OUTPUT สูงขึ้น แต่ถ้าปรับค่าให้แรงดันที่ขา 4 ต่ำลงก็จะทำให้ Q3 ทำงานหรือนำกระแสน้อย ทำให้ Q1 , Q2 ก็จะได้รับไบอัสน้อย OUTPUT ก็มีแรงดันออกน้อย โดยปกติแล้วชุดประชุมจะใช้แหล่งจ่ายไฟอยู่ที่ 23.5 ถึง 24 Volt เพื่อที่จะเอาไปเลี้ยงชุดประธานและชุดผู้ร่วมประชุม

4.3 การทำงานของวงจรกริ่ง (RINGING)

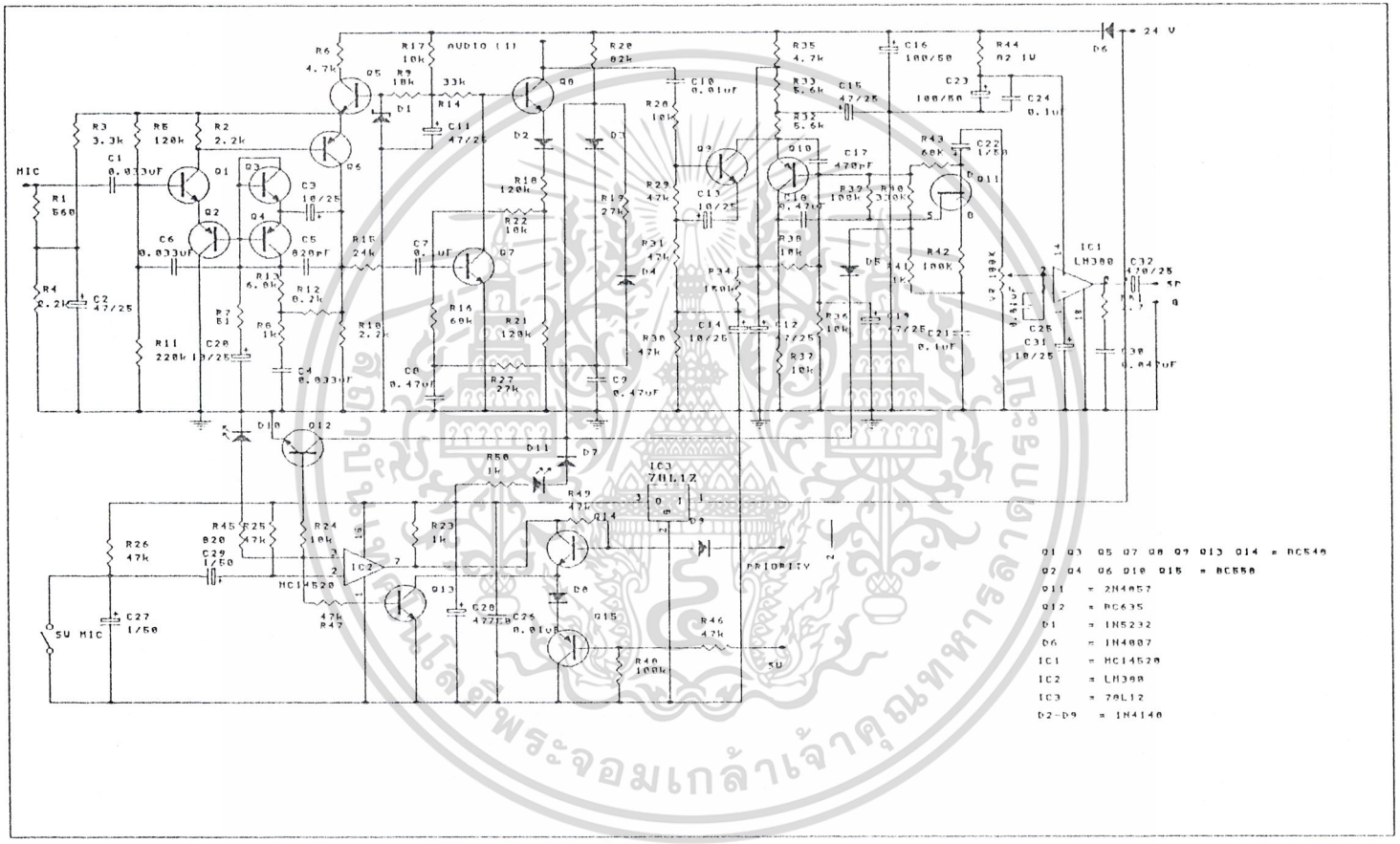
วงจรประกอบด้วย วงจรกรองความถี่เรโซแนนซ์ที่ทำงานร่วมกับ IC2 และ IC3 สร้างเสียงกระดิ่งที่มีความถี่เทากับความถี่เรโซแนนซ์ เมื่อมีอินพุทเป็นพัลส์สั้นๆ เข้ามา ในวงจรส่วนสร้างพัลส์นี้ทำ จาก IC 555 ซึ่งต่อไว้เป็นวงจรแอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์แต่ในการใช้งานจริงอาจใช้วงจรทริกจากแหล่งอื่นที่เหมาะสมลักษณะของเสียงที่ได้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 อย่างคือ ค่า Q ของวงจรกรอง เปลี่ยนไปได้โดยค่าของ R2 และช่วงเวลาของพัลส์ที่ใช้ทริกที่อินพุท ปรับได้โดย VR 1 ความถี่ของการกำเนิดพัลส์ปรับได้ด้วย VR2 ความแรงของสัญญาณเอ้าต์พุทจากวงจรนี้ พอที่จะเอาไปเข้าอินพุทของเครื่องขยายเสียงได้ โดยปรับความดังได้ด้วย VR 3 ซึ่งจะได้แรงดันประมาณ 5 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทำงานของวงจรขยาย (Amplifier Circuit)

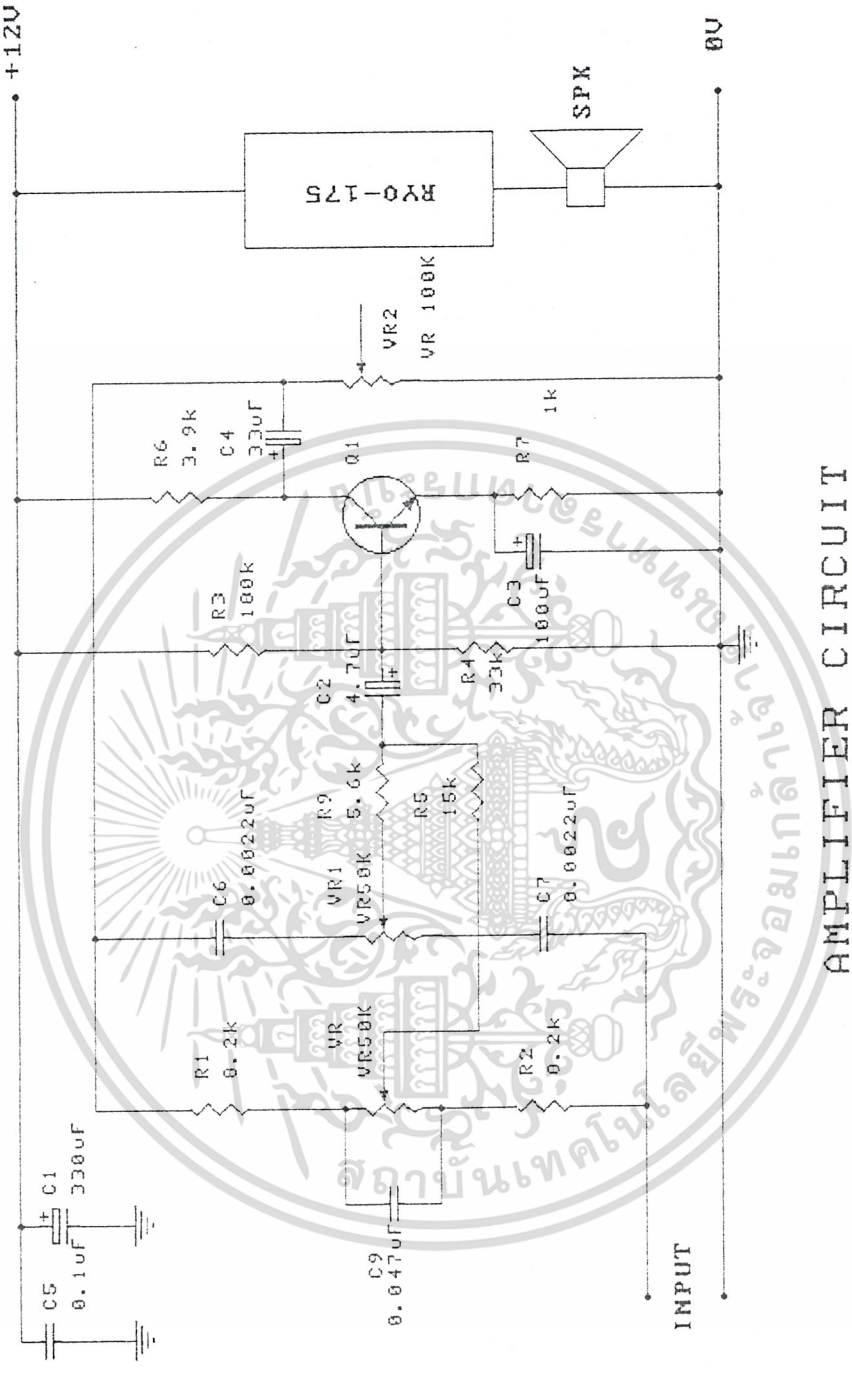
สัญญาณ input เข้ามาผ่าน VR1 มี C9 ต่อขนานอยู่ VR จะเป็นตัวปรับเสียงทุ้มแล้วสัญญาณจะผ่าน VR2 มี C 6 และ C7 ต่ออนุกรมอยู่ เป็นตัวปรับเสียงแหลม ส่งเข้าขาเบสของ Q , R เป็นการจัดไบอัสให้แก่ขา เบส Q1 จะขยายสัญญาณเอ้าท์พุทออกทางขาคอลเลคเตอร์ ผ่าน C ถูกส่งเข้า VR3 เป็นตัวปรับความแรงของสัญญาณ ส่งให้ อินพุท ของ IC ขยายเสียง RYO-175 เป็นไอซีขยายเสียงมีกำลังเอ้าท์พุทสูงสุด 75 Watt ที่ใช้แรงดัน 25 V ส่วน C5 , C1 เป็นวงจรดีคัปปลิ้งป้องกันเสียงฮัมที่เกิดจากแหล่งจ่ายไฟ การต่อตัวเก็บประจุของวงจรดีคัปปลิ้งลงกราวนด์มีจุดที่สำคัญคือต้องต่อลงตำแหน่งของทรานซิสเตอร์ มีหลายคนไม่เข้าใจ ซึ่งความสำคัญนี้ จึงต้องต่อดีคัปปลิ้ง ที่แผ่นวงจรแหล่งจ่ายไฟแล้วลากสายยาวๆ มาที่แผ่นวงจรขยาย การต่อลักษณะนี้ผลของสัญญาณดีคัปปลิ้งจะลดลงไปกว่าครึ่ง แล้วยังอาจรับสัญญาณรบกวนระหว่างทางเข้ามาเข้าวงจรขยายอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

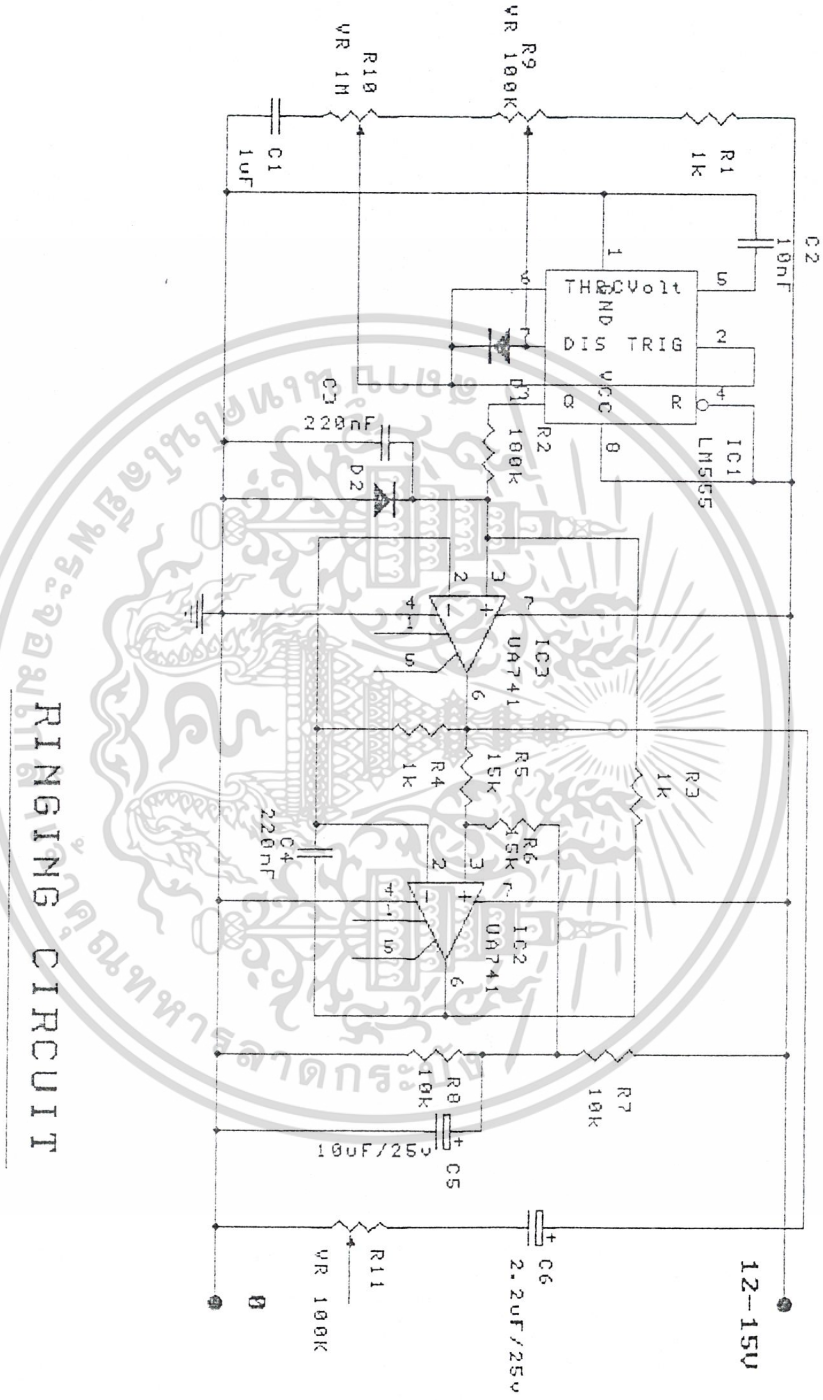


CONFERRENCE CIRCUIT

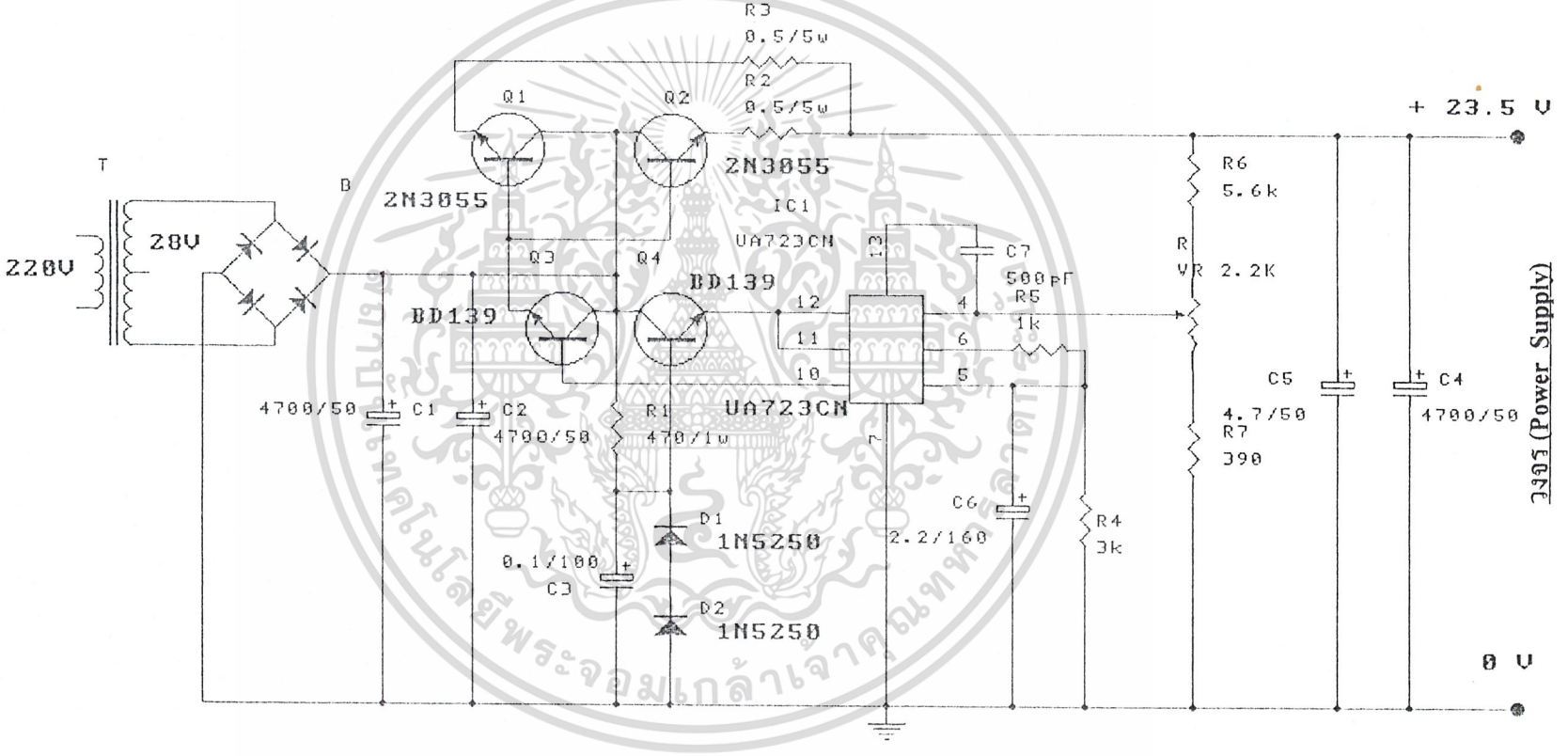
วงจรชุมประชุม (Conference Circuit)



วงจรชุดขยาย (Amplifier Circuit)



วงจรสัญญาณกริ่ง (Ringing Circuit)

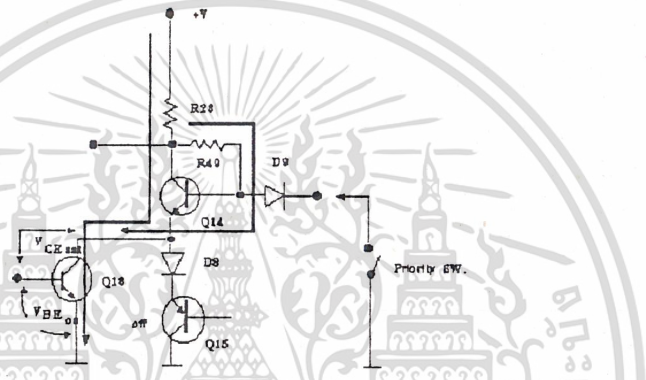

R3
0.5/5w
R2
0.5/5w
Q1
Q2
2N3055
+ 23.5 V
T
B
2N3055
IC1
UA723CN
220V
28V
Q3
Q4
BD139
C7
500pF
R5
1k
BD139
12
11
10
4
6
5
R6
5.6k
R
VR 2.2K
C5
4.7/50
C4
4700/50
R7
390
4700/50 C1
C2
4700/50
R1
470/1w
UA723CN
C6
2.2/160
R4
3k
D1
1N5250
0.1/100
C3
D2
1N5250
0 V
3055 (Power Supply)

บทที่ 5

การออกแบบวงจร

1.วงจร รีเซ็ท (Reset)

ถ้า Q13 อยู่ในสภาวะ " ON " Priority Switch " เปิด" สามารถเขียนวงจรแสดงทิศทางของกระแสในวงจรได้ดังนี้



รูป 3.42 แสดง วงจรรีเซ็ท

Loop output

$$V - (IB + IC)R23 - VCEQ14 - VCE_{Sat\ Q2} = 0$$

$$V - (IB + IC)R23 = VCE\ Q14 \qquad \text{------ (1)} \ ; VCE_{Sat\ Q2} \approx 0$$

ส่วน Q15 จะอยู่ในสภาวะ cut off เนื่องจากไม่มีแรงดันไป Bias ที่ขา อิมิตเตอร์ เพราะถูก Q13 ดึงลงกราวนด์หมด จากสมการ (1)

$$IC = \beta IB$$

ฉะนั้น $V - (IC/\beta + 1) ICR23 = VCEQ14$ ------ (2)

$$V - (1/\beta + 1) ICR23 = VCEQ14$$

แต่ $VCE\ Q14 = IBR49 + VBEQ14$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$V_{CEQ14} = I_C/\beta R49 + V_{BEQ14}$ ------ (3)

BC 548 ; $\beta = 200$

BC 558 ; $\beta = 180$

แทน (3) ลงใน (2)

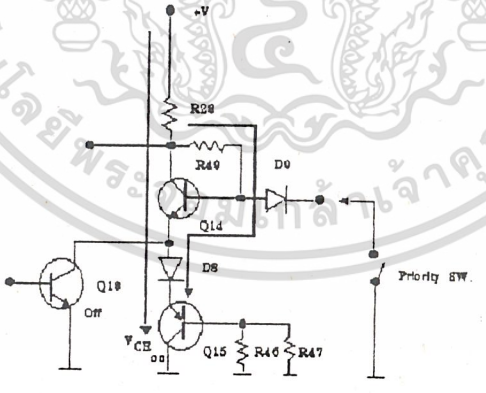
$V - (1/\beta + 1)\, I_C R23 = [I_B/\beta]R49 + V_{BEQ14}$

$V - V_{BEQ14} = [I_C/\beta]R49 + (1/\beta + 1)\, I_C R23$

$V - V_{BEQ14} = (R49/\beta + R23/\beta + R23)I_C$

ฉะนั้น $$I_C = \frac{V - V_{BEQ14}}{(R49/\beta + R23/\beta + R23)}$$ -------- (4)

ได้ I_C แทนค่าลงใน (3) จะได้ V_{CEQ14} ขณะไม่มีการ Reset ถ้า Q13 Off Priority SW. ยังไม่กด เขียนวงจรทิศทางของกระแสได้ดังนี้



รูป 3.42 แสดงวงจรรีเซ็ท ขณะสวิตซ์เปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Loop output

$$V - (I_B + I_C)R_{23} - V_{BEQ14} - V_{D8} - V_{CESatQ15} = 0$$

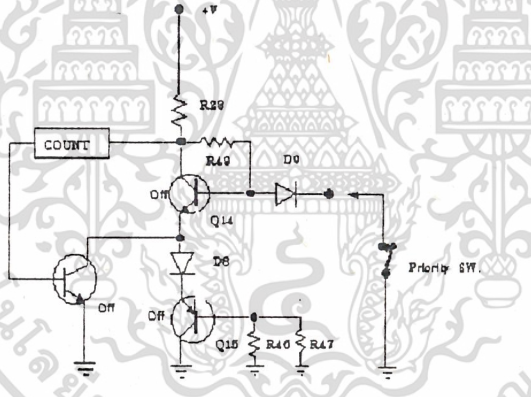
$$V - V_{D8} - V_{CESatQ_{15}} - (1/\beta + 1)R_{23}I_C = V_{CEQ14} \quad \text{..... (1)}$$

แต่ $V_{CEQ14} = I_BR_{49} + V_{BEQ14}$

$$V_{CEQ14} = [I_C/\beta]R_{49} + V_{CEQ14} \quad \text{-------- (2)}$$

แทน (2) ลงใน (1) หาค่า I_C

ในกรณีที่ Priority SW. ถูกกด " 0 " จะทำให้ Q13 ,Q14 , Q15 ofF หมด เพราะว่าวงจรนับถูก Reset ซึ่งจากวงจรสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูป 3.44 แสดงวงจรรีเซ็ทขณะสวิตซ์ปิด

$$V - I(R_{23} + R_{49}) - V_{D8} = 0$$

$$I = \frac{V - V_{D8}}{R_{23} + R_{49}}$$

$$V_{Reset} = V_{R49} = I_{R49} = [(V - V_{D8})R_{49}] / (R_{23} + R_{49})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การออกแบบแหล่งจ่ายไฟสำหรับชุดประชุม

แรงดันเอ้าท์พุท Vo = 24 V , 0.1 V

กระแสเอ้าท์พุท Io = 4 A , จำกัดกระแส

โหลด เรกกูเลชั่น ≤ 0.1 %

ไลน์ เรกกูเลชั่น ≤ 0.1 %

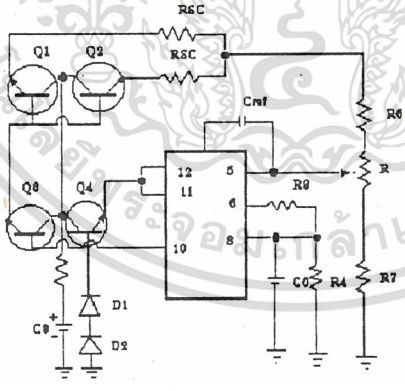
เอ้าท์พุทริปเปิ้ล ≤ 2 m Vp - p

อุณหภูมิล้อมรอบสูงสุด TA ≤ + 70 °C

<u>ขั้นตอนการออกแบบ</u>

1. เลือก ไอซี เรกกูเลเตอร์ ใช้ ไอซีเบอร์ UA 723 CN และวงจรบูสกระแสให้ได้ตามต้องการ 4 แอมป์

2. รูปวงจร



รูป 3.45 แสดงวงจรเรกกูเลเตอร์

RSC = (0.5 - 1 V) / ISC ; 10 K < R6 + R7 + R < 100K

R7 = [Vref / Vo] (R6 + R7 + R)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R7 = [7V / Vo] (R6 + R7 + R)$$

$$R3 + R4 = R6 \,//\, R7 \,//\, R$$

3. เลือกค่าอุปกรณ์

RSC = 0.5 / 5 W

R6 = 5.6 K

R ปรับค่า = 2.2 K

R7 = 3.3 K

R3 + R4 = 4.1 K

เลือก R3 = 1 K

เลือก R4 = 3 K

เลือก C7 = 500 pF

C6 = 2.2 uF / 160V

4 . หาค่าแรงดันอินพุท

$Vin \geq Vo + 3V + 2\phi$; ϕ = 0.5 - 1 V

$\geq$ 28 V

5. เลือก ซีรี่พาสทรานซิสเตอร์ (Series Pass Transistor) Q1 , Q2

BVCE $\geq$ Vin ; BVCE $\geq$ 28 V

IC max $\geq$ Isc ; IC max $\geq$ 2 A

hfe = Isc / Ib ; 2 A / 100 mA = 20 ; hfe $\geq$ 20

PD max $\geq$ Vin * Isc ; PD $\geq$ 28 * 2 A

= 56 Watt

เลือก ทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2N 3055

BVCEo = 60

hfe min = 20

hfe max = 70

Ic max = 15 A

PD = 115 W

θ jc = 1.52 °C / W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

θ_{cs} = 0.1 °C / W

Tj = 200 °C

6. คำนวนหาแผ่นระบายความร้อนของทรานซิสเตอร์ Q1 , Q2

$T_j = T_A + \theta_j P_D$

จาก Data Sheet 2N 3055

Tj = 200 C° ; θ_{jc} = 1.52 °C / W

θ_{cs} = 0.1°C / W

$\theta_{SA} = (T_j - T_A) / P_D - (\theta_{jc} - \theta_{cs})$

= (200 - 70) / 56 - (1.52 + 0.1)

= 1.08°C / W

เลือกแผ่นระบายความร้อนขนาด 4.75 × 3 นิ้ว

7 . คำนวณหาทรานซิสเตอร์ขับ (Driver Transistor) Q3 , Q4

BVCEo ≥ Vin ; BVCEo ≥ 28 V

hfe ≥ 200 mA / 23 mA = 8.69

PD max ≥ 200 mA x 28 V

≥ 5.6 watt

เลือก BD 139 เป็นไดร์เวอร์ทรานซิสเตอร์ โดยมี

BVCEo = 160

hfe = 100

PD = 20 W

หมายเหตุ 23 mA คือกระแสเอ้าท์พุท ของ ไอซี 723

8. คำนวณหาขนาดของหม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ต้องการประสิทธิภาพ 90 %
- แรงดันในสายปกติ 220 Vac (V normal)
- แรงดันในสายต่ำสุด 200 Vac (Low line)
- แรงดันเรกติไฟร์ แบบบริดจ์ 2.5 V
- แรงดันตกคร่อมเรกกูเลเตอร์ 3 V
- แรงดันเอ้าท์พุท 28 V ต้องการ Vripple 4 Vp - p

คำนวณหาค่าแรงดันของขด Secondary ของหม้อแปลง

Vac (sec) = [(Vo + Vreg + Vrect + Vripple) / 0.9] x (V nor / V low line) x 0.707

= (28 + 3 + 2.5 + 2 + 220) / 0.9 x 1.414 x 200

= 30.6 Volt

เลือก 31 Volt

9. หากระแสทุติยภูมิของหม้อแปลง

กระแสเฉลี่ยของวงจรบริดจ์เรกติไฟร์ มีค่าเท่ากับ

I rms = Io x 1.8

= 4 x 1.8

= 7.2 A

เลือกขนาดของหม้อแปลง

VA $\geq$ 7.2 A x Vac (sec)

$\geq$ 7.2 A x 31 V

= 223.2 V เลือกขนาด 240 VA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. คำนวณหาตัวเก็บประจุ C1 , C2

ต้องการแรงดัน ripple 4 Vp - p

กระแสเอ้าท์พุท 4 Amp

$C = Io / 2f\ Vripple$

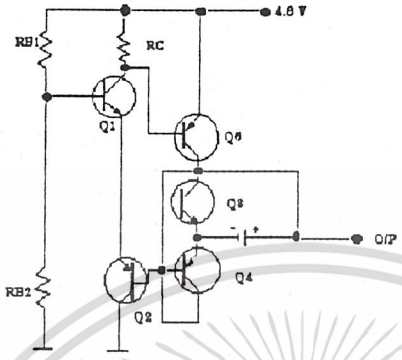
$= 4 / (2 \times 100 \times 4\ Vp - p)$

$= 5{,}000\ uF$

เลือก C1 = C2 = 4700 uF

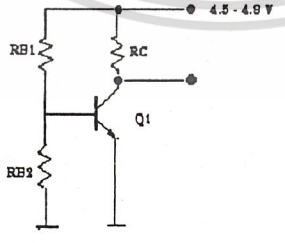
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การออกแบบวงจรปรีไมค์



รูป 3.46 แสดงวงจร ปรีไมค์

Q3 , Q4 ทำหน้าที่เป็นตัวจัดไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ Q2 และ ทรานซิสเตอร์ Q2 ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ ให้กับ ทรานซิสเตอร์ Q1 และ ทรานซิสเตอร์ Q6 จ่ายไฟเลี้ยงให้กับทรานซิสเตอร์ Q3 และ Q4 ในวงจรนี้ ทรานซิสเตอร์ Q1 เป็นตัวขยายสัญญาณให้แรงขึ้น โดยวงจรนี้จะพิจารณา ทรานซิสเตอร์ Q1 เป็นหลัก



รูป 4.47 แสดงวงจรการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาเส้นโหลด ของวงจร

จาก IC max = Vcc / Rc ; VCE = 0

ต้องการ IC = 2 mA

Vcc = 4.5 V

Rc = 4.5 / 2 mA

= 2.2 K

กำหนดให้ Q1 ทำงานอยู่กึ่งกลางของเส้นโหลด

ICQ = 1 mA สามารถหาค่ากระแส IBQ ได้ 36 uA มี hfe = 55

หาค่า RB1 , RB2 ได้จาก

RB = VB / IBQ = 77.647 K

RB1 = RBVcc / VBB = 124.789 K เลือก 120 K

RB2 = RBVcc / Vcc - VB

= 205.67 K

หาอัตราการขยายแรงดัน

Av = rc / r'e

r'e = 26 mV / ICQ

= 26 Ω

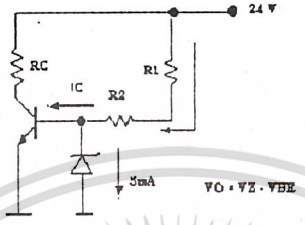
Av = 2.2K / 26 = 84 เท่า

เลือก ทรานซิสเตอร์ เบอร์ BC 548 สำหรับ Q1 , Q3 และ Q6 ส่วน Q2 , Q4 เลือก เบอร์ BC 558 ซึ่งมีคุณสมบัติเหมือนกัน แต่ถ้าต่างชนิดกันจะทำให้วงจรผิดเพี้ยนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การออกแบบวงจรเรกกูเลเตอร์สำหรับปรีไมค์

จากวงจรข้างล่าง ต้องการ Vo = 4.8 V



รูป 4.48 แสดงวงจรเรกกูเลเตอร์สำหรับปรีไมค์

Io = 5 mA

เลือก Zener Diode 5.6 V ; กระแส 20 mA เบอร์ 1N 5232 , PD = 0.5 W

เลือก ทรานซิสเตอร์ BVCEo $\geq$ 24 V

hfe = 5 mA / Ib

เลือกทราซิสเตอร์ BC 548

BVCEo = 40 V , Ic max = 0.6 A , hfe = 200

คำนวณค่าอุปกรณ์

RC = 24 / Io = 4.7 K

Ib = 0.025 mA

เลือก R1 , R2 = 10 K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติชุดประชุม Specification

- แรงดันไฟ DC	24 V
- กระแสสูงสุดของแหล่งจ่าย	4 A
- กระแสสงบของแต่ละชุด	22 mA
- กระแสสูงสุดของแต่ละชุด	250 mA
- อัตราการขยายของปรีไมค์	84 เท่า
- กำลังขยายของ Amplifier แต่ละชุด	2 W/ 8 Ω
- อัตราการขยาย	34 dB
- ตอบสนองความถี่ต่ำสุด	20 Hz

คุณสมบัติของ Power Amplifier

- แรงดันไฟ DC	± 35 V
- กำลังขยายสูงสุด	75 W / 8 Ω
- ตอบสนองความถี่	10 Hz - 50 Hz
- ความเพี้ยน	0.7 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุปและวิจารณ์

ในระบบประชุมโดยทั่วไปจะต้องประกอบด้วยชุดเพาเวอร์ (Power Unit) ชุดประธาน และชุดตัวร่วมอื่นๆ ที่จะนำมาต่อพ่วงกันไปเรื่อยๆ เพราะฉะนั้น การต่อเชื่อมระบบของชุดประชุม จึงเป็นสิ่งสำคัญ ถ้าหากเชื่อมต่อผิดนิดเดียว ก็อาจทำให้ ระบบชุดประชุมทั้งระบบไม่ทำงานเลยก็ได้

จากการทดลองการเชื่อมต่อชุดประชุมมีความยุ่งยาก เนื่องจากชุดประชุมประกอบด้วยวงจรย่อยๆ เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะชุดเพาเวอร์ (POWER UNIT) ถือว่าเป็นหัวใจหลักของระบบชุดประชุมเลยก็ว่าได้ เพราะชุดเพาว์เวอร์ จะประกอบไปด้วยวงจรย่อยๆเป็นจำนวนมาก ซึ่งในโครงการนี้ประกอบด้วย วงจรปรีไมค์ (PRE MIC) วงจรเรกกูเลเตอร์ (REGULATOR) วงจรขยาย (AMPLIFIER) วงจรกริ่ง (RINGING) วงจร CONTROL

จะเห็นว่าในระบบชุดประชุมมีวงจรย่อยๆ เป็นจำนวนมาก การเชื่อมต่อวงจรในแต่ละส่วนจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งจากการทดลองสามารถอธิบายได้ดังนี้

การเชื่อมต่อวงจรในชุดเพาเวอร์ การเชื่อมต่อในส่วนนี้มีความสำคัญมาก เพราะชุดเพาเวอร์จะต้องสามารถจ่ายกำลังงาน และแรงดันไปยังจุดอื่นๆ โดยวงจรเรกกูเลเตอร์ จะเป็นตัวจ่ายแรงดันไปให้ตัวอื่นๆ 24 Vdc และจ่าย $\pm$ 35 Vdc ให้แก่ ไอซีขยายเสียง ขนาด 75 วัตต์ นอกจากนี้ยังต้องจ่ายไฟ 12 V ให้แก่ชุดปรีไมค์ , ปรีแอมป์ปลิไฟเออร์ , วงจรกำเนิดเสียงฮ้อง เพราะฉะนั้นชุดเรกกูเลเตอร์จะต้องมีความสามารถจ่ายกำลังให้แก่วงจรเหล่านี้ได้ตามความต้องการ

และการต่อกราวนด์ถือว่ามีความสำคัญสำหรับวงจรเหล่านี้ เพราะถ้าต่อกราวนด์ไม่ดีจะทำให้วงจรต่างๆ ผิดเพี้ยนไป ได้ทำการแก้ไขโดยการต่อกราวนด์ร่วมจุดเดียว เพื่อป้องกันการวนลูป (SELF LOOP) นอกจากนี้แล้ว ชุดเพาเวอร์มักจะมีปัญหาในการเชื่อมต่อจุดปรีไมค์ด้วย มักจะมีเสียงรบกวน ซึ่งสามารถแก้ปัญหาโดยการเลือกไมโครโฟนให้เหมาะสม การเลือกใช้ ตัวเก็บประจุเพื่อคัปปลิ้งก่อนเข้าปรีไมค์ให้เหมาะสม

นอกจากนี้แล้วการเชื่อมต่อแต่ละชุดจะต้องต่อสายให้ถูกต้อง จะทำให้วงจรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานสามารถสำเร็จไปได้ด้วยดีก็ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูงที่อำนวยความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์การทดลอง และคำปรึกษาเมื่อเกิดปัญหา และที่ขาดเสียมิได้ก็คือ พวกเพื่อน ๆ ภายในห้องที่สามารถปรึกษาเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น ซึ่งทำให้โครงงานสามารถลุล่วงไปได้ด้วยดีดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของอุปกรณ์

1. ชุดประธานและชุดผู้ร่วมประชุม

Q1 , Q3 , Q3 , Q5 , Q7 , Q8 , Q9 , Q13 , Q14 = BC548

Q2 , Q4 , Q6 , Q10 , Q15 = BC558

Q11 = 2N4858

Q12 = BC635

D1 = 1N5232

D2 - D9 = 1N4148

IC1 = MC14520

IC2 = LM380

78L12

RESISTOR

560	1	ตัว	330K	1	ตัว
2.2 K	3	;	2.7		;
3.3 K	1	;	820		;
120 K	3	;	VR100K		;
220 K	1	;	100 K	1	;
51	1	;			
1 K	4	;			
6.8 K	1	;			
8.2 K	1	;			
4.7 K	1	;			
10 K	8	;			
33 K	1	;			
24 K	1	;			
68 K	2	;			
27 K	1	;			
82 K	1	;			
47 K	10	;			
5.6 K	2	;			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

150 K 1 ;

100 K 1 ;

CAPACITOR

0.033 3 ตัว

10 u F / 25V 7 ;

47uF / 25V 6 ;

820 pF 1 ;

0.1 uF 1 ;

0.47 uF 4 ;

0.01 uF 3 ;

470 uF 1 ;

1 uF / 50V 4 ;

100 uF / 50V 2 ;

0.01 uF 2 ;

470 uF / 25V 1 ;

47 uF / 50 V 1 ;

<u>วงจรสัญญาณกริ่ง (RINGING)</u>

IC555 1 ตัว

IC741 2 ;

VR 100K 3 ;

RESISTOR

1 K 3 ตัว

180 K 1 ;

15 K 2 ;

10 K 2 ;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CAPACITOR

ตัว

1uF 1 ;

10uF 1 ;

220uF 1 ;

10uF / 25 V 1 ;

2.2uF / 25 V 1 ;

Diode 1N4148 2 ;

วงจร POWER SUPPLY

Q 2N3055 2 ตัว

BD139 2 ;

IC 723 1 ;

CAPACITOR

500 pf 1 ;

2.2uF / 160 V 1 ;

4.7uF / 50 V 1 ;

4700 uF / 50 V 1 ;

6800 uF / 70 V 2 ;

0.1u / 100 V 1 ;

RESISTOR

1 K 1 ;

5.6 K 1 ;

3 K 1 ;

47O / 1W 1 ;

VR100K 1 ;

DIODE BRIDGE 3 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรขยาย (AMPLIFIER)

CAPACITOR

0.1 uF	1	ตัว
330 uF	1	;
0.047 uF	1	;
220 uF	2	;
4.7uF	1	;
33 uF	1	;

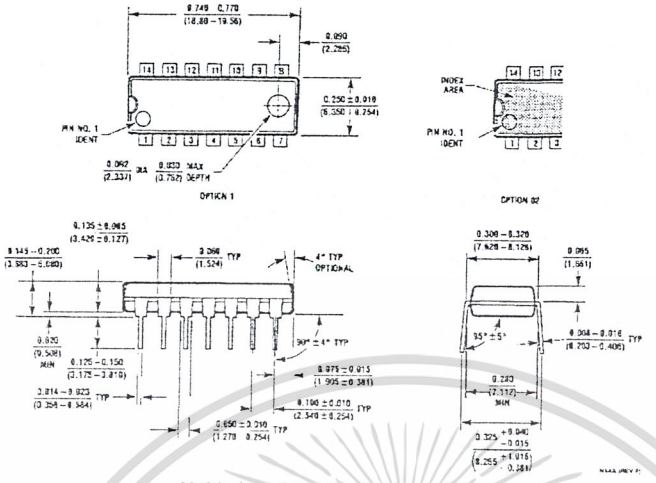
RESISTOR

8.2 K	2	;
15 K	1	;
180 K	1	;
33 K	2	;
3.9 K	1	;
1 K	1	;
VR100K	3	;
IC RYO - 175	1	;

DIODE BRIDGE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM380N
NS Package Number N14A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

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

National Semiconductor Corporation
1111 West Bardin Road
Arlington, TX 76017
Tel: 1(800) 272-9959
Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor Europe
Fax: (+49) 0-180-530 85 86
Email: cnjwge@tevm2.nsc.com
Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85
English Tel: (+49) 0-180-532 78 32
Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58
Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80

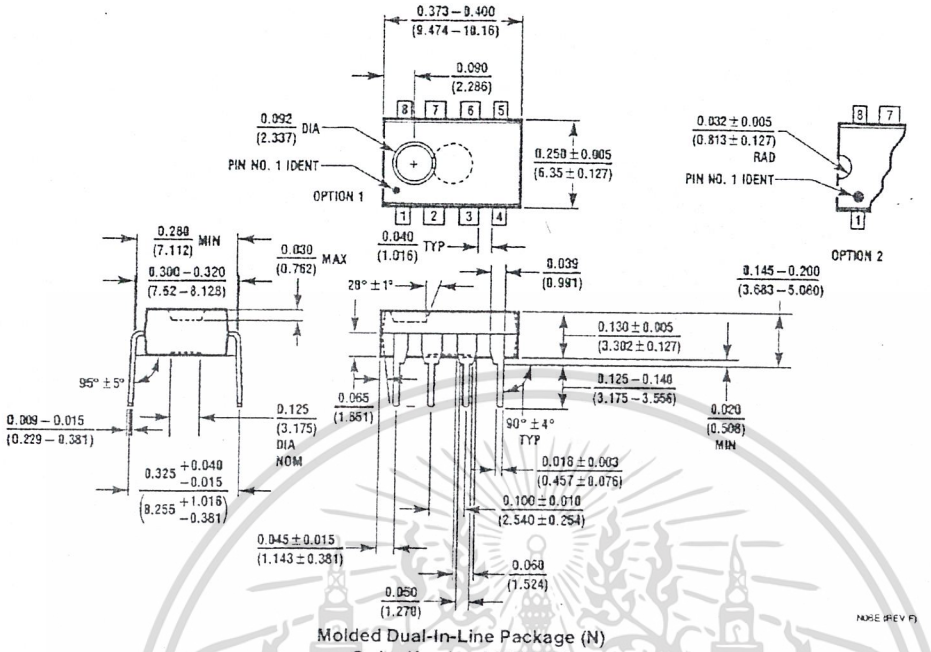
National Semiconductor Hong Kong Ltd.
13th Floor, Straight Block,
Ocean Centre, 5 Canton Rd.
Tsimshatsui, Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2737-1600
Fax: (852) 2736-9960

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-043-299-2309
Fax: 81-043-299-2408

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters)

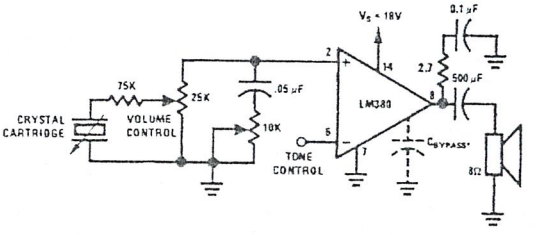


Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM380N-8
NS Package Number N08E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

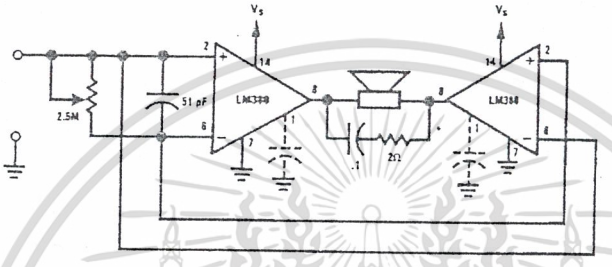
Typical Applications

Phono Amplifier



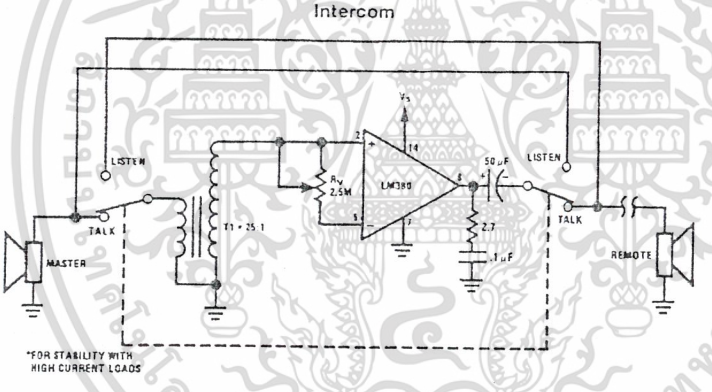
TL/H/6977–8

Bridge Amplifier



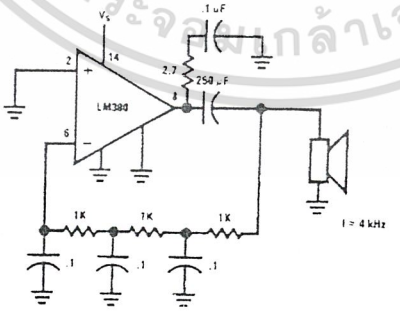
TL/H/6977–9

Intercom



TL/H/6977–10

Phase Shift Oscillator

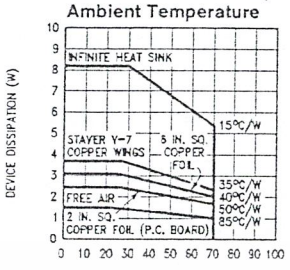


TL/H/6977–11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

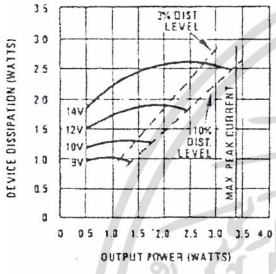
Maximum Device Dissipation vs Ambient Temperature



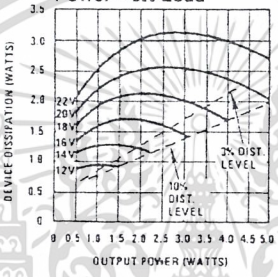
Note: 2 oz. copper foil, single-sided PC board.

TL/H/6977–12

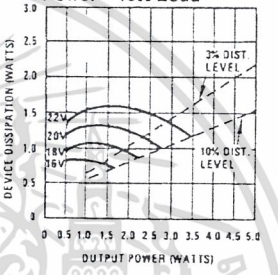
Device Dissipation vs Output Power—4Ω Load



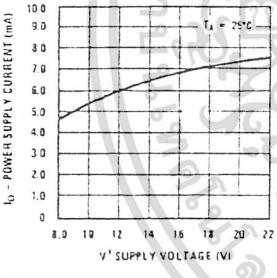
Device Dissipation vs Output Power—8Ω Load



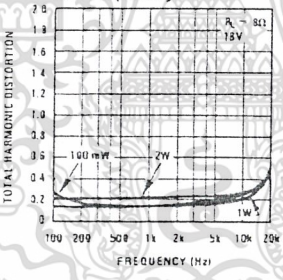
Device Dissipation vs Output Power—16Ω Load



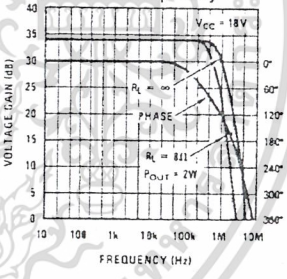
Power Supply Current vs Supply Voltage



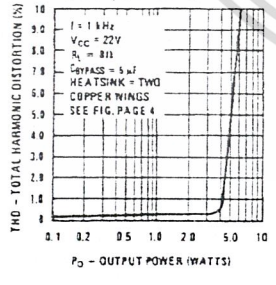
Total Harmonic Distortion vs Frequency



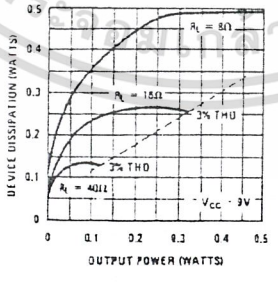
Output Voltage Gain and Phase vs Frequency



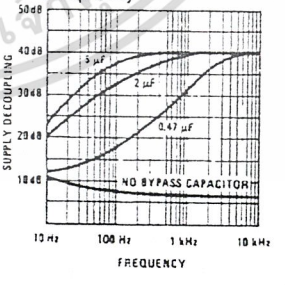
Total Harmonic Distortion vs Output Power



Device Dissipation vs Output Power



Supply Decoupling vs Frequency



TL/H/6977–7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	22V
Peak Current	1.3A
Package Dissipation 14-Pin DIP (Notes 6 and 7)	8.3W
Package Dissipation 8-Pin DIP (Notes 6 and 7)	1.67W
Input Voltage	±0.5V
Storage Temperature	−65°C to +150°C
Operating Temperature	0°C to +70°C
Junction Temperature	+150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	+260°C
ESD rating to be determined	
Thermal Resistance	
θ_{JC} (14-Pin DIP)	30°C/W
θ_{JC} (8-Pin DIP)	37°C/W
θ_{JA} (14-Pin DIP)	79°C/W
θ_{JA} (8-Pin DIP)	107°C/W

Electrical Characteristics (Note 1)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$P_{OUT(RMS)}$	Output Power	$R_L = 8\Omega$, THD = 3% (Notes 3, 4)	2.5			W
A_V	Gain		40	50	60	V/V
V_{OUT}	Output Voltage Swing	$R_L = 8\Omega$		14		V_{p-p}
Z_{IN}	Input Resistance			150k		Ω
THD	Total Harmonic Distortion	(Notes 4, 5)		0.2		%
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	(Note 2)		38		dB
V_S	Supply Voltage		10		22	V
BW	Bandwidth	$P_{OUT} = 2W$, $R_L = 8\Omega$		100k		Hz
I_Q	Quiescent Supply Current			7	25	mA
V_{OUTQ}	Quiescent Output Voltage		8	9.0	10	V
I_{BIAS}	Bias Current	Inputs Floating		100		nA
I_{SC}	Short Circuit Current			1.3		A

Note 1: $V_S = 18V$ and $T_A = 25°C$ unless otherwise specified.

Note 2: Rejection ratio referred to the output with $C_{BYPASS} = 5\ \mu F$.

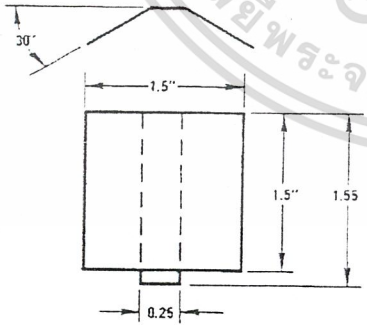
Note 3: With device Pins 3, 4, 5, 10, 11, 12 soldered into a 1/16" epoxy glass board with 2 ounce copper foil with a minimum surface of 6 square inches.

Note 4: $C_{BYPASS} = 0.47\ \mu fd$ on Pin 1.

Note 5: The maximum junction temperature of the LM380 is 150°C.

Note 6: The package is to be derated at 15°C/W junction to heat sink pins for 14-pin pkg; 75°C/W for 8-pin.

Heat Sink Dimensions



Staver Heat Sink #V-7
Staver Company
41 Saxon Ave.
P.O. Drawer H
Bayshore, NY 11706
Tel: (516) 666-8000
Copper Wings
2 Required
Soldered to
Pins 3, 4, 5,
10, 11, 12
Thickness 0.04
Inches

TL/H/6977–6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

December 1994

LM380 Audio Power Amplifier

General Description

The LM380 is a power audio amplifier for consumer application. In order to hold system cost to a minimum, gain is internally fixed at 34 dB. A unique input stage allows inputs to be ground referenced. The output is automatically self centering to one half the supply voltage.

The output is short circuit proof with internal thermal limiting. The package outline is standard dual-in-line. A copper lead frame is used with the center three pins on either side comprising a heat sink. This makes the device easy to use in standard p-c layout.

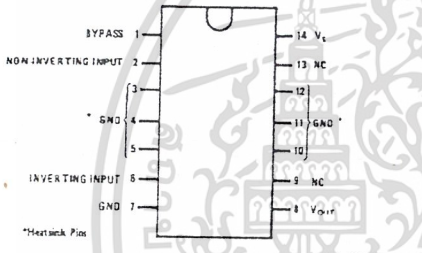
Uses include simple phonograph amplifiers, intercoms, line drivers, teaching machine outputs, alarms, ultrasonic drivers, TV sound systems, AM-FM radio, small servo drivers, power converters, etc.

A selected part for more power on higher supply voltages is available as the LM384. For more information see AN-69.

Features

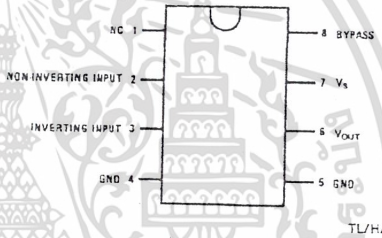
- Wide supply voltage range
- Low quiescent power drain
- Voltage gain fixed at 50
- High peak current capability
- Input referenced to GND
- High input impedance
- Low distortion
- Quiescent output voltage is at one-half of the supply voltage
- Standard dual-in-line package

Connection Diagrams (Dual-In-Line Packages, Top View)



TL/H/6977–1

Order Number LM380N
See NS Package Number N14A

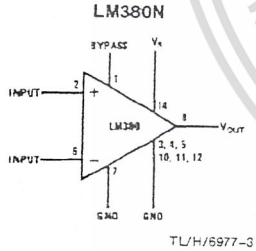


TL/H/6977–2

Order Number LM380N-8
See NS Package Number N08E

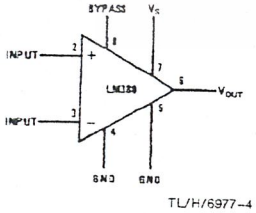
Block and Schematic Diagrams

LM380N

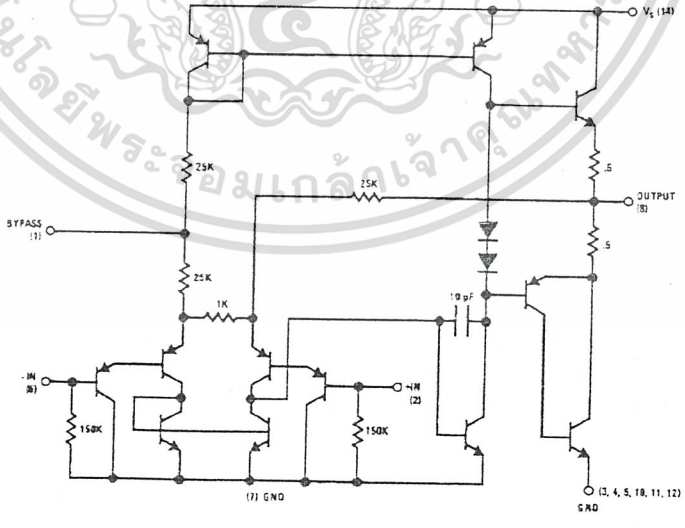


TL/H/6977–3

LM380N-8



TL/H/6977–4

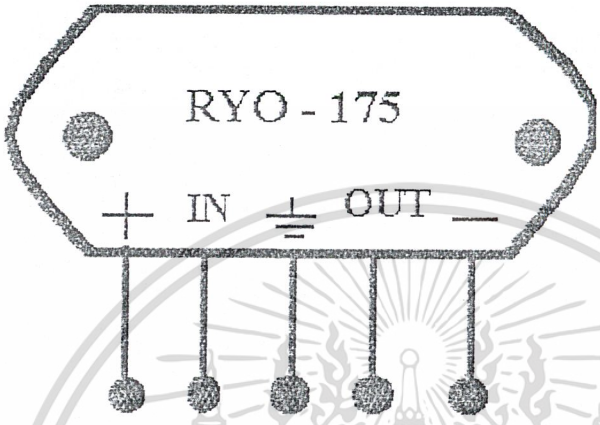


TL/H/6977–5

©1995 National Semiconductor Corporation TL/H/6977

RRD-B30M115/Printed in U. S. A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

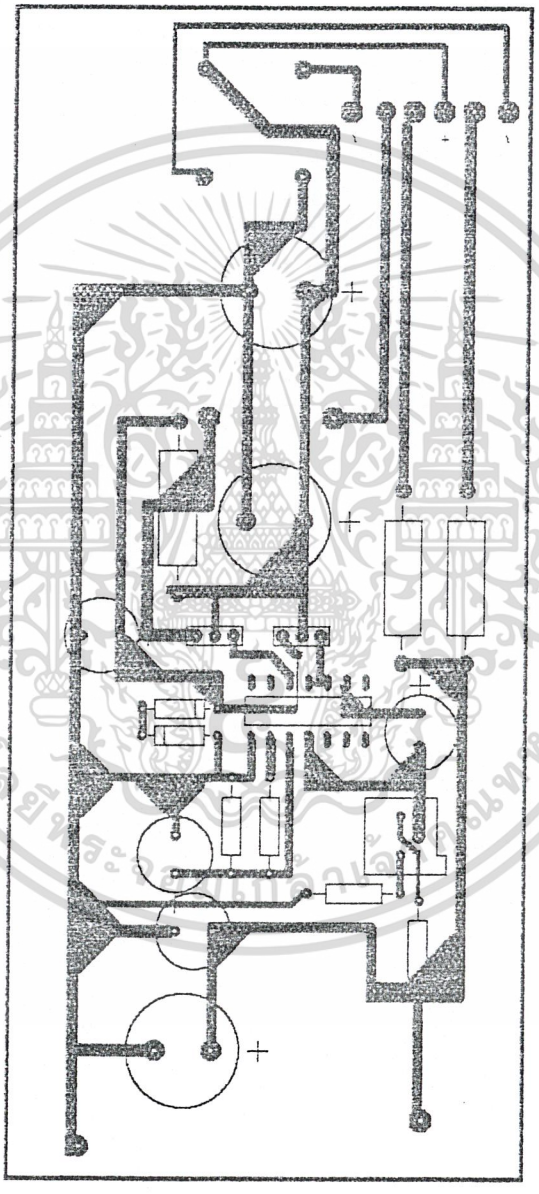


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของ IC สำเร็จรูป RYO- 175

IC RYO -175	
INPUT VOLT โวลท์ทำงาน	DC+/ - 25V ถึง +/- -32
MINIMUM WATT OUTPUT กำลังขยายต่ำสุด	35 WATT
AUTO CUT OFF ถ้าเกินจะตัดอัตโนมัติ	DC+/- 35
MAXIMAM WATT OUTPUT กำลังขยายสูงสุด	75 WATT
CURRENT CONSUMPTION AT NO SIGNAL กินกระแสขณะไม่มีสัญญาณเข้า	40 mA
HEAT SINK SIZE ขนาดของฮีทซิ้ง	20 x 15 x 0.3 cm
MINIMUM ACCEPTABLE INPUT SIGNAL สัญญาณต่ำสุดที่ขยายได้	50 mA
FREQUENCY RESPONSE ตอบสนองความถี่ที่	10Hz - 50HZ
TOTAL HARMONIC DISTORSION ความเพี้ยน	0.7 %
AMPLIFICATION GAIN เกณท์ขยาย	30 dB
INPUT IMPEDANCE ค่าความต้านทานอินพุท	47 K OHM
MAXIMUM OPGRATING TEMP อุณหภูมิที่ทำงานได้ไม่เกิน	80 C

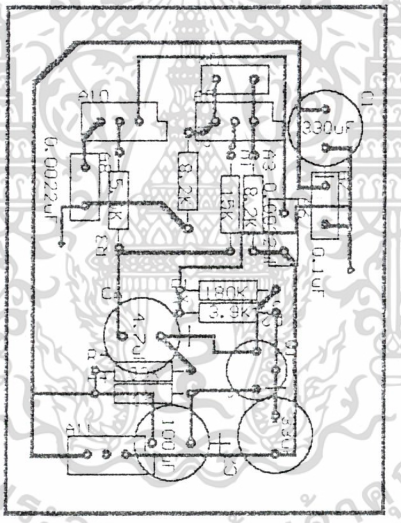
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจร PCB ของ POWER SUPPLY

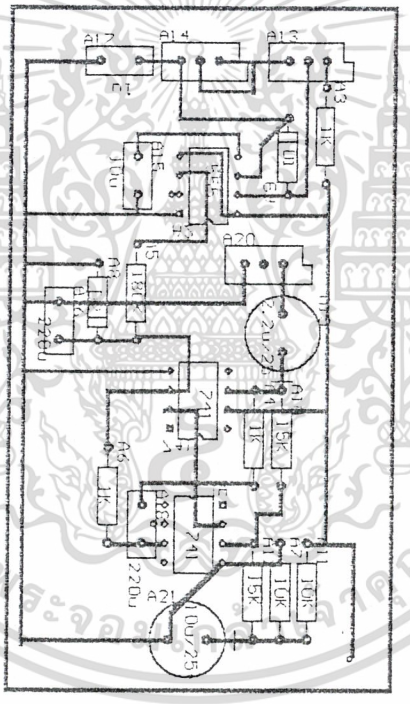
(BOTTOM LAYER)



วงจร PCB ของ AMPLIFIER

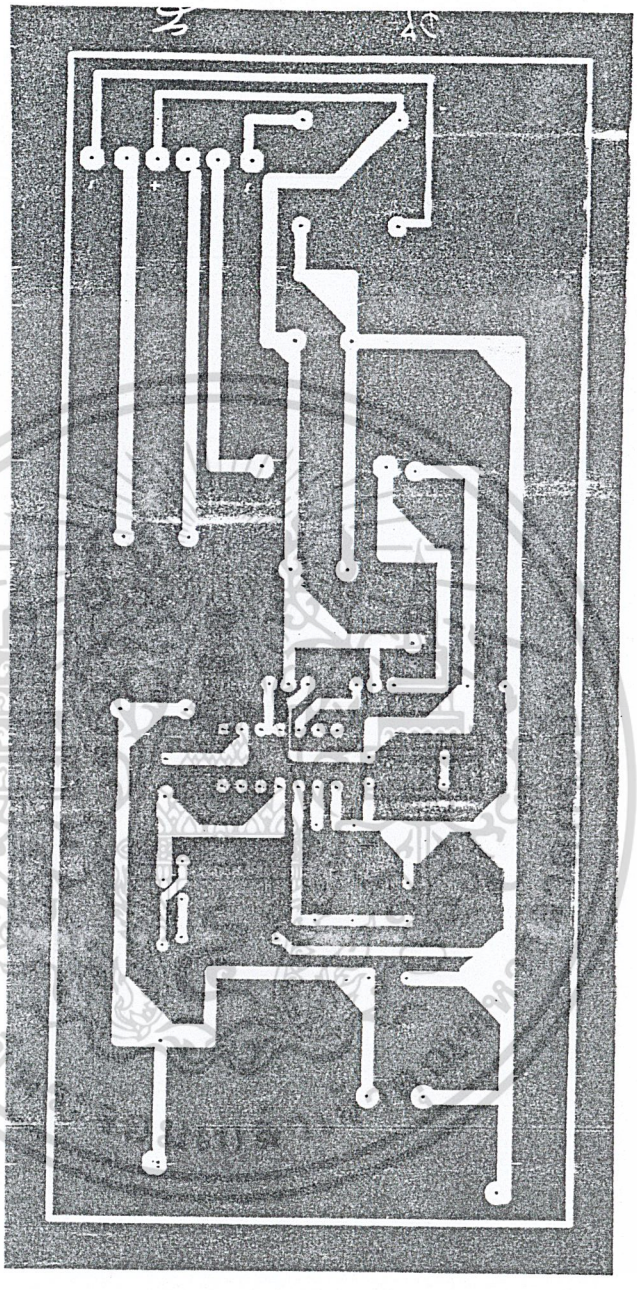
(BOTTOM LAYER)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



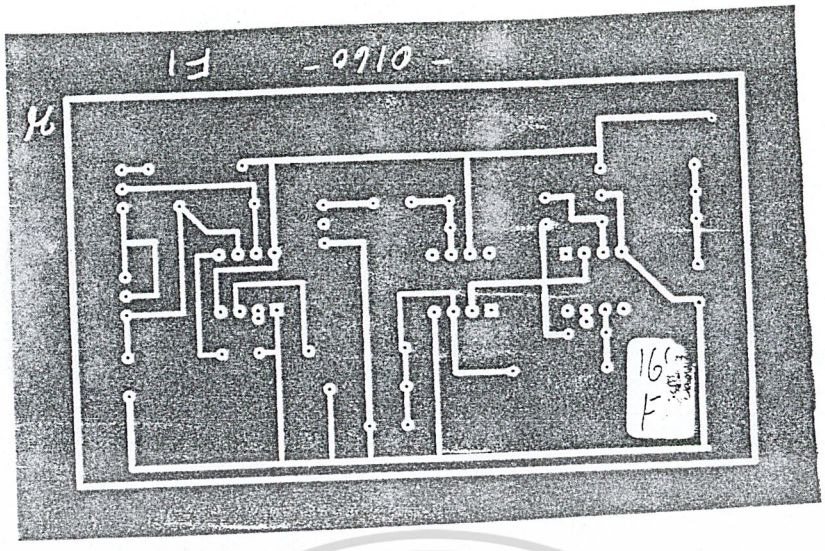
วงจร PCB ของ วงจรกริ่ง (RINGING)
(BOTTOM LAYER)

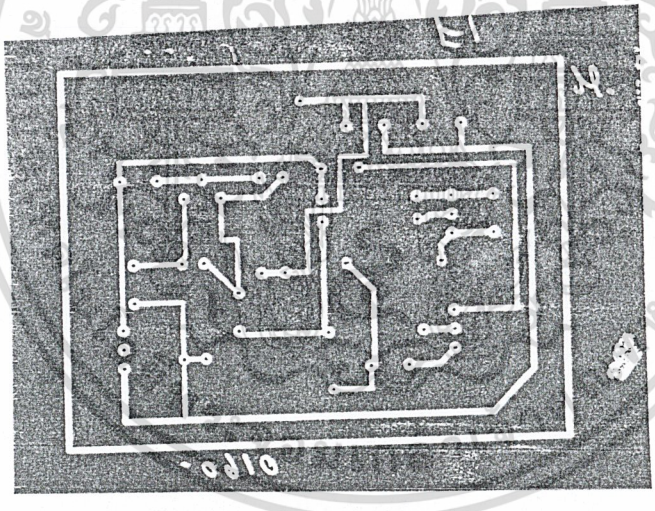
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลายทองแดง ของ วงจร POWER SUPPLY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

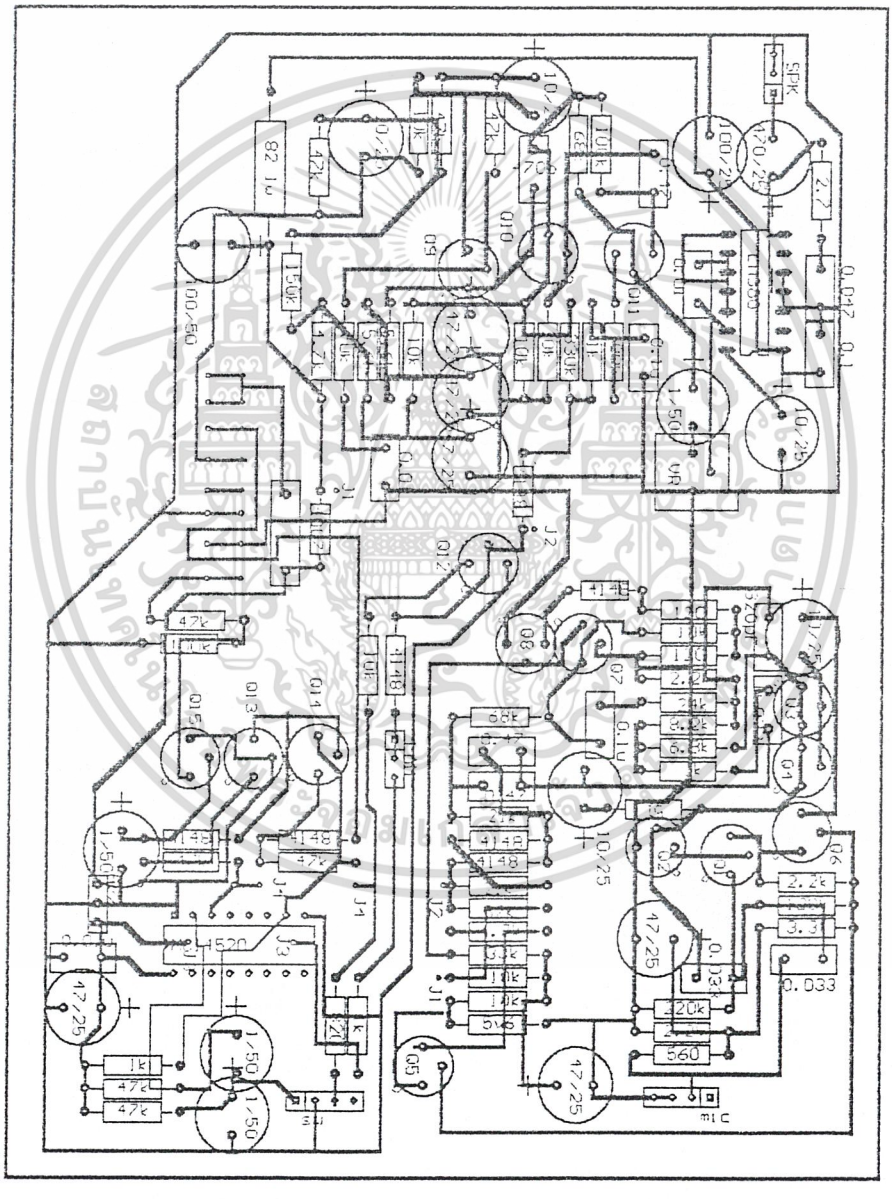




ลายทองแดง ของ วงจร กริ่ง (RINGING)

วงจรขยาย (AMPLIFIER)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

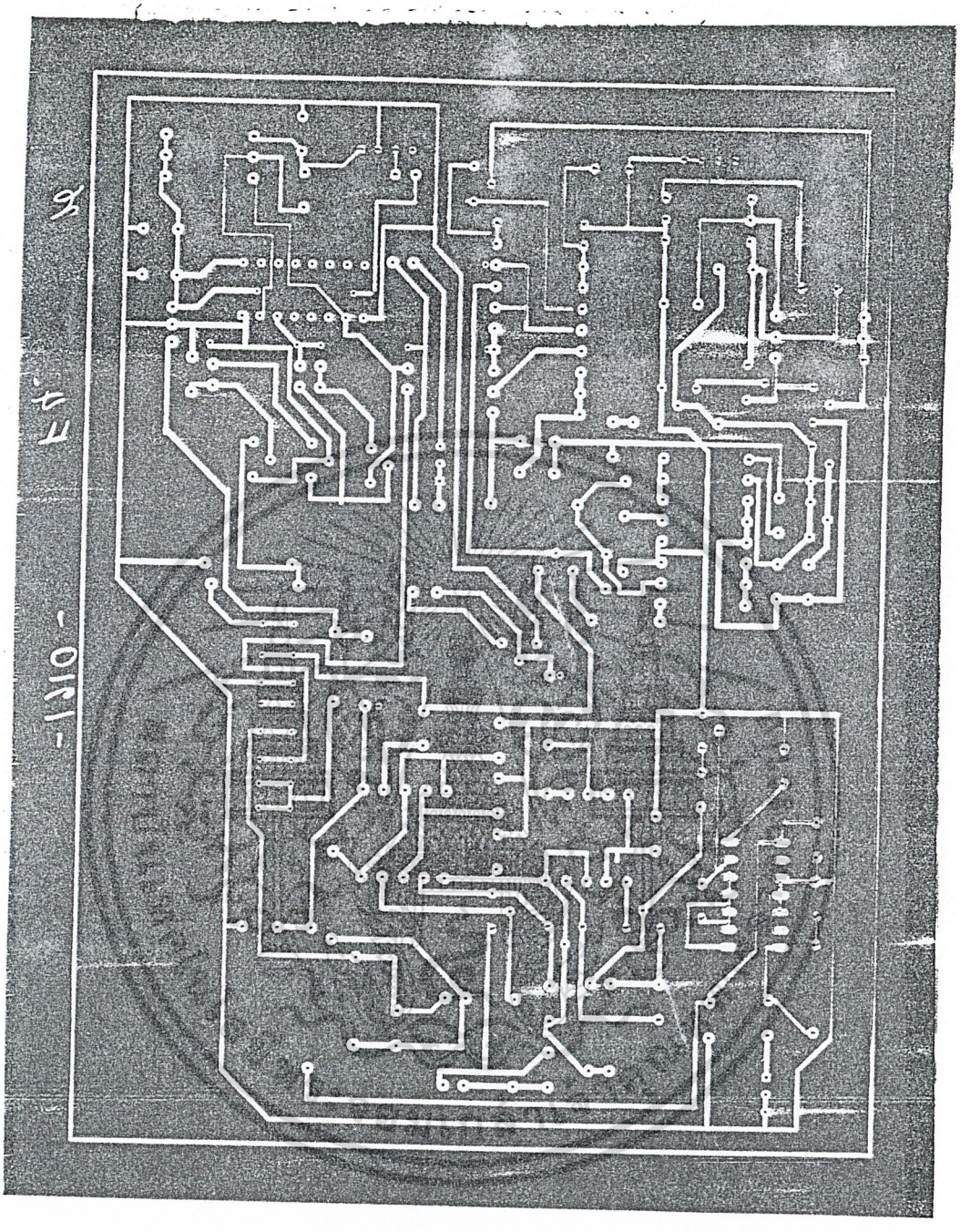


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

วงจร PCB ของ วงจรชุดประชุม (CONFERENCE)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(BOTTOM LAYER)



ลายทองแดง ของ วงจร ชุดประชุม (CONFERENCE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. สมเกียรติ ศุภเดช, มนัส สังวรศิลป์ : ทฤษฎีและการออกแบบวงจรพัลซ์ บริษัทอิเล็กทรอนิกส์ เวิลด์ จำกัด, กทม.
2. พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ : ทฤษฎีทรานซิสเตอร์และการใช้งาน โรงพิมพ์เจริญธรรม , กทม.
3. ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ :การทดสอบและวิเคราะห์จุดเสียในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หจก. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ , กทม.
4. ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ การออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์ หจก. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ , กทม.
5. Linear and Interface Circuits Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้