ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
โดย นายดำรง เซ้งมณี

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า

_____ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตย์วงษ์)

21 พฤษภาคม 2550

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.มานิตย์ สิทธิชัย)

_____กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุมาลี อุณหวณิชย์)

_____กรรมการ
(นาวาอากาศเอก ดร.วีระชัย เชาว์กำเนิด)

การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

นายดำรง เซ้งมณี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นายกฤษฎา ตาคำวัน
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาหลักการสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
สาขาวิชา : ไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อาจารย์ ดร.มานิตย์ สิทธิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ อรรคทิมากูล
ปีการศึกษา : 2549

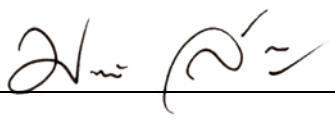
บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต วิธีดำเนินการวิจัย เริ่มจากการสร้างชุดการสอน ซึ่ง ประกอบด้วย คู่มือครู สื่อการสอน ที่ครอบคลุมเนื้อหาวิชา การสื่อสารทางแสง จากนั้นจึงนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุสาหกรรม ชั้นปีที่ 3 ภาคสมทบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ ที่ได้ลงทะเบียนเรียน วิชาการสื่อสารทางแสง ในปีการศึกษา 2/2549 จำนวน 13 คน โดยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ระหว่างการเรียนให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน เมื่อสิ้นสุดการเรียนแต่ละครั้ง และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เมื่อจบทุกบทเรียน หลังจากนั้นนำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพชุดการสอน และวิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้สถิติค่าที

ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพร้อยละ 80.44/80.32 สูงกว่าเกณฑ์กำหนดไว้ร้อยละ 80/80 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ และจากการทดสอบด้วยสถิติค่าที โดยเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียน ($\overline{X} = 10.23, S.D. = 2.86$) และคะแนนสอบหลังเรียน ($\overline{X} = 56.23, S.D. = 6.39$) พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่านักศึกษามีความรู้เพิ่มขึ้นหลังจากเรียนด้วยชุดการสอนนี้

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 229 หน้า)

คำสำคัญ : ชุดการสอน, ประสิทธิภาพ, การสื่อสารทางแสง



อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Name : Mr.Kristsada Takumwun

Thesis Title : The Construction and Efficiency Validation of the Instructional Package on Optical Communication, Industry Science Graduate Course, Rajamangala Institute of Technology University

Major Field : Electrical Technology
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok

Thesis Advisors : Dr.Manit Sittichai
Assistant Professor Dr.Somsak Akatimagool

Academic Year : 2006

Abstract

This research aimed to construct and validate the efficiency of the instructional package on Optical Communication. Engineering Electronics Major, Bachelor Degree in Engineering, Rajamangala of Technology University. The instructional package was constructed which consists of teachers' handbook, teaching aids, exercises and test. Samples were 13 students registering in the second semester and in academic year 2006 at Rajamangala of Technology Lanna University, Payab Campus. They did the pre-test before taking the course and worked on the test after each unit then the post-test. The scores were computed for its efficiency. Then there was analysis to find the learning achievement using t-test.

The results showed that this instructional package had efficiency at 80.44/80.32 which was higher than the set criterion 80/80. However, the comparison between pre-test ($\overline{X} = 10.23, S.D. = 2.86$) and post-test scores ($\overline{X} = 56.23, S.D. = 6.39$) reported statistic significant difference at .05. Learning aschievement after using developed instructional package was higher thern before using it so we could conclude that student had more knowledge after using our instructional package.

(Total 229 pages)

Keywords : Instructional Package, Efficiency, Optical Communication

Manit Sittichai
Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจากผู้มีพระคุณหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดร. มานิตย์ สิทธิชัย ประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ทรงชัย ดาศิริ กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาวิชา แนะนำวิธีการดำเนินการวิจัย การแก้ปัญหาและเสริมสร้างกำลังใจในการวิจัยตลอดมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงขอกราบขอบพระคุณท่านทั้งสองไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาตราจารย์นภัทร วัจนเทพินทร์ อาจารย์โกศล นิธิโสภา อาจารย์เตือนใจ อาชีวะพนิช อาจารย์ภัทชนนท์ เกิดพิพัฒน์ และอาจารย์ธานี สมวงศ์ ที่ได้กรุณาประเมินความเหมาะสมของชุดการสอน และให้ข้อเสนอแนะในการสร้างชุดการสอน ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ วัสดุอุปกรณ์ และนักศึกษาแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ แก่ผู้วิจัย ในการทดลองใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้นในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณพี่ ๆ น้อง ๆ ร่วมรุ่นปริญญาโท ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในทุกๆ ด้าน คอยให้ข้อมูลที่ทำงานวิจัย คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนตลอดมา

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในการประสานงานการสอบวิทยานิพนธ์ และการให้ทุนอุดหนุนในการวิจัยบางส่วน

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ภรรยา ที่มีส่วนสำคัญที่สุดที่คอยสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่าง รวมทั้งเป็นแรงบันดาลใจให้ผู้วิจัยต่อสู้กับอุปสรรคต่างๆ ที่ขาดไม่ได้เป็นอย่างยิ่ง ด.ญ.ปุณยภา เซ้งมณี บุตรสาวที่น่ารักที่คอยเป็นกำลังใจอยู่เคียงข้างตลอดมา ญาติ พี่น้องทุกคนที่คอยให้การสนับสนุน รวมทั้งเพื่อน ๆ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มิได้กล่าวนาม

ดำรง เซ้งมณี

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ค
กิตติกรรมประกาศ		ง
สารบัญตาราง		ซ
สารบัญภาพ		ญ
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	1.3 สมมติฐานการวิจัย	3
	1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
	1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น	4
	1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	4
	1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
	2.1 หลักสูตรรายวิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง	7
	2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับชุดการสอน	8
	2.3 การสร้างชุดการสอน	12
	2.4 หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้สื่อการเรียนการสอน	14
	2.5 การสร้างใบเนื้อหา	17
	2.6 การสร้างแบบทดสอบ	18
	2.7 การหาประสิทธิภาพชุดการสอน	25
	2.8 ทฤษฎีวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง	26
	2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัย	37
	3.1 กำหนดแบบแผนการทดลอง	37
	3.2 กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	37
	3.3 สร้างชุดการสอน	38
	3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล	47
	3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	51

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลของการวิจัย 55

4.1 ผลการสร้างชุดการสอน 55

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 59

4.3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 60

บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 63

5.1 สรุปผลการวิจัย 64

5.2 การอภิปรายผลการวิจัย 64

5.3 ข้อเสนอแนะ 65

บรรณานุกรม 67

ภาคผนวก ก 69

รายละเอียดของหลักสูตรและลักษณะรายวิชา เครื่องขยายเสียงและลำโพง 70

ภาคผนวก ข 79

รายละเอียดหัวเรื่องและแหล่งข้อมูล 80

การประเมินความสำคัญของหัวเรื่อง 80

เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่องและความรู้ของเนื้อหา 86

การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 91

ภาคผนวก ค 97

ตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน 98

ตารางวิเคราะห์การออกข้อสอบ 101

ตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์เพื่อการออกข้อสอบ 104

ภาคผนวก ง 107

ผลการวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อหาดรรชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้เชี่ยวชาญ 108

ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (D) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 113

ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (D) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบหลังบทเรียน 115

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก จ 119

คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังบทเรียน 120

คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 122

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอน 122

ภาคผนวก ฉ 123

การวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน (ความก้าวหน้าทางการเรียน) 124

ภาคผนวก ช 127

รายนามผู้เชี่ยวชาญชุดการสอนเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ 128

หนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอน 129

แบบประเมินชุดการสอน 134

ผลการประเมินชุดการสอน 139

ภาคผนวก ซ 141

ตัวอย่างคู่มือครู 142

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 193

ประวัติผู้วิจัย 209

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน (Objective Listing Sheet)	23
2-2	ตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบ (Test Blueprint)	24
3-1	One Group Pretest Posttest Design	37
3-2	ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน	46
3-3	กำหนดการสอน วิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง	48
4-1	สรุปผลคู่มือครู	55
4-2	สรุปผลสื่อการสอน	56
4-3	ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบท้ายบทเรียน (รายละเอียดในภาคผนวก จ)	59
4-4	ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการสอน	60
4-5	ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน (รายละเอียดในภาคผนวก ฉ)	61
ข-1	รายการหัวข้อเรื่องและแหล่งข้อมูล	80
ข-2	รายการประเมินความสำคัญของหัวเรื่อง	80
ข-3	ประเมินความสำคัญและรายละเอียดเนื้อหาของหัวข้อเรื่อง	81
ข-4	รายละเอียดของเนื้อหาที่สำคัญของหัวเรื่องและความรู้ของเนื้อหา	86
ข-5	รายการวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	91
ค-1	แสดงการวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนหน่วยที่ 1 วงจรขยายเสียง	98
ค-2	แสดงการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบ	101
ค-3	จำนวนข้อสอบในแต่ละวัตถุประสงค์	104
ง-1	การวิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อหาดรรชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	108
ง-2	ผลการตรวจคะแนนและการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลจากผลการทดลองใช้ข้อสอบ จำนวน 85 ข้อ ผู้เข้าสอบจำนวน 22 คน	113
ง-3	ค่าความยาก (Difficulty) และ ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)	115
ง-4	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่น	118
ฉ-1	คะแนนแบบทดสอบหลังบทเรียน ค่าร้อยละของผู้เรียน	120
ฉ-2	คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน และค่าร้อยละ	122
ฉ-1	คะแนน ค่าร้อยละของผู้เรียนก่อนเรียน และหลังเรียน	124

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ฉ-2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูล 125

ช-1 ผลการวิเคราะห์ หาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดการสอนที่ได้จากการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้โปรแกรม SPSS for window Descriptive Statistics 139

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	ระดับวัตถุประสงค์การสอนกับจำนวนข้อสอบที่ใช้วัด	22
3-1	ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือในการวิจัย	38
3-2	ขั้นตอนการสร้างคู่มือครู	39
3-3	ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบท้ายบทเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	42
3-4	ขั้นตอนการสร้างสื่อการสอน	44
3-5	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นแต่ละด้านจากการประเมินชุดการสอนของผู้เชี่ยวชาญ	47
4-1	คู่มือครูวิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง	56
4-2	สื่อการสอนเพาเวอร์พอยต์	57
4-3	สื่อการสอนโปรแกรมจำลองการทำงานของวงจร (TINA)	58
4-4	สื่อการสอนชุดสาธิต	59
ฉ-1	เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากคะแนนสอบก่อนและคะแนนสอบหลังเรียน	125

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ส่งผลให้ประเทศเกิดการพัฒนาปรับเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็ว ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมโดยเฉพาะทางด้านการศึกษาต้องพัฒนา เพื่อให้ทันต่อยุคสมัยของโลกแห่งข่าวสารข้อมูล การนำเอาเทคโนโลยีทางการศึกษามาใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนการสอนนับเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยพัฒนาการศึกษาให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่นับวันจะก้าวไปข้างหน้าอย่างไม่หยุดยั้ง จากความก้าวหน้าดังกล่าวการศึกษา จึงเป็นรากฐานที่สำคัญที่สุดประการหนึ่ง ในการสร้างสรรค์ความก้าวหน้า และแก้ปัญหาต่างๆ ในสังคมได้ เนื่องจากจุดมุ่งหมายของการศึกษาก็คือ การจัดการให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาในสาขาวิชาชีพใด (จริยา, 2546 : 1) การศึกษาเป็นกระบวนการที่จะช่วยให้คนพัฒนาตนเองในด้านต่างๆ ตลอดชีวิต ตั้งแต่ การวางรากฐานพัฒนาการของชีวิตจากแรกเกิด การพัฒนาศักยภาพและขีดความสามารถด้านต่างๆ ที่จะดำรงชีพและประกอบอาชีพได้อย่างมีความสุข รู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงรวมเป็นพลังสร้างสรรค์การพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนต่อไป

การศึกษาเป็นกระบวนการส่งเสริมให้บุคคลเจริญเติบโตและมีความงอกงามทางกาย อารมณ์ สังคมและสติปัญญาจนสามารถอยู่ในสังคมอย่างมีความสุข ซึ่งครูเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้บรรลุผลตามเป้าหมาย

อิสรา (2529 : 1) กล่าวไว้ว่าการจัดการศึกษาที่ดีนั้น จะต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลเป็นสำคัญ เพราะธรรมชาติของแต่ละคนนั้น จะมีบางสิ่งบางอย่างที่แตกต่างกัน แต่การที่จะจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับความต้องการ และความสามารถของแต่ละคนนั้น จำเป็นจะต้องมีโรงเรียน บุคลากร และเครื่องมือเครื่องใช้ในการเรียนการสอนอย่างเพียงพอ

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ. 2542) ได้ตระหนักถึงความสำคัญในการพัฒนาผู้เรียน โดยเน้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน จึงต้องมีการวางแผนที่จะพัฒนาผู้เรียนทั้งเนื้อหาทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อให้เป็นไปตามนโยบายพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติฉบับนี้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี จึงได้เน้นการส่งเสริมให้สถานศึกษา พัฒนาปรับปรุงการจัดกิจกรรม

การเรียนการสอน เพื่อให้นักศึกษามีความคิดริเริ่ม สามารถประยุกต์ใช้ความรู้และนำไปปฏิบัติได้ ส่งเสริมการผลิตตำรา เอกสารทางวิชาการและสื่อการเรียนการสอนในสาขาต่างๆ โดยเฉพาะวิชา วิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง (04-226-208) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ เป็นวิชาชีพเฉพาะและมีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีระบบเสียงและอุปกรณ์การใช้งานอย่างรวดเร็ว การที่จะสอนวิชานี้ให้มีประสิทธิภาพต้องให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสื่อการสอนที่เข้าใจได้ง่ายและลดการใช้จินตนาการของผู้เรียนให้น้อยลง

จากการสำรวจและสอบถามอาจารย์ผู้สอนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง จากวิทยาเขตต่างๆ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พบว่าสภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนไม่สามารถที่จะเอื้อประโยชน์ และมีความพร้อมต่อการเรียนรู้ สามารถที่จะสรุปได้ดังนี้

1. ขาดคู่มือครู ที่เป็นแนวทางเพื่อใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
2. ใบเนื้อหาขาดภาพที่สัมพันธ์กับคำอธิบาย
3. ขาดสื่อการสอนที่สามารถทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย และขาดสื่อที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

ปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวสามารถแก้ไขได้ถ้ามีการศึกษาหาแนวทางที่ถูกต้อง ซึ่งแนวทางที่จะสามารถแก้ปัญหาได้ จะต้องสอดคล้องกับการพัฒนาเทคโนโลยีที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงควรนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้ในการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้สื่อการเรียนการสอนในกระบวนการเรียนการสอนด้านทฤษฎีและด้านปฏิบัติในสาขาวิชาช่างนับว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะจะทำให้เกิดการเห็นจริงและสามารถปฏิบัติได้ (ทง, 2535 : 2)

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญถึงแนวทาง และวิธีการแก้ไขปัญหา โดยการสร้างชุดการสอน(Instructional Package) ในวิชา เครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัสวิชา (04-226-208) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี เพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างชุดการสอนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัสวิชา (04-226-208) เรื่อง วงจรขยายเสียง, วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง และวงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี

1.2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอนที่สร้างขึ้น

1.2.3 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 ชุดการสอนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง (04-226-208) เรื่อง วงจรขยายเสียง, วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง และวงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ) ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ ที่กำหนด 80/80

1.3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่ได้ศึกษาโดยใช้ชุดการสอน วิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้ เป็นการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง (04-226-208) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กลุ่มวิชาไฟฟ้า สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี มีรายละเอียดดังนี้

1.4.1 ชุดการสอนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง (04-226-208) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1.4.1.1 คู่มือครูประกอบด้วย

ก) วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

ค) ตารางปฏิบัติการ (กิจกรรมการเรียนการสอน)

ง) แบบร่างกระดาน

จ) ใบเนื้อหา

ฉ) ใบรายการถามตอบ

ช) ใบกิจกรรมพร้อมแนวคำตอบ

ซ) แบบฝึกหัดหลังบทเรียนพร้อมเฉลยคำตอบ

ฌ) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพร้อมเฉลยคำตอบ

1.4.1.2 สื่อการสอนประกอบด้วย

ก) โปรแกรมนำเสนอเพาเวอร์พอยต์

ข) โปรแกรมจำลองการทำงาน (TINA)

ค) ชุดสาธิต

1.4.2 ชุดการสอนภาคทฤษฎีวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพงประกอบด้วย 7 หน่วย โดยผู้วิจัยจัดทำชุดการสอนจำนวน 3 หน่วย แบ่งออกเป็น 13 หัวข้อ ดังนี้

หน่วยที่ 1 วงจรขยายเสียง แบ่งออกเป็น 5 หัวข้อ คือ

หัวข้อที่ 1 ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายเสียง

หัวข้อที่ 2 วงจรขยายคลาส เอ

หัวข้อที่ 3 วงจรขยายคลาส บี

หัวข้อที่ 4 วงจรขยายคลาส เอ บี

หัวข้อที่ 5 วงจรขยายหลายภาค

หน่วยที่ 2 วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง แบ่งออกเป็น 5 หัวข้อคือ

หัวข้อที่ 1 วงจรปรีไมค์

หัวข้อที่ 2 วงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม

หัวข้อที่ 3 วงจรขยายความแตกต่าง

หัวข้อที่ 4 วงจรขับสัญญาณและวงจรขยายกำลังสัญญาณ

หัวข้อที่ 5 กำลังของเพาเวอร์แอมป์

หน่วยที่ 3 วงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ) แบ่งออกเป็น 3 หัวข้อคือ

หัวข้อที่ 1 วงจรกรองความถี่

หัวข้อที่ 2 การออกแบบวงจรแยกสัญญาณเสียง

หัวข้อที่ 3 โปรแกรมออกแบบ Crossover Networks

1.4.3 ประชากรของการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง ปีการศึกษา 1/2549

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยครั้งนี้ถือว่า อายุ พื้นฐานทางเศรษฐกิจ สังคม และช่วงเวลาของการเรียนของกลุ่มตัวอย่างไม่ส่งผลกระทบต่อการวิจัย

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 ชุดการสอน หมายถึง นวัตกรรมการศึกษาที่ซึ่งนำสื่อประสมที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาของหลักสูตร มาใช้ในระบบการเรียนการสอน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม

ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ซึ่งเป็นชุดการสอนประกอบการบรรยาย ประกอบด้วย คู่มือครู สื่อการเรียนการสอน แบบทดสอบท้ายบทเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.6.2 คู่มือครู หมายถึง ชุดเอกสารที่เป็นแนวทางที่เตรียมไว้ล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการสอน โดยจะระบุหัวข้อเรื่อง จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม รายการสอน วิธีการสอน/กิจกรรมการสอน สื่อการสอน การวัด/ประเมินผล และเวลาที่ใช้ในการสอน

1.6.3 แบบทดสอบท้ายบทเรียน หมายถึง ชุดข้อสอบหรือชุดคำถามที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักศึกษาเมื่อสิ้นสุดกระบวนการเรียนการสอน โดยการให้นักศึกษาทำเมื่อสิ้นสุดกระบวนการเรียนการสอนในแต่ละหัวข้อ เพื่อประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษา

1.6.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ชุดข้อสอบหรือชุดคำถามที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักศึกษาเมื่อสิ้นสุดกระบวนการเรียนการสอน โดยการให้นักศึกษาทำภายหลังจากเรียนด้วยชุดการสอนครบทุกหัวข้อแล้ว

1.6.5 สื่อการสอน หมายถึง วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการที่ใช้เป็นสื่อกลางให้ผู้สอนสามารถส่งหรือถ่ายทอดความรู้ไปยังผู้เรียน

1.6.6 ประสิทธิภาพของชุดการสอน หมายถึง สัดส่วนของค่าคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งหมดจากคะแนนเต็ม จากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนคิดเป็นร้อยละ และจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.6.7 การทดสอบประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 หมายถึง ระดับของประสิทธิภาพที่คาดหวังซึ่งวัดได้จากค่าของคะแนนเฉลี่ยที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น จากการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากบทเรียนของชุดการสอน โดยกำหนดดังนี้

80 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพที่คาดหวังของกระบวนการที่วัดได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนทุกหัวเรื่องรวมกันโดยคิดเป็นร้อยละ

80 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่คาดหวังวัดได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนครบทุกหัวเรื่องโดยคิดเป็นร้อยละ

1.6.8 ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง หรือรายวิชาที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกัน และมีวุฒิทางการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาตรี หรือผู้ที่มีประสบการณ์ ด้านการออกแบบสื่อการเรียนการสอนอย่างน้อย 5 ปี

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 เป็นแนวทางในการสอนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง ที่ทำให้การสอนเป็นในแนวทางเดียวกันและครอบคลุมเนื้อหามากยิ่งขึ้น

1.7.2 ช่วยสร้างจินตนาการในการเรียนในเนื้อหาที่ซับซ้อนให้เข้าใจง่ายขึ้น โดยมีการใช้สื่อการสอนที่หลากหลาย

1.7.3 ช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น เมื่อเรียนด้วยชุดการสอนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้าง ชุดการสอนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง โดยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี ผลงานเขียนและงานการวิจัยต่างๆ ได้ทำการศึกษาหัวข้อต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 หลักสูตรรายวิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับชุดการสอน

2.3 การสร้างชุดการสอน

2.4 หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้สื่อการเรียนการสอน

2.5 การสร้างใบเนื้อหา

2.6 การสร้างแบบทดสอบ

2.7 การหาประสิทธิภาพชุดการสอน

2.8 ทฤษฎีวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรรายวิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง

จากการศึกษาคำอธิบายรายวิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัสวิชา 04-226-208 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กลุ่มวิชาไฟฟ้า สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล โดยมีลักษณะรายวิชาดังนี้

1. รหัสและชื่อวิชา 04-226-208 เครื่องขยายเสียงและลำโพง
   (AMPLIFIERS AND LOUDSPEAKERS)
2. สภาพรายวิชา วิชาเลือก ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
   สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
3. ระดับรายวิชา ภาคการศึกษาที่ 1 ชั้นปีที่ 2
4. พื้นฐาน -
5. เวลาศึกษา 90 คาบเรียนตลอด 18 สัปดาห์ ทฤษฎี 2 คาบ ปฏิบัติ 3 คาบต่อสัปดาห์และนักศึกษาต้องใช้เวลาศึกษาค้นคว้านอกเวลาสัปดาห์ละ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

6. จำนวนหน่วยกิต 3 หน่วยกิต

7. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติการเกี่ยวกับทฤษฎีเสียงเบื้องต้น การหาค่ากำลังสูงสุด วงจรควบคุมและวงจรขยายเสียง เพาเวอร์แอมป์ ลำโพงเสียงแหลมและเสียงทุ้ม วงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ) อุปกรณ์ประกอบต่างๆ ของเครื่องเสียง ตู้ลำโพงแบบต่างๆ การออกแบบตู้ลำโพง การเลือกใช้ตู้ลำโพงให้เหมาะสมกับงานระบบเสียง

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับชุดการสอน

2.2.1 ความหมายของชุดการสอน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอนหรือ ชุดการเรียนการสอน (Instructional Package) มีนักการศึกษาหลายๆ ท่าน ได้กล่าวถึงความหมายของชุดการสอนไว้ดังนี้

ชุดการสอน เป็นเรื่องการสอนชนิดหนึ่งซึ่งเป็นชุดของสื่อประสม (Multimedia) หมายถึง การใช้สื่อการสอนตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปร่วมกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ตามต้องการ สื่อที่นำมาใช้ร่วมกันนี้จะช่วยเสริมประสบการณ์ซึ่งกันและกันตามลำดับขั้นที่จัดไว้ จัดขึ้นสำหรับหน่วยการเรียนตามหัวข้อเนื้อหาและประสบการณ์ของแต่ละหน่วย ที่ต้องการจะให้ผู้เรียนได้รับ โดยจัดเอาไว้เป็นชุดๆ บรรจุอยู่ในซอง กล่อง หรือกระเป๋า (บุญเกื้อ, 2542 : 91)

ชุดการสอน (Instructional Package หรือ Instruction Kit) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนอันประกอบไปด้วย วัตถุประสงค์เนื้อหาและวัสดุอุปกรณ์ทั้งหลายไว้เป็นชุดๆ เพื่อจัดกิจกรรมให้เกิดการเรียนรู้ และช่วยให้ผู้สอนดำเนินการสอนที่มีคุณภาพเท่าเทียมกันอยู่ในมาตรฐานเดียวกัน และยังทำให้ประหยัดเวลาในการเตรียมการสอนทำให้การสอนเรื่องนั้นๆ บรรลุวัตถุประสงค์เดียวกันด้วยวิธีเดียวกัน และช่วยให้การเรียนการสอนบรรลุตามจุดมุ่งหมายอย่างมีประสิทธิภาพ (เสาวณีย์, 2538 : 291)

ชุดการสอน หมายถึง การนำระบบสื่อประสมที่สอดคล้องกับประสบการณ์ เนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียนมาช่วยในการเรียน (ชูเกียรติ์, 2538 : 4)

ชุดการเรียนการสอน หมายถึง การวางแผนการเรียนการสอนโดยใช้สื่อต่างๆ ร่วมกัน (Multimedia Approach) หรือหมายถึง การใช้สื่อประสม (Multimedia) ที่จัดไว้เป็นชุดเพื่อสร้างประสบการณ์ ในการเรียนและไปตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ (วาสนา, 2525 : 138)

ชุดการสอน หมายถึง ระบบการผลิตและการนำสื่อการเรียนต่างๆ ที่สัมพันธ์กับเนื้อหามาส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (กาญจนา, 2524 : 117)

ชุดการสอน หมายถึง ชุดของสื่อประสมที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาและประสบการณ์ในการเรียนของแต่ละหน่วย โดยการนำวิธีการจัดระบบมาใช้ ทั้งนี้เพื่อช่วยในการเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้บรรลุผลตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ และช่วยให้การสอนของครูดำเนินไปโดยสะดวกและมีประสิทธิภาพ (กรองกาญจ์, 2536 : 194)

ชุดการสอน เป็นการนำสื่อการสอนหลายประเภทมาใช้ร่วมกันในรูปแบบของสื่อประสม โดยการใช้สื่อประสมนี้เป็นการนำโสตทัศนูปกรณ์ตั้งแต่สองอย่างขึ้นไป มาใช้ร่วมกันในการเรียนการสอน ซึ่งอาจเป็นการใช้กับผู้เรียนกลุ่มใหญ่หรือการศึกษารายบุคคล (กิดานันท์, 2531 : 81)

จากความหมายของชุดการสอน ที่หลายๆ ท่านกล่าวไว้ สรุปได้ว่าชุดการสอน หมายถึงนวัตกรรมการศึกษาที่ซึ่งนำสื่อประสมที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาของหลักสูตร มาใช้ในระบบการเรียนการสอน เป็นชุดสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบ โดยมีความสอดคล้องกับวิชาหรือหัวข้อนั้นๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

2.2.2 ประเภทและองค์ประกอบของชุดการสอน

ชุดการสอนแบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้ 4 ประเภท คือ

2.2.2.1 ชุดการสอนประกอบคำบรรยาย หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ชุดการสอนสำหรับครูเป็นชุดการสอนที่กำหนดกิจกรรม และสื่อการสอนที่ใช้ประกอบคำบรรยาย เพื่อเปลี่ยนบทบาทของครูให้ลดน้อยลง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนมากยิ่งขึ้น ครูผู้สอนสามารถนำชุดการสอนนี้ไปใช้ได้ทันที เนื่องจากชุดการสอนที่ครูเป็นผู้ใช้บางครั้งจึงเรียกว่า “ชุดการสอนสำหรับครู” ชุดการสอนประกอบคำบรรยายจะมีเนื้อหาเพียงอย่างเดียวโดยแบ่งเป็นหัวข้อที่บรรยายในเทป, แผนภูมิ, แผ่นภาพ, ภาพยนตร์โทรทัศน์ และกิจกรรมกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้อภิปรายตามปัญหาและหัวข้อที่ครูกำหนดให้ เพื่อความเรียบร้อยในการใช้ชุดการสอนประเภทนี้มักจะบรรจุไว้ในกล่อง ที่มีขนาดพอเหมาะกับจำนวนสื่อการสอน อย่างไรก็ตาม หากเป็นวัสดุที่มีขนาดเล็กหรือใหญ่เกินไป หรือราคาแพงไป แตกหรือเสียง่ายและเป็นสิ่งมีชีวิตจะไม่ใส่ไว้ในชุดการสอน แต่จะกำหนดไว้ในส่วนที่เกี่ยวกับสิ่งที่ครูต้องตระเตรียมล่วงหน้า ก่อนทำการสอนใน “คู่มือครู” วัสดุเหล่านี้นิยมจัดไว้ในห้องปฏิบัติการ เช่น ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หรือในห้องวิชาการ เช่น ห้องสังคมศึกษา เป็นต้น (ไพโรจน์, 2540 : 2)

ชุดการสอนประกอบการบรรยาย ประกอบด้วย

ก) คู่มือครู ประกอบด้วย จุดมุ่งหมายของหลักสูตรวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมรายละเอียดของเนื้อหาวิชา ขั้นดำเนินกิจการหรือวิธีการสอน รายการบอกชนิดและคำแนะนำการใช้สื่อการเรียนการสอนตามลำดับ

ข) สื่อการเรียนการสอน (Instructional Media) จะใช้ประกอบการสอนเพื่อบรรลุจุดมุ่งหมาย มีหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดมีจุดส่งเสริมการเรียนการสอนให้ได้ผล สื่อการเรียนการสอนจะได้รับการเลือกสรรอย่างเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน

ค) แบบฝึกหัด (Workbook) แบบฝึกหัดตามที่มอบหมายไว้ในบัตรกิจกรรม อาจแยกเป็นชุดๆ หรือรวมกันเป็นเล่มก็ได้

ง) ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (วาสนา, 2536 : 138)

2.2.2.2 ชุดการสอนสำหรับกิจกรรมกลุ่ม เป็นชุดการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประกอบกิจกรรมร่วมกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องเรียนแบบกิจกรรมที่เรียกห้องเรียนแบบนี้ว่า ศูนย์การเรียน ชุดการสอนนี้ ประกอบด้วย ชุดย่อยที่มีจำนวนเท่ากับจำนวนศูนย์ที่แบ่งไว้ในแต่ละหน่วยในแต่ละศูนย์จะมีสื่อ หรือบทเรียนครบชุดตามจำนวนผู้เรียนในศูนย์กิจกรรมนั้น สื่อที่ใช้จะจัดไว้ในรูปสื่อประสม อาจใช้เป็นสื่อรายบุคคลหรือสำหรับกลุ่มที่ใช้ร่วมกัน โดยชุดการสอนที่ใช้สำหรับกิจกรรมกลุ่มนี้ประกอบด้วย คู่มือครู สื่อสำหรับศูนย์กิจกรรม แบบฝึกหัด และแบบทดสอบสำหรับการประเมินผล (ไชยยศ, 2526 : 197)

ชุดการสอนแบบกลุ่ม ใช้ในการประกอบกิจกรรมการเรียนของผู้เรียนเป็นกลุ่มในชุดการสอนมีสื่อให้สมาชิกแต่ละคนประกอบกิจกรรมตามคำสั่งในศูนย์กิจกรรมต่างๆ โดยเฉพาะในห้องเรียนที่ใช้ชุดการสอนแบบกลุ่ม คือ “ห้องเรียนแบบศูนย์การเรียน” (กรองกาญจน์, 2536 : 194) โดยชุดการสอนประเภทนี้ประกอบด้วย

ก) คู่มือครู ซึ่งจะช่วยในการสอนแบบศูนย์การเรียนดำเนินไป อย่างมีประสิทธิภาพในคู่มือครูจะมีคำชี้แจงสำหรับครู สิ่งที่ครูต้องเตรียม บทบาทของนักเรียน การจัดชั้นเรียนพร้อมแผนผัง แผนการสอนเนื้อหาสาระประจำศูนย์ต่างๆ แบบทดสอบก่อนการเรียนและหลังเรียน

ข) สื่อสำหรับศูนย์กิจกรรม จะมีบัตรคำสั่ง บัตรกิจกรรม บัตรเนื้อหา บัตรคำถามหรือบัตรนำอภิปราย และบัตรเฉลย รวมทั้งสื่อการเรียนอื่นๆ เช่น รูปภาพ แบบเรียน เป็นต้น จำนวนบัตรต่างๆ หรือสื่อการเรียนอาจมีเท่ากับจำนวนนักเรียนในกลุ่มหรืออาจใช้ร่วมกันได้ ไม่จำเป็นต้องครบทุกคน

ค) แบบฝึกหัด (Workbook) แบบฝึกหัดตามที่มอบหมายไว้ในบัตรกิจกรรม อาจแยกเป็นชุดๆ หรือรวมกันเป็นเล่มก็ได้

ง) แบบทดสอบสำหรับการประเมินผล ซึ่งใช้ก่อนการเรียนหรือหลังการเรียน โดยมีกระดาษคำตอบไว้พร้อมการทดสอบก่อนการเรียน เพื่อวัดพื้นความรู้เดิมของนักเรียนแล้วเก็บผลไว้เปรียบเทียบกับการทดสอบหลังการเรียน โดยการทดสอบหลังการเรียนนั้นจะใช้

แบบทดสอบชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนการเรียนการประเมินผล จะใช้แบบอิงเกณฑ์ (วาสนา, 2525 : 138)

2.2.2.3 ชุดการสอนรายบุคคล เป็นชุดการสอนที่จัดระบบขั้นตอนเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้เรียนด้วยตนเองตามลำดับขั้นความสามารถของแต่ละบุคคล เมื่อศึกษาจบแล้วจะทำการทดสอบเพื่อประเมินผลความก้าวหน้า และศึกษาชุดอื่นต่อไปตามลำดับ เมื่อมีปัญหาผู้เรียนจะปรึกษากันได้ระหว่างผู้เรียนด้วยกันเอง ผู้สอนพร้อมที่จะให้ความช่วยเหลือทันทีในฐานะผู้ประสานงานหรือผู้ชี้แนะแนวทางการเรียน (สมหญิง, 2532 : 66)

2.2.2.4 ชุดการสอนทางไกล เป็นชุดการสอนที่ครูกับนักเรียนอยู่ต่างที่ ต่างเวลากัน มุ่งสอนให้นักเรียนได้เรียนด้วยตนเอง โดยไม่ต้องมาเข้าชั้นเรียนประกอบด้วยสื่อประเภทสิ่งพิมพ์ รายการวิทยุกระจายเสียง โทรทัศน์ ภาพยนตร์และการสอนเสริมตามศูนย์บริการการศึกษา เช่น ชุดการสอนทางไกลของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เป็นต้น (ชัยยงค์ และคณะ, 2524 : 118)

ดังนั้นได้สรุปเอาหลักการต่างๆ มาสร้างเป็นชุดการสอน ซึ่งประกอบด้วย

1. คู่มือครู ที่ประกอบไปด้วยจุดมุ่งหมายของหลักสูตร วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ตารางปฏิบัติการ (กิจกรรมการเรียนการสอน) แบบร่างกระดาน ใบเนื้อหา ใบรายการถามตอบ ใบกิจกรรมพร้อมแนวคำตอบ และเฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. สื่อการเรียนการสอน ซึ่งจัดทำมาให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาโดยจัดทำเป็นเพาเวอร์พอยต์ประกอบการสอนหรือประกอบการอธิบายกับผู้เรียนกลุ่มใหญ่

3. แบบฝึกหัด และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2.3 ประโยชน์ของชุดการสอน

ชุดการสอนมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนอยู่หลายประการ นักการศึกษาได้กล่าวถึงประโยชน์ของชุดการสอนไว้ดังนี้

2.2.3.1 ช่วยลดภาระของครูผู้สอน เนื่องจากมีชุดการสอนสำเร็จอยู่แล้ว ผู้สอนจะดำเนิน การสอนตามคำแนะนำที่กำหนดไว้ให้ ผู้สอนไม่ต้องเสียเวลาในการทำสื่อการสอนใหม่ ทำให้ผู้สอน มีเวลาเตรียมการสอน และศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในเนื้อหาวิชาตามชุดการสอน ทำให้ผู้สอนมีประสบการณ์มากขึ้น อันจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการสอนของครู เพิ่มมากขึ้น

2.2.3.2 ทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ในแนวเดียวกัน ผู้สอนแต่ละคน จะมีความรู้ความสามารถในการถ่ายทอดเนื้อหาแตกต่างกัน ดังนั้นในเรื่องเดียวกันผู้เรียนอาจได้รับความรู้หรือรายละเอียดของเนื้อหาต่างๆ เป็นคนละแนวไม่เท่ากัน ซึ่งชุดการสอนมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน

มีเนื้อหา ข้อแนะนำเกี่ยวกับกิจกรรมและการใช้สื่อ ตลอดจนมีแบบทดสอบประเมินผลสัมฤทธิ์ไว้แล้วจะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้

2.2.3.3 ชุดการสอนช่วยให้เกิดประสิทธิภาพอย่างเชื่อถือได้ เนื่องจากสร้างขึ้นจากวิธีการเข้าสู่ระบบ (System Approach) โดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญหลายด้าน เช่น ด้านวิชาเฉพาะสาขานั้นๆ ด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา ด้านการวัดและประเมินผล รวมถึง ผู้สอน ผู้เรียนและผู้ปกครองร่วมกันสร้างชุดการสอนขึ้น ซึ่งมีการทดลองใช้และปรับปรุงจนกระทั่งแน่ใจว่าได้ผลดีหลายครั้งในสถานการณ์ที่กำหนด ก่อนที่จะนำออกมาใช้ทั่วไป ทำให้มั่นใจว่าผู้สอนได้ใช้ชุดการสอนที่มีประสิทธิภาพเชื่อถือได้ (ลัดดา, 2522 : 21)

สมหญิง (2529 : 72) ได้กล่าวไว้ว่า ชุดการสอนทุกประเภทย่อมให้คุณค่าแก่การเพิ่มคุณภาพการเรียนรู้

1. ในการถ่ายทอดเนื้อหา และประสบการณ์ที่มีลักษณะซับซ้อนเป็นนามธรรมได้ดี
2. เร้าความสนใจของผู้เรียนต่อการเรียนรู้ โดยมีส่วนร่วมในการเรียนด้วยตนเองและกลุ่มย่อย
3. ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น ฝึกการตัดสินใจ แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ฝึกความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
4. ช่วยสร้างความพร้อมและความมั่นใจแก่ผู้สอน เพราะชุดการสอนได้ผลิตอย่างมีระบบและมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ได้ทุกเวลา

จากคำกล่าวของนักการศึกษาข้างต้น พอจะสรุปได้ว่า ชุดการสอนมีประโยชน์คือ ช่วยลดภาระในการเตรียมการสอนของผู้สอน ทำให้สามารถค้นคว้าเนื้อหาเพิ่มเติมได้ช่วยเพิ่มความมั่นใจในการให้เนื้อหาที่ซับซ้อน ผู้เรียนได้รับความรู้เป็นมาตรฐานเดียวกันและทำให้ประสิทธิภาพในการสอนเชื่อถือได้

2.3 การสร้างชุดการสอน

การสร้างชุดการสอนโดยทั่วไปมีขั้นตอนที่สำคัญ 10 ขั้นตอน ดังนี้ (ไชยยศ, 2526 : 199)

2.3.1 กำหนดหมวดหมู่เนื้อหาและประสบการณ์ อาจกำหนดเป็นหมวดวิชาหรือสหวิทยาการตามความเหมาะสม

2.3.2 กำหนดหน่วยการสอนแบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็นหน่วยการสอน โดยประมาณเนื้อหาวิชาที่ผู้สอนสามารถถ่ายทอดแก่ผู้เรียนได้ในหนึ่งสัปดาห์ หรือหนึ่งครั้ง

2.3.3 กำหนดหัวเรื่อง ในการสอนแต่ละหน่วย ผู้สอนต้องการให้ประสบการณ์อะไรบ้างกับผู้เรียน แล้วกำหนดหัวเรื่องออกมาเป็นหน่วยการสอนย่อย

2.3.4 กำหนดมโนมติ (Concept) หรือหลักการ (Principle) หลักการที่กำหนดต้องสอดคล้องกับหน่วยและหัวเรื่อง โดยสรุปรวมแนวความคิด เนื้อหาหลัก และหลักเกณฑ์ที่สำคัญไว้ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดเนื้อหาที่สอนให้สอดคล้องกัน

2.3.5 กำหนดวัตถุประสงค์ในการสอน จะกำหนดให้สอดคล้องกับหัวเรื่องโดยกำหนดเป็นวัตถุประสงค์ทั่วไปก่อนแล้วจึงเขียนเป็นวัตถุระสงค์เชิงพฤติกรรม และต้องมีหลักเกณฑ์การเปลี่ยนพฤติกรรมไว้ด้วย

2.3.6 กำหนดกิจกรรมการเรียน ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกและผลิตสื่อการเรียนการสอน

2.3.7 กำหนดแบบประเมินผล เป็นการประเมินผล ให้ตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้แบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ เพื่อให้ผู้สอนทราบว่าหลังผ่านกิจกรรมแล้วผู้เรียนมีการเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

2.3.8 เลือกและผลิตสื่อการสอน วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการที่ผู้สอนเลือกใช้ ถือเป็นสื่อการสอนทั้งสิ้น เมื่อผลิตการสอนแต่ละหัวเรื่องแล้ว ต้องจัดสื่อการสอนนั้นให้เป็นหมวดหมู่ ก่อนนำไปทดลองหาประสิทธิภาพต่อไป

2.3.9 หาประสิทธิภาพของชุดการสอนที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เพื่อเป็นหลักประกันว่าชุดการสอนที่สร้างนั้นมีประสิทธิภาพใช้ในการสอนได้ โดยการกำหนดเกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพต้องคำนึงถึง “กระบวนการ” และ “ผลลัพธ์” เป็นหลัก

2.3.10 การใช้ชุดการสอน ชุดการสอนที่ได้ปรับปรุงและมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้วสามารถนำไปใช้สอนผู้เรียนได้ตามประเภทของชุดการสอนและตามระดับการศึกษา โดยกำหนดขั้นตอนการใช้ได้ดังนี้ (สมหญิง, 2529 : 70-71)

2.3.10.1 ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน

2.3.10.2 เข้าสู่บทเรียน

2.3.10.3 ประกอบกิจกรรมการเรียน

2.3.10.4 สรุป

2.3.10.5 ทำแบบทดสอบหลังเรียน

จากข้อมูลที่ได้ศึกษามา สรุปได้ว่า การสร้างชุดการสอน จะทำได้โดยการนำเอาข้อมูลที่ได้จากหลักสูตรและคำอธิบายรายวิชา มาออกแบบชุดการสอน โดยมีวิธีการคือ

1. วิเคราะห์เนื้อหา
2. วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
3. กำหนดเนื้อหาวิชาที่จะใช้สอนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

4. สร้างใบเนื้อหาและแบบฝึกหัด

5. จัดทำแผนการสอน โดยการกำหนดวิธีการสอน กิจกรรม สื่อที่ใช้ ตลอดจนการทำแบบฝึกหัดให้สอดคล้องกับเวลาและเนื้อหาในการสอนแต่ละครั้ง

6. ออกแบบและสร้างสื่อการสอนให้สอดคล้องกับแผนการสอนที่ได้จัดทำไว้

7. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.4 หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้สื่อการเรียนการสอน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักเกณฑ์ในการเลือกใช้ และผลิตสื่อการเรียนการสอน มีนักการศึกษาได้ กล่าวถึงหลักเกณฑ์ในการเลือกใช้ และผลิตสื่อการเรียนการสอนไว้ดังนี้

สื่อการเรียนการสอน มาจากคำว่า สื่อ (Media) และการเรียนการสอน (Instruction) คำว่า สื่อ หมายถึง ตัวกลาง ส่วนคำว่า การเรียนการสอน หมายถึง กระบวนการแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดและทัศนคติระหว่างครูกับผู้เรียน ดังนั้น สื่อการเรียนการสอน จึงหมายถึง ตัวกลาง ที่ใช้ให้ได้ผลดีตรงตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน (ลัดดา, 2522 : 60)

สื่อการสอน หมายถึง ตัวกลางช่วยนำ และถ่ายทอดความรู้จากครูผู้สอน หรือจากแหล่งความรู้ไปยังผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนที่ตั้งไว้ (กิดานันท์, 2531 : 76) สื่อการเรียน หมายรวมถึง หนังสือเรียน คู่มือการสอน วัสดุอุปกรณ์ สถานที่รวมทั้งกิจกรรมนอกเหนือ (กิจกรรมพิเศษ) กิจกรรมเสริมบางอย่าง เอกสาร สิ่งพิมพ์

นอกจากคำว่า สื่อ แล้วยังมีคำว่า อุปกรณ์ช่วยสอนอีก โดยมีความหมายดังนี้ อุปกรณ์ช่วยสอน (Teaching Aids) หมายถึง อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้เป็นสื่อที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น อุปกรณ์ช่วยสอนมีอยู่มากมายหลายชนิด ซึ่งครูผู้สอนจะต้องตัดสินใจเลือกนำมาใช้เพื่อให้เหมาะสมกับบทเรียน (พิสิฐ และธีรพล, 2531 : 132)

ในการเรียนการสอนที่ดี จะต้องให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ การใช้สื่อเป็นตัวกลางทำให้ผู้สอนสามารถส่งหรือถ่ายทอดความรู้ เจตคติและทักษะไปสู่ผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้ศึกษาการสร้างและหลักเกณฑ์ในการเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนซึ่งมีดังนี้

2.4.1 ประเภทของสื่อการสอน

การจำแนกประเภทสื่อการสอน หรืออุปกรณ์ช่วยสอนแบบต่างๆ สามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้ (กิดานันท์, 2531 : 78-79)

2.4.1.1 สื่อประเภทวัสดุ (Software) หมายถึงสื่อที่เก็บความรู้อยู่ในตัวเอง ซึ่งจำแนกย่อยได้เป็น 2 ลักษณะ

ก) วัสดุประเภทที่สามารถถ่ายทอดความรู้ได้ด้วยตัวเอง โดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์อื่นช่วย เช่น แผนที่ ลูกโลก รูปภาพ หุ่นจำลอง ฯลฯ

ข) วัสดุประเภทที่ไม่สามารถถ่ายทอดความรู้ได้ด้วยตัวเอง จึงจำเป็นต้องอาศัย อุปกรณ์อื่นช่วย เช่น แผ่นเสียง ฟิล์มภาพยนตร์ สไลด์ ฯลฯ

2.4.1.2 สื่อประเภทอุปกรณ์ (Hardware) หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวผ่านที่ทำให้ข้อมูลหรือความรู้ที่อยู่ในวัสดุ สามารถถ่ายทอดออกมาใช้หรือเรียนรู้ได้ เช่น เครื่องฉายสไลด์ เครื่องฉายภาพยนต์ เครื่องเล่นแผ่นเสียง เป็นต้น

2.4.1.3 สื่อประเภทเทคนิคและวิธีการ (Techniques and Methods) หมายถึง สื่อที่มีลักษณะเป็นแนวคิดหรือรูปแบบขั้นตอนในการเรียนการสอน ซึ่งไม่มีลักษณะเป็นวัสดุหรืออุปกรณ์ แต่ก็สามารถใช้สื่อ วัสดุ และอุปกรณ์เหล่านั้นมาใช้ช่วยในการดำเนินการได้ เช่น การสอนแบบจุลภาค การจัดระบบ การสาธิต เป็นต้น

การจำแนกตามลักษณะต่างๆ เหล่านี้เป็นการแบ่งหมวดหมู่หรือจัดประเภทเท่านั้น ส่วนสื่อที่ใช้ประกอบการเรียนการสอน โดยทั่วไปเรียงลำดับตามความถี่ในการใช้ตามชนิดต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้ กระดานดำ(Chalk Board) หนังสือตำรา / ใบเนื้อหาและใบงาน (Book or Text / Information and Work Sheet) แผ่นภาพ (Wall Chart) แผ่นใส (Transparency) ของจริง (Real Object) หุ่นจำลอง (Model) ภาพสไลด์ (Slide) ภาพยนตร์ / วิดีโอ (Film / Video)

หลักเกณฑ์ในการเลือกสื่อการสอน

ในชุดการสอน สื่อการเรียนการสอน นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอย่างหนึ่งที่จะทำให้ชุดการสอนมีประสิทธิภาพสูงหรือต่ำ ดังนั้นในการสร้างชุดการสอนจะต้องเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสม

สุชาติ (2526 : 51) ได้ให้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกสื่อการเรียนการสอนไว้ 5 ประการ คือ สื่อการเรียนการสอนจะต้อง

1. มีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน
2. มีความเหมาะสมกับระดับการแสดงออกของผู้เรียน
3. มีความเหมาะสมกับเนื้อหาความรู้
4. ช่วยแนะแนวทางในการเรียน
5. มี Software ที่สัมพันธ์กับ Hardware

สุนันท์ (2526 : 17-18) กล่าวถึง หลักในการเลือกสื่อการเรียนการสอนว่า ในการเลือกใช้สื่อการสอนแต่ละครั้ง ครูควรพิจารณาถึงความเหมาะสมของสื่อการสอน แต่ละชนิดในเรื่องต่อไปนี้

1. ความเหมาะสม สื่อที่ใช้นั้นเหมาะสมกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของการสอนหรือไม่

2. ความถูกต้อง สื่อที่ใช้จะช่วยให้นักเรียนได้ข้อสรุปที่ถูกต้องหรือไม่

3. ความเข้าใจ สื่อที่ใช้นั้นช่วยให้นักเรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล และให้ข้อมูลที่ถูกต้องกับนักเรียนหรือไม่

4. ประสบการณ์ที่ได้รับ สื่อที่ใช้นั้นช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์ให้แก่นักเรียนหรือไม่

5. เหมาะสมกับวัย ระดับความยากง่ายของเนื้อหาที่บรรจุในสื่อนั้นๆ เหมาะสมกับระดับความสามารถ ความสนใจ และความต้องการของผู้เรียนหรือไม่

6. เที่ยงตรงในเนื้อหา สื่อนั้นช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาที่ถูกต้องหรือไม่

7. ใช้การได้ดี ถ้าจะนำสื่อนั้นมาใช้จะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนรู้ได้ดีหรือไม่

8. คุ้มกับราคา ผลที่ได้จะคุ้มกับเวลา เงินและการจัดเตรียมสื่อนั้นหรือไม่

9. ตรงกับความต้องการ สื่อนั้นช่วยให้นักเรียนร่วมกิจกรรมตามที่ครูต้องการหรือไม่

10. ช่วงเวลาความสนใจ สื่อนั้นช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในช่วงเวลาที่นานพอ สมควรหรือไม่

ไชยยศ (2526 : 157) กล่าวถึงหลักในการเลือกสื่อการเรียนการสอนว่า

1. สื่อต้องสัมพันธ์กับจุดหมายและเรื่องที่สอน

2. สื่อต้องเหมาะสมกับความรู้และประสบการณ์ของผู้เรียน

3. เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียน

4. เนื้อหาและวิธีใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน

5. น่าสนใจ ทันสมัยและไม่ซับซ้อน

6. เนื้อหามีความถูกต้อง

7. เทคนิคการผลิตดี เช่น ในเรื่องที่เกี่ยวกับขนาด สี เสียง ภาพ ความเป็นจริง และการจูงใจเป็นต้น

8. เป็นสื่อที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน

9. สามารถนำเข้าร่วมในการเรียนการสอนได้อย่างดี

10. ถ้ามีสื่อการสอนหลายอย่างในเรื่องเดียวกัน ให้พิจารณาว่าสื่อใดเหมาะสมที่สุด ที่จะทำให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้เรียนได้ดีที่สุด ในเวลาอันสั้นที่สุด

ลัดดา (2523 : 67-68) ได้กล่าวถึงหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกสื่อการเรียนการสอนไว้อีก 4 ประการ พอสรุปได้ดังนี้ คือ

1. เลือกสื่อที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน

2. เลือกสื่อที่สอดคล้องกับลักษณะการตอบสนอง และพฤติกรรมขั้นสุดท้ายของผู้เรียนที่คาดหวังจะให้เกิดขึ้น

3. เลือกสื่อการเรียนการสอนที่มีความเหมาะสมกับความสามารถ และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนแต่ละคน

4. เลือกสื่อและอุปกรณ์ที่พอจะหาได้ ไม่จำเป็นต้องเป็นสื่อที่มีราคาแพงเสมอไป

จากหลักเกณฑ์ ในการพิจารณาเลือกสื่อการเรียนการสอน ที่นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวไว้สรุปได้ว่า หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้และผลิตสื่อการเรียนการสอน คือ ต้องมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การสอน กิจกรรมการเรียนการสอน ระดับของผู้เรียน และสื่อที่เลือกใช้ควรมีหลากหลาย สะดวกในการจัดหาและสามารถผลิตได้ด้วยราคาไม่แพง

2.5 การสร้างใบเนื้อหา

จากผลการวิจัยพบว่าผลการรับรู้ หรือความเข้าใจในการเรียนรู้เนื้อหาสามารถผ่านโสตประสาททั้ง 5 ในอัตราที่แตกต่างกัน โสตประสาทที่มีผลต่อการเรียนรู้ที่สำคัญ ผ่านทางตาและหู ซึ่งมนุษย์สามารถรับรู้เนื้อหาผ่านทางสายตาได้มากถึง 75% และทางการได้ยิน 15% ผลจากการวิจัยนี้ทำให้เกิดแนวความคิดในการพัฒนาวิธีการให้เนื้อหาโดยใช้สื่อผ่านทางโสตประสาทตาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้มากกว่าผ่านทางหูหรืออื่นๆ อุปกรณ์ช่วยสอนที่จะใช้ตอบสนองแนวความคิดดังกล่าวได้แก่ สื่อที่เป็นสิ่งพิมพ์ (Printer Materials) เช่น ใบเนื้อหา ใบงาน กิจกรรม เป็นต้น

ใบเนื้อหาหรือใบบอกกล่าว เป็นเอกสารประกอบการเรียนการสอนสำหรับใช้ควบคู่อุปกรณ์วิธีการ กิจกรรมต่างๆ เพื่อสรุปบทเรียน หรือเพื่อให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาด้วยตนเอง ดังนั้นใบเนื้อหาจึงมีทั้งเฉพาะคำบรรยาย หรือมีเฉพาะภาพ หรือมีทั้งสองอย่างปนกัน

2.5.1 กิจกรรมของผู้เรียนขณะใช้ใบเนื้อหา

2.5.1.1 ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาตามที่ครูผู้สอนกำหนดให้

2.5.1.2 แก้ปัญหาด้วยตัวเอง หรือวิเคราะห์ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม

2.5.1.3 ผู้เรียนสามารถลำดับเนื้อหาได้ตามความต้องการ

2.5.1.4 เป็นตัวแทนของกลุ่มในการอธิบายแก่ผู้เรียนร่วมชั้น

2.5.1.5 เขียนคำตอบลงในใบเนื้อหาตามความคิดของตนเอง

2.5.2 ลักษณะของการใช้ใบเนื้อหาประกอบการสอน

2.5.2.1 ใช้สำหรับผู้เรียนศึกษาด้วยตัวเองในชั้นเรียน ทำให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วมพร้อมกันกับการควบคุมชั้นเรียนทำได้โดยการตั้งคำถามและกำหนดให้ตอบ

2.5.2.2 ใช้เป็นบทเรียนด้วยตนเองนอกเวลาเรียน เหมาะสำหรับผู้เรียนที่เรียนไม่ทันเพื่อร่วมชั้น หรือบทเรียนที่ต้องการศึกษาเพิ่มเติม

2.5.2.3 ใช้เป็นเนื้อหาแทนการลอกจากกระดานดำของผู้เรียน จะเป็นการประหยัดเวลาในการเรียนการสอน

2.5.2.4 ใช้เป็นเอกสารประกอบการเรียนการสอนแบบถาม-ตอบ หรือเป็นเอกสารอ้างอิงทั่วไป

2.5.3 ลักษณะทางเทคนิคของใบเนื้อหา

2.5.3.1 ต้องใช้วัสดุและอุปกรณ์ในการสร้าง เช่น กระดาษ กระดาษไข เครื่องโรเนียว เครื่องถ่ายเอกสาร เป็นต้น

2.5.3.2 ต้องเตรียมต้นฉบับโดยการเขียนด้วยมือ พิมพ์ดีด หรือใช้อุปกรณ์อื่นๆช่วย เช่น ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปร่วมกับไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

2.5.3.3 การลอกภาพและเนื้อหาจากหนังสือโดยตรง ต้องใช้อุปกรณ์ช่วย

2.5.3.4 ใช้กับผู้เรียนได้มากไม่จำกัดจำนวน

2.5.4 หลักในการสร้างใบเนื้อหา การสร้างใบเนื้อหาประกอบการเรียนการสอนจะมีหลักการพิจารณา ดังนี้

2.5.4.1 เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนโดยตรง

2.5.4.2 ใช้คำง่ายๆ ได้ใจความ

2.5.4.3 มีเหตุผลและอ้างอิงตามความจำเป็น

2.5.4.4 ใช้ประโยคสั้นๆ กะทัดรัดแทนประโยคยาวๆ

2.5.4.5 ใช้ภาพแทนคำบรรยายในกรณีที่ทำได้

2.5.4.6 คำบรรยายที่เกี่ยวข้องกับภาพ ต้องสมบูรณ์พอเพียงที่จะให้ถอดเนื้อหาจากภาพได้

2.5.4.7 เนื้อหารายละเอียด อ่านแล้วต้องเข้าใจได้โดยไม่ต้องมีการอธิบายปากเปล่าเพิ่มเติม (มนต์ชัย, 2530 : 75 - 78)

2.6 การสร้างแบบทดสอบ

การทดสอบหรือการสอบเพื่อวัดผลใดๆ ให้ดีมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับนั้นจะต้องมีเครื่องมือวัดผลที่เหมาะสม ซึ่งเครื่องมือในการวัดผลการเรียนรู้นั้นคือ แบบทดสอบ

แบบทดสอบ หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่สร้างอย่างมีระบบเพื่อใช้วัดพฤติกรรมของนักเรียนอาจจะวัดทางด้านสมอง (Cognitive Domain) ทางด้านอารมณ์ (Affective Domain) และทางด้านของความเคลื่อนไหวทางด้านร่างกาย (Psychomotor Domain) (ล้วน และอังคณา, 2538 : 170)

2.6.1 ลักษณะการสอบแบบอิงกลุ่มและอิงเกณฑ์

2.6.1.1 การสอบแบบอิงกลุ่ม (Norm-Referenced Testing) เป็นการสอบเพื่อบรรยายหรือพรรณนาผลการสอน ในรูปของความสัมพันธ์ของตำแหน่งที่ผู้นั้นได้รับไปเปรียบเทียบกับกลุ่ม เช่น สอบได้ที่ 5 ในจำนวน 50 คน หรือสอบได้ที่ 85 ใน 100 คน เป็นต้น ไม่ว่าสอบในช่วงไหนเมื่อแปลผลการสอบในลักษณะนี้ เรียกว่า เป็นการวัดแบบอิงกลุ่ม ดังนั้นชื่อของการสอบจึงเป็นแบบสอบไล่ (Final Examination) หรือสอบหลังจากเรียนในรายวิชานั้นๆ แล้ว บางที่เรียกว่าการสอบรวม หรือการสอบปลายภาคเรียน (Summative Testing)

2.6.1.2 การสอบแบบอิงเกณฑ์ (Criterion - Referenced Testing) เป็นการสอบเพื่อพรรณนาผลการสอบเฉพาะอย่าง ว่าผลเป็นอย่างไร ตีความหมายแบบสัมบูรณ์ (Absolute) มากกว่าแบบสัมพัทธ์ (Relative) เพื่ออ้างอิงสู่พฤติกรรมของผู้เรียนซึ่งนิยามกรอบเฉพาะเอาไว้เป็นอย่างดี การสอบแบบอิงเกณฑ์จึงเกี่ยวพันกับการสอนเพื่อการเรียนรู้ (Mastery Learning) การที่กำหนดเกณฑ์มาตรฐานหรือเกณฑ์บางอย่าง จึงเกี่ยวกับการเรียนรู้เป็นสำคัญ(Mastery or Nonmastery) เช่น พิมพ์หนังสือได้ 40 ตัวใน 1 นาที ไม่มีผิด เกณฑ์ที่จะกำหนดว่าเรียนรู้หรือไม่เรียนรู้ ผ่านหรือไม่ผ่านนั้น มีวิธีการหลายวิธี การสอบแบบนี้ใช้เพื่อตรวจสอบดูว่ากระบวนการเรียนรู้การสอนในจุดประสงค์ย่อยหนึ่งๆ เป็นอย่างไรควรผ่านหรือควรหาทางเสริมอะไรเพิ่มขึ้นให้ผู้เรียน เพื่อจะได้ผ่านจุดประสงค์นี้ เป็นการสอบระหว่างการเรียนการสอน บางทีเรียกว่าการสอบย่อย (Formative Testing) การเขียนข้อสอบอาจแตกต่างจากการวัดผลแบบอิงกลุ่มบ้างเล็กน้อยในกระบวนการทำให้ข้อสอบเพื่อวัดจุดประสงค์หรือกรอบ (Domain) ของความรู้นั้นชัดเจนยิ่งขึ้น

2.6.2 ลักษณะของแบบทดสอบที่ดี ต้องมีลักษณะดังนี้

2.6.2.1 ความเที่ยงตรง (Validity) เป็นคุณลักษณะของแบบทดสอบที่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้อง ตรงตามความมุ่งหมาย

2.6.2.2 ความเชื่อมั่น (Reliability) คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบจะต้องมีความคงที่ในการวัด ไม่ว่าจะทดสอบสิ่งเดียวกันกี่ครั้ง ผลที่ได้จะต้องมีความคงเส้นคงวา

2.6.2.3 ความยากของข้อสอบ (Difficulty) พอเหมาะ ไม่ยากหรือง่ายเกินไป

2.6.2.4 อำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นลักษณะของข้อสอบที่สามารถจำแนกนักเรียนออกตามความสามารถ

2.6.2.5 ความเป็นปรนัย (Objectively) ข้อสอบที่มีข้อความเป็นปรนัยจะมีคุณสมบัติ 3 ประการ คือ

ก) มีความแจ่มชัดในคำถาม ผู้สอบอ่านคำถามแล้วมีความเข้าใจตรงกัน

ข) การตรวจให้คะแนนตรงกันไม่ว่าใครจะเป็นผู้ตรวจ หรือตรวจเมื่อใด

ค) แปลความหมายตรงกัน

2.6.2.6 ถามลึก (Searching) ควรถามให้ผู้เรียนรู้จักหาเหตุผล ในการค้นหาคำตอบ

2.6.2.7 คำถามมีลักษณะยั่วยุ (Exemplary) ข้อสอบต้องมีลักษณะท้าทายให้ผู้เรียนอยากทำ ไม่ง่ายหรือยากจนเกินไป ไม่ซ้ำซากจนน่าเบื่อหน่าย และควรเรียง ข้อสอบจากง่ายไปยาก

2.6.2.8 ความยุติธรรม (Fairness) แบบทดสอบที่ดีต้องให้ความเสมอภาคกัน ไม่เปิดโอกาสให้ผู้สอบได้เปรียบหรือเสียเปรียบ ไม่ลำเอียงเข้ากับกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง

2.6.2.9 มีลักษณะเฉพาะ (Specificity) ผู้สอบสามารถตอบข้อสอบได้ถูกต้อง ต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ในเรื่องนั้นๆ โดยไม่ได้ใช้สามัญสำนึกก็ตอบได้

2.6.2.10 มีประสิทธิภาพ (Efficiency) แบบทดสอบที่มีประสิทธิภาพจะให้ประโยชน์คุ้มค่าที่สุด โดยใช้เวลาแรงงานและเงินน้อยที่สุด (กานดา, 2528 : 51-52)

2.6.3 ชนิดของแบบทดสอบ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการตอบ ดังนี้

2.6.3.1 แบบอัตนัย (Subjective or Essay Test) เป็นแบบทดสอบที่จะต้องให้ผู้สอบรวบรวมจัดระเบียบความคิดในการตอบ เหมาะสำหรับการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การตรวจให้คะแนนขึ้นอยู่กับอารมณ์ของผู้ตรวจและใช้เวลามาก ข้อสอบอัตนัยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

ก) แบบไม่จำกัดคำตอบเป็นข้อสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้อย่างอิสระ

ข) แบบจำกัดคำตอบ เป็นข้อสอบที่ถามแบบเจาะจงต้องการคำตอบเฉพาะ

2.6.3.2 แบบปรนัย (Objective Test) มีคุณสมบัติที่สำคัญคือความเป็นปรนัย กล่าวคือ มีคำถามชัดเจน ทุกคนอ่านแล้วตีความได้ตรงกัน การตรวจให้คะแนนมีเกณฑ์ที่แน่นอน ไม่ว่าจะตรวจเมื่อใดหรือใครตรวจจะได้คะแนนที่คงที่เสมอ ถ้าพิจารณาข้อสอบแบบปรนัยตามลักษณะโครงสร้างของคำถามและคำตอบแล้วอาจแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ แบบเขียนตอบ (Supply Type) และแบบเลือกตอบ (Selection Type) ดังนี้

ก) ข้อสอบแบบเขียนตอบ ประกอบด้วย

1. ข้อสอบเติมคำ
2. ข้อสอบตอบสั้น

ข) แบบเลือกตอบ ประกอบด้วย

1. ข้อสอบถูกผิด
2. ข้อสอบจับคู่
3. ข้อสอบเลือกตอบ

2.6.4 ประเภทของแบบทดสอบ

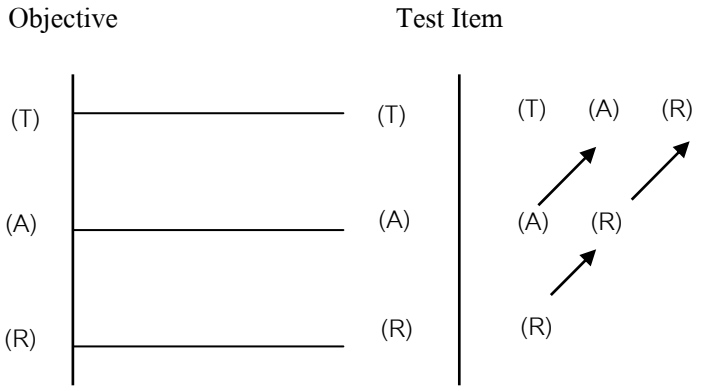
เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนในแต่ละบทเรียนหรือทั้งรายวิชาจะต้องมีการวัด และประเมินผล เพื่อดูว่าผู้เรียนมีผลบรรลุตามวัตถุประสงค์การสอนที่วางหรือไม่การวัดและการประเมิน ผลแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

2.6.4.1 การวัดและประเมินผลความก้าวหน้าในการเรียน มีจุดมุ่งหมายคือ ต้องการทราบว่าผู้เรียนแต่ละคนมีการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ครบถ้วนเพียงใด เพื่อนำข้อมูลที่ได้ดังกล่าวมาปรับปรุงการเรียนการสอน หรือนำมาจัดกิจกรรมซ่อมเสริมให้แก่ผู้เรียนอีกครั้งหนึ่ง

2.6.4.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีจุดมุ่งหมายคือ ต้องการทราบว่าผู้เรียนแต่ละคนมีความสามารถตามวัตถุประสงค์ที่สำคัญของรายวิชานั้นๆ มากน้อยเพียงใด เพื่อจะนำข้อมูลที่ได้ไปจัดแบ่งระดับผู้เรียน พิจารณาผู้ใดผ่านหรือไม่ผ่านในรายวิชานั้นๆ ต่อไป ดังนั้นจึงเรียกแบบทดสอบที่ใช้วัดความก้าวหน้าในการเรียนโดยเฉพาะว่า “แบบทดสอบวัดความก้าวหน้า” (Progressive Test) และ “แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์” (Achievement Test) (สุราษฎร์, 2530 : 117-118)

2.6.5 การสร้างแบบทดสอบวัดความก้าวหน้า

2.6.5.1 ปริมาณของข้อสอบตามวัตถุประสงค์นั้นปกติจะถือว่า ข้อสอบที่ดีนั้นจะต้องวัดตรงตามระดับของวัตถุประสงค์ อย่างน้อยที่สุด วัตถุประสงค์ละ 1 ข้อ ปัญหาในการสร้างข้อสอบแบบนี้คือ ถ้าหากนำข้อสอบซึ่งวัดความสามารถระดับส่งถ่ายความรู้ (Transfer Knowledge) ไปวัดผลผู้เรียนแล้วผู้เรียนทำข้อทดสอบนั้นไม่ได้ จะหมายความว่าผู้เรียนคนนั้นไม่บรรลุผลการเรียนในระดับนำความรู้ไปใช้ (Apply Knowledge) และระดับฟื้นคืนความรู้ (Recall Knowledge) ด้วยหรือไม่ จากปัญหาดังกล่าวจึงมีข้อสังเกตว่า สำหรับข้อสอบในแบบทดสอบวัดความก้าวหน้าในการเรียนนั้น ไม่ควรมีเพียงข้อเดียวใน 1 วัตถุประสงค์ (โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุประสงค์ในระดับนำความรู้ไปใช้งานและส่งถ่ายความรู้) เพราะให้รายละเอียดเกี่ยวกับความรู้หรือความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนไม่ได้ ดังนั้นวิธีการที่จะทำให้ได้ข้อมูลมากขึ้น ทำได้โดยการออกข้อสอบให้มากขึ้นในวัตถุประสงค์ระดับสูงๆ ดังภาพ 2-1



ภาพที่ 2-1 ระดับวัตถุประสงค์การสอนกับจำนวนข้อสอบที่ใช้วัด

2.6.5.2 ปริมาณของข้อสอบตามเงื่อนไขของวัตถุประสงค์ ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นที่จะต้องมีข้อสอบหลายข้อในแต่ละวัตถุประสงค์ โดยจะนำมาซึ่งข้อมูลจากการสอบที่แสดงถึงสมรรถภาพที่แท้จริงของผู้เรียนได้ บางวัตถุประสงค์มีเงื่อนไขหรือขอบเขตที่จะทำให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมในทางที่ต้องการเพียงอย่างเดียว แต่มีบางวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมหลายอย่าง ดังนั้นในการออกข้อสอบผู้สอนจะต้องคำนึงถึงขอบเขตของวัตถุประสงค์ด้วยว่า จะออกข้อสอบจำนวนเท่าใดจึงจะวัดผลได้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์แต่ละข้ออย่างแท้จริง

2.6.5.3 ลักษณะสำคัญของแบบทดสอบวัดความก้าวหน้า การวัดและประเมินจะกระทำทันทีที่บทเรียนนั้นสิ้นสุดลง และจะต้องบอกให้ผู้เรียนทราบด้วยว่า ตัวเขาเองบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้มากน้อยเพียงใด จึงต้องเป็นแบบทดสอบที่ตรวจคำตอบได้ง่าย โดยทั่วไปแล้วจะนิยมสร้างเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย (สุราษฎร์, 2530 : 119-124)

2.6.6 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังจากการเรียนการสอนวิชาต่างๆ แล้วจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการวัด และประเมินผลผู้เรียนว่ามีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนมากน้อยเพียงใดเพียงพอที่จะศึกษาต่อไปหรือไม่ หรือว่าควรจะเรียนซ้ำในรายวิชานั้นๆ อีกครั้ง ดังนั้นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงต้องอาศัยเครื่องมือที่มีคุณภาพ ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดสร้างดังนี้

2.6.6.1 วิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนทั้งหมดของวิชา การวัดผลสัมฤทธิ์มีข้อจำกัดในเรื่องเวลาจำเป็นจะต้องตัดบางวัตถุประสงค์ที่มีความสำคัญน้อยออกไป สร้างเฉพาะข้อสอบที่สำคัญและมีความจำเป็นจริงๆ โดยเขียนวัตถุประสงค์ทั้งหมดของรายวิชานั้นๆ ไว้ในตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน(Objective Listing Sheet) ตรวจสอบดูว่าวัตถุประสงค์แต่ละข้อเน้นให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมในการเรียนรู้สูงถึงระดับใด ใช้สัญลักษณ์แทนความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียน ตามที่ระบุไว้ในวัตถุประสงค์โดยให้ R แทนวัตถุประสงค์ในระดับฟื้นคืนความรู้ A

แทนระดับนำความรู้ไปใช้งาน T แทนระดับส่งถ่ายความรู้และระดับความสำคัญของวัตถุประสงค์การสอนแต่ละข้อ ให้แทนด้วยสัญลักษณ์ X I O และน้ำหนักตามความสำคัญเป็น 3 2 1 แต้ม สำหรับวัตถุประสงค์การสอนที่มีความสำคัญมาก สำคัญรองลงมาและสำคัญน้อยที่สุด ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน (Objective Listing Sheet)

หัวข้อ	วัตถุประสงค์การสอน	LS	X I O	3 2 1	จำนวน
1	1. 2. (เขียนข้อความวัตถุประสงค์การสอน) 3.	R A T	O I X	1 2 3	6
รวม				6	6

2.6.6.2 การสร้างตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบ (Test Blueprint) หลังจากวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนแล้ว จะนำข้อมูลมาใส่ในตาราง วิเคราะห์ออกข้อสอบ ซึ่งจะเป็นแผนผังสำหรับครูใช้ในการพิจารณาออกข้อสอบ มีส่วนประกอบสำคัญ คือ รายการวัตถุประสงค์การสอนที่ระบุไว้ในแต่ละหัวข้อเรื่อง (Topic) ของวิชา รายการลำดับความสามารถทางสติปัญญา (Level of Intellectual Skill) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์การสอนแต่ละหัวข้อที่ต้องการ และจำนวนข้อสอบที่วัดพฤติกรรมตามระดับของวัตถุประสงค์การสอนต่างๆ

ส่วนจำนวนข้อสอบที่วัดนั้นมีความสัมพันธ์อยู่กับเวลาที่กำหนดไว้ สำหรับการสอนวิชานั้นๆ เวลาที่ใช้ในการสอบมากจำนวนข้อสอบที่จะวัดมีจำนวนมากด้วย ในขั้นตอนการคำนวณจำนวนข้อของข้อสอบ โดยคิดว่าแต่ละนาทีให้ออกข้อสอบเป็นปรนัยเลือกตอบ 1 ข้อ ปรับปรุงข้อมูลตารางเพื่อออกข้อสอบเป็นแบบอัตนัยร่วมด้วย ก็ทำได้หลังจากพิจารณาแล้วเห็นว่าวัตถุประสงค์การสอนข้อนั้นควรออกข้อสอบเป็นแบบอัตนัย

เมื่อได้จำนวนข้อสอบแล้วนำมาคำนวณหาจำนวนข้อสอบ โดยเทียบจำนวนข้อสอบกับจำนวนแต้มสำคัญ จะได้จำนวนแต้มสำคัญต่อข้อสอบ 1 ข้อ จากนั้นพิจารณาวัตถุประสงค์การสอนในแต่ละหัวเรื่อง จากการเทียบกับอัตราส่วนแต้มสำคัญกับข้อสอบดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบ (Test Blueprint)

หน่วยที่	ระดับความรู้			แต้ม	จำนวน	เลือก
	ฟื้นคืนความรู้	ประยุกต์	ส่งถ่ายความรู้			
หัวข้อที่ 1						
1.	O			7	3	ตัด
2.		X(2)				2
3.			X(1)			1
หัวข้อที่ 2						
1.	I(1)					1
2.	0			9	3	ตัด
3.		X(1)				1
4.		X(1)				1

จากตารางที่ 2-2

ข้อสอบ 6 ข้อ มีแต้มสำคัญ เท่ากับ 16 แต้ม

ข้อสอบ 1 ข้อ มีแต้มสำคัญ เท่ากับ 2.66 แต้ม

2.6.6.3 การเลือกข้อสอบที่เหมาะ กับระดับวัตถุประสงค์ข้อสอบ ที่ใช้วัดความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้อสอบ อัตนัยและข้อสอบ ปรนัย การที่จะเลือกข้อสอบแบบไหน วัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนนั้น ให้พิจารณาดังนี้

ก) ระดับของวัตถุประสงค์การสอน ข้อสอบแบบปรนัยเลือกตอบสร้างขึ้นเพื่อวัดระดับฟื้นคืนความรู้ ระดับนำความรู้ไปใช้งานทำได้ง่าย แต่การสร้างเพื่อวัดระดับการส่งถ่ายความรู้อาจทำได้ยาก จึงควรใช้ข้อสอบแบบอัตนัยซึ่งสามารถใช้วัดได้ตั้งแต่ระดับพื้นความรู้จนถึงระดับส่งถ่ายความรู้ได้ดี ดังนั้นถ้าพิจารณารายละเอียดของวัตถุประสงค์การสอนแล้วถ้าเห็นว่าวัตถุประสงค์แบบส่งถ่ายความรู้ข้อใด ต้องอาศัยวัตถุประสงค์การสอนระดับอื่นๆ เป็นพื้นฐานหรือมีส่วนเกี่ยวข้องกันอยู่ ก็อาจออกข้อสอบอัตนัยวัดผลได้

ข) เวลาในการจัดสร้างและตรวจให้คะแนนในการสอบแต่ละครั้ง มีการใช้เวลาน้อยมากในการออกข้อสอบอัตนัย 4-5 ข้อ เพื่อใช้วัดผลในรายวิชาหนึ่งๆ เมื่อเทียบกับการสร้างข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 80 ข้อ ในวิชาเดียวกัน แต่เมื่อเทียบเวลาในการตรวจให้คะแนนจะเห็นว่า ต้องใช้เวลาในการตรวจให้คะแนนข้อสอบแบบอัตนัยมากกว่า ดังนั้นเวลาจึงเป็นข้อกำหนดเบื้องต้นประการหนึ่งสำหรับครูผู้ออกข้อสอบ กล่าวคือถ้าผู้ออกข้อสอบมีเวลาในการ

เตรียมตัวออกข้อสอบน้อย แต่มีเวลาตรวจให้คะแนนหลังสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ควรออกข้อสอบอัตนัยวัดผลได้ แต่ถ้ามีเวลาในการออกข้อสอบมาก และมีเวลาในการตรวจให้คะแนนน้อย การใช้ข้อสอบแบบปรนัยวัดผลจะเหมาะสมมากกว่า

ค) จำนวนผู้เข้าสอบในแต่ละครั้ง ถ้าผู้เข้าสอบมีจำนวนน้อยและข้อสอบที่ใช้ไม่ได้นำไปใช้กับกลุ่มอื่นๆ อีกต่อไปก็อาจจะใช้ข้อสอบแบบอัตนัยวัด หากผู้เข้าสอบมีจำนวนมากและข้อสอบที่ใช้นั้นจำเป็นต้องนำไปใช้กับกลุ่มอื่นๆอีก ข้อสอบที่ใช้วัดก็ควรเป็นข้อสอบแบบปรนัย เพราะผู้สอบจะจำข้อสอบแบบปรนัยจำนวนมากได้ยากกว่าจำข้อสอบแบบอัตนัยเพียง 4-5 ข้อ

ง) ข้อพิจารณาในการสร้างข้อสอบ การออกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของผู้เรียนในวิชาต่างๆ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องสร้างข้อสอบจำนวนมาก เพื่อทำให้ออกข้อสอบละเอียดง่ายขึ้น จึงควรที่จะออกข้อสอบแต่ละข้อแยกไว้ข้อละแผ่น พร้อมจัดเตรียมคำตอบเฉลยและการให้คะแนนเอาไว้ด้วย (สุราษฎร์, 2530 : 125-131)

2.7 การหาประสิทธิภาพชุดการสอน (เสาวณีย์**,** 2526 : 56-57)

การหาประสิทธิภาพชุดการสอน ที่ได้จากการวัดผลค่าคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งหมดจากการทำแบบฝึกหัดหลังบทเรียนทุกหัวข้อเรื่อง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยมีการกำหนดเกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพไว้หลากหลาย คือ 80/80 85/85 และ 90/90 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของรายวิชาและเนื้อหาที่นำมาสร้างชุดการสอนดังนี้

2.7.1 ถ้าเนื้อหาที่ค่อนข้างยาก การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอนที่สร้างขึ้นไว้ที่ 80/80 หรือ 85/85

80 ตัวแรก คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่วัดได้จากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนทุกหัวเรื่องรวมกันโดยคิดเป็นร้อยละ

80 ตัวหลัง คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่วัดได้จาก การทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนครบทุกหัวเรื่อง โดยคิดเป็นร้อยละ

2.7.2 ถ้าเนื้อหาง่าย หรือเป็นชุดการสอนที่พัฒนาขึ้น การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพจะตั้งไว้ที่ 90/90

90 ตัวแรก คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่วัดได้จากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนทุกหัวเรื่องรวมกันโดยคิดเป็นร้อยละ

90 ตัวหลัง คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่วัดได้จาก การทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนครบทุกหัวเรื่อง โดยคิดเป็นร้อยละ

2.8 ทฤษฎีวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง

ทฤษฎีวิชา เครื่องขยายเสียงและลำโพง ประกอบด้วย 3 หน่วยการเรียน 13 หัวข้อ ดังนี้

หน่วยที่ 1 วงจรขยายเสียง แบ่งออกเป็น 5 หัวข้อ คือ

หัวข้อที่ 1 ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายเสียง

พื้นฐานของอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

ประการแรก ได้แก่การทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัว เช่น ทรานซิสเตอร์, ตัวต้านทาน, หม้อแปลง, ตัวเก็บประจุ เป็นต้น

ประการที่สอง คือหลักการทำงานของวงจรเมื่อมีอุปกรณ์หลายตัวต่อรวมกันเป็นวงจร เช่น วงจรปรีแอมป์, วงจรเพาเวอร์แอมป์ เป็นต้น

1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ P และสาร N เหมือนไดโอด เพียงแต่มีหัวต่อสองหัว ส่วนไดโอดนั้นมีหัวต่อเดียว

2. ความหมายของสัญลักษณ์, ทิศทางการไหลของกระแส

หัวลูกศรที่ใช้เป็นสัญลักษณ์ของไดโอดและทรานซิสเตอร์นั้น จะมีทิศทางการไหลของกระแส ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า (กระแสไฟฟ้าที่กล่าวถึงนี้ไหลในทิศทางตรงกันข้ามกับกระแสอีเลคตรอน) ผ่านไดโอดกระแสจะไหลในทิศทางตามลูกศรที่เป็นสัญลักษณ์ของไดโอด การที่เราต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าในทิศทางตามลูกศรของไดโอดนี้เรียกว่า “ไบอัสตรง” (FORWORD BIAS) ถ้าเรากลับขั้วของแหล่งจ่ายไฟ กระแสจะไหลไม่ได้เพราะกระแสจะพยายาม

ไหลย้อนลูกศรเรียกว่า “ไบอัสกลับ” (REVERSE BIAS) หลักการของทรานซิสเตอร์เหมือนไดโอด คือลูกศรสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์อยู่ที่อีมิตเตอร์ ดังนั้นชนิด NPN กระแสจะไหลออกจากขา E ส่วนชนิด PNP กระแสจะไหล

กระแสที่ไหลผ่านจากขา B ไปขา E (NPN) หรือจากขา E ไปขา B (PNP) เรียกว่า “กระแสเบส” (I_B) กระแสที่ไหลจากขา C ผ่านหัวต่อ C – B และหัวต่อ B – E (NPN) หรือไหลจากขา E ผ่านหัวต่อ E – B และหัวต่อ B – C เรียกว่า “กระแสคอลเลคเตอร์” (I_C) และผลรวมกระแส I_B และ I_C ที่ขา E เรียกว่า “กระแสอีมิตเตอร์” (I_E)

โดยปกติ I_B มีค่าน้อยมาก และประมาณ 1 ใน 100 ของ I_C เท่านั้น และ I_E มากกว่า I_C อยู่เล็กน้อยตามสมการ

$$I_E = I_C + I_B$$

องค์ประกอบของเส้นโหลดลายน์

การออกแบบและคำนวณค่าอุปกรณ์ต่อร่วมจำเป็นที่จะต้องทราบถึงแนวทางและวิธีการออกแบบ โดยการออกแบบนั้นจะต้องใช้กราฟเส้นโหลดลายน์ (Load line) เข้ามาช่วยในการออกแบบในการกำหนดจุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ กราฟเส้นโหลดลายน์จะประกอบไปด้วย

1. แกนแนวนอนเป็นแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย (V_{CC}) ในแนวแกนนี้จะมีข้อสังเกตในการกำหนดจุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ (V_{CE})
2. แกนแนวตั้งเป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านทรานซิสเตอร์ที่ขา คอลเลคเตอร์ (I_C)
3. เส้นแนวนอนเป็นค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านทรานซิสเตอร์ที่ขา เบส (I_B)
4. เส้นในแนวกระแสสูงสุด (I_C) ไปจนถึง แนวแรงดันของแหล่งจ่ายสูงสุด (V_{CC}) จะเรียกว่าเส้นโหลดลายน์

สภาวะจุดการทำงานบนเส้นโหลดลายน์

เมื่อต้องการทำการออกแบบวงจรขยายเสียงโดยใช้ทรานซิสเตอร์ สภาวะของการทำงานของทรานซิสเตอร์ถูกแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

1. สภาวะทำงาน
2. สภาวะไม่ทำงาน
3. สภาวะอิ่มตัว

หัวข้อที่ 2 วงจรขยายคลาส เอ

คุณสมบัติและหลักการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ

หลักการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ เป็นการจัดวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ให้มีจุดการทำงานอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นโหลดลายน์ คือค่าแรงดัน V_{CE} เท่ากับครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่าย หรือเป็นครึ่งหนึ่งของ V_{CC} องค์ประกอบของวงจรและค่าต่างๆ ที่ได้จากการออกแบบคือ ตัวต้านทานที่ขา B มีค่าเท่ากับ 101.5 KΩ ตัวต้านทานที่ขา C มีค่าเท่ากับ 270 Ω ค่าแรงดัน V_{CE} เท่ากับ 6 V ซึ่งการออกแบบวงจรขยายได้กำหนดจุดการทำงานของแรงดัน V_{CE} ไว้ที่ ครึ่งหนึ่งของ V_{CC}

สัญญาณที่ได้จากการขยายของวงจรขยายคลาส เอ จะกลับเฟสกับสัญญาณอินพุท และสัญญาณที่ได้จะขยายได้ทั้งซีกบวกและซีกลบ เนื่องจากการกำหนดจุดการทำงานไว้ที่ครึ่งของ V_{CC} ทำให้การขยายสัญญาณเป็นได้ทั้ง ค่าบวกและค่าลบของสัญญาณอินพุท แต่การขยายสัญญาณที่ได้มีขีดจำกัดในการขยาย เพราะจุดการทำงานถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน ทำให้เกณฑ์การขยายจึงมีค่าไม่มากนัก แต่ก็ถือได้ว่าสัญญาณที่ป้อนเข้าวงจรขยายแบบคลาส เอ เอาท์พุทที่ได้ยังเป็นสัญญาณที่สมบูรณ์เหมือนกับอินพุท

วงจรขยายคลาส เอ นิยมใช้ทำเป็นวงจรขยายภาคแรกหรือภาคต้นๆ ของวงจรขยายเสียงกำลังที่ไม่ต้องการอัตราขยายมากนัก จากคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ จะสังเกตเห็นว่าเมื่อกำหนดจุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ไว้ที่ครึ่งของ V_{CC} ดังนั้นขณะที่ยังไม่มีสัญญาณอินพุทเข้ามาจะทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสอยู่ตลอดเวลา หรือเรียกง่ายๆว่า กินไฟฟ้าตลอดเมื่อเปิดเครื่อง แสดงว่าการจัดวงจรขยายคลาสเอจะสิ้นเปลืองพลังงานอยู่ตลอดเวลา

หัวข้อที่ 3 วงจรขยายคลาส บี

คุณสมบัติและหลักการทำงานของวงจรขยายคลาส บี

หลักการทำงานของวงจรขยายคลาส บี เป็นการจัดวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ให้มีจุดการทำงานอยู่ที่แกนแหล่งจ่ายที่จุด V_{CC} ของเส้นโหลดลายน์ คือค่าแรงดัน V_{CE} เท่ากับ V_{CC}

จุดการทำงานและการออกแบบวงจรขยายคลาส บี

การจัดวงจรขยายคลาส บี ที่ขา B ของทรานซิสเตอร์จะไม่ต่อกับแหล่งจ่ายภายนอก เสมือนว่าขา B ลอยอยู่ ทำให้ไม่มีกระแส I_B ไหลเข้าที่ตัวทรานซิสเตอร์ จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน กระแส I_C ไม่ไหล แรงดัน V_{CE} เท่ากับแหล่งจ่าย แต่เมื่อมีสัญญาณทางอินพุทจ่ายให้กับขา B ค่าแรงดันและกระแสที่ได้จากสัญญาณจะเป็นตัวกำหนดการทำงานของทรานซิสเตอร์

สัญญาณและข้อดีข้อเสียของวงจรขยายคลาส บี

องค์ประกอบของวงจรและค่าต่างๆ ที่ได้จากการออกแบบคือ ตัวต้านทานที่ขา C ของทรานซิสเตอร์ NPN มีค่าเท่ากับ 1 KΩ ตัวต้านทานที่ขา C ของทรานซิสเตอร์ PNP มีค่าเท่ากับ 1 KΩ จากการจัดไบอัสแบบนี้จำเป็นที่จะต้องใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว และ 2 ชนิด เพื่อให้สัญญาณที่ได้ทางเอาท์พุทมีทั้งซีกบวกและซีกลบ เหมือนกับสัญญาณอินพุทที่เข้าวงจรขยาย ข้อดีของวงจรขยายคลาส บี สัญญาณที่ได้ทางเอาท์พุทมีขนาดใหญ่กว่าวงจรขยายคลาส เอ ถึง 2 เท่า เนื่องจากทำการขยายแบบแยกสัญญาณและใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว และการทำงานของวงจรขยายคลาส บี จะไม่สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากกรณีที่ไม่มีสัญญาณอินพุทวงจรขยายคลาส บี จะไม่นำกระแส ทำให้วงจรจะทำงานก็ต่อเมื่อมีสัญญาณอินพุทเท่านั้น แต่วงจรขยายคลาส บี มีข้อเสียตรงที่สัญญาณที่ได้ทางเอาท์พุทไม่ต่อเนื่องหรือเรียกว่า Crossover Distortion

การเกิดอาการผิดเพี้ยนของสัญญาณ เกิดมาจากการจัดไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ไม่ครบ ถ้าสังเกตุจากจุดการทำงานบนเส้นโหลดลายน์ จะเห็นว่าจุดการทำงานอยู่บนแกน V_{CC} แสดงว่าไม่มีกระแส I_B เลย หรือกระแส I_B เท่ากับ 0 A จากการจัดไบอัสแบบนี้ทำให้แรงดัน V_{BE} ไม่เท่ากับ 0.7 V จึงส่งผลให้ค่ากระแสและแรงดันที่จ่ายมาจากสัญญาณอินพุท จะมาชดเชยค่ากระแสและแรงดันให้กับทรานซิสเตอร์ สัญญาณที่ได้ทางเอาท์พุทจึงเกิดรอยต่อของสัญญาณทางซีกบวกและซีกลบ ค่าแรงดันที่ต้องชดเชยจะมีค่าเท่ากับ 1.4 V เพราะวงจรขยายคลาส บี ใช้ทรานซิสเตอร์ จำนวน 2 ตัว

หัวข้อที่ 4 วงจรขยายคลาส เอ บี

คุณสมบัติและหลักการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ บี

หลักการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ บี เป็นการจัดวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ให้มีจุดการทำงานอยู่เหนือแกนแหล่งจ่ายของเส้นโหลดลายน์ คือค่าแรงดัน V_{CE} เท่ากับ V_{CC} - 0.7 V ทั้งนี้ค่าแรงดันจะเปลี่ยนแปลงไปตามเบอร์ของทรานซิสเตอร์ที่นำมาใช้ การจัดวงจรขยายคลาส เอ บี จะถูกออกแบบให้มีค่าแรงดันชดเชยค่าแรงดัน V_{BE} ของทรานซิสเตอร์ ทั้ง 2 ชนิด เพื่อเป็นการแก้ไขสัญญาณที่ผิดเพี้ยนจากรอยต่อของสัญญาณเอาท์พุทจากวงจรขยายคลาส บี แสดงว่าทรานซิสเตอร์จะถูกไบอัสไว้ที่ขา B ที่พอเหมาะ เมื่อเวลาสัญญาณอินพุทป้อนเข้าทรานซิสเตอร์ก็สามารถทำการขยายได้ทันทีทั้งซีกบวกและซีกลบ การจัดไบอัสแบบนี้นิยมใช้กันในปัจจุบัน

หัวข้อที่ 5 วงจรขยายหลายภาค

คุณสมบัติและหลักการทำงานของวงจรขยายหลายภาค

จากวงจรขยายทั้ง 3 แบบ จะเห็นว่าอัตราการขยายยังไม่สูงมากนักจึงจำเป็นที่จะต้องมีการออกแบบวงจรขยายให้มีอัตราการขยายที่สูงขึ้น โดยปกติการจัดวงจรขยายเสียงนิยมจัดอยู่ในคลาส เอ บี ดังนั้นการเพิ่มอัตราขยายก็ต้องออกแบบให้วงจรมีการขยายแต่ละซีกของสัญญาณมีอัตราที่สูงขึ้น หรืออีกวิธีก็ใช้การขยายที่ละภาคโดยการเพิ่มอัตราที่ละเล็กน้อย สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบก็คือทรานซิสเตอร์ที่นำมาใช้ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการขยายแต่ละภาค และสัญญาณเอาท์พุทที่ได้ควรที่จะไม่มีการผิดเพี้ยน

จุดการทำงานและการออกแบบวงจรขยายหลายภาค

จากวงจรขยาย ส่วนอินพุทจะมีตัวต้านทาน 2 ตัว ต่อลักษณะแบ่งแรงดันของสัญญาณอินพุทเพื่อมิให้สัญญาณที่มีระดับแรงดันต่ำกว่าผ่านออกทางเอาท์พุท ทรานซิสเตอร์ตัวแรกถูกจัดให้ทำงานในคลาส บี คือรอสัญญาณอินพุทเพียงอย่างเดียว สัญญาณที่ได้ส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปวงจรชดเชยสัญญาณหรืออาจเรียกได้ว่าเป็นวงจรปรับแต่งสัญญาณ โดยใช้ตัวเก็บประจุ 2 ตัว ทรานซิสเตอร์ภาคสุดท้ายทำหน้าที่ขยายในคลาส เอ ที่มีอัตราขยายสูงขึ้น

สัญญาณและข้อดีข้อเสียของวงจรขยายหลายภาค

นอกจากการขยายแต่ละภาคที่ใช้การจัดวงจรแบบเชื่อมต่อโดยตรงหรือเป็นการจัดวงจรขยายคลาส เอ แล้วนั้น ยังมีการออกแบบการจัดวงจรขยายที่เป็นแบบการจัดวงจรขยายคลาส เอ บี ที่ใช้หลักการขยายแบบแยกสัญญาณซีกบวกและซีกลบ ซึ่งจะให้อัตราการขยายที่สูงกว่าแบบเชื่อมต่อตรงและประหยัดพลังงานมากกว่า จึงเป็นที่นิยมมากกว่าในการขยายภาคสุดท้าย ส่วนแบบเชื่อมต่อตรงจะนิยมใช้กับภาคขยายภาคต้นหรือใช้กับการขยายที่ไม่ต้องการอัตราขยายสูงมากนัก

หน่วยที่ 2 วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง แบ่งออกเป็น 5 หัวข้อคือ

หัวข้อที่ 1 วงจรปรีไมค์

ไมโครโฟนเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยจะให้สัญญาณเอาท์พุทประมาณ 1 mV ถึง 300 mV ขึ้นอยู่กับความต้านทานทางเอาท์พุท ถ้าไมโครโฟนประเภทความต้านทานเอาท์พุทสูง จะมีความต้านทานเอาท์พุตประมาณ 15 KΩ ถึง 30 KΩ และจะให้สัญญาณเอาท์พุทประมาณ 100 mV ถึง 250 mV ไมโครโฟนประเภทความต้านทานเอาท์พุทต่ำ จะมีความต้านทานเอาท์พุทประมาณ 150 Ω ถึง 600 Ω จะให้สัญญาณเอาท์พุทประมาณ 1 mV ถึง 10 mV ไมค์ประเภทความต้านทานเอาท์พุทสูงแม้ว่าจะให้สัญญาณเอาท์พุทสูงถึง 200 mV แต่ก็มีข้อเสียที่สัญญาณรบกวนสูง ใช้สายยาวเกิน 10 ฟุตไม่ได้เพราะจะเกิดสัญญาณรบกวนไมค์ประเภทความต้านทานต่ำ ให้สัญญาณเอาท์พุทประมาณ 2 mV จึงต้องมีปรีแอมป์ที่มีอัตราการขยายแรงดันอย่างน้อย 100 เท่า (40 dB) ให้มีแรงดันที่เอาท์พุทของปรีแอมป์อย่างน้อย 200 mV ซึ่งเหมาะกับอินพุทของภาคโทนคอนโทรลโดยทั่วไป

หัวข้อที่ 2 วงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม

ภาคปรับเสียงทุ้ม – แหลมจะปรับเสียงทุ้ม – แหลมได้ประมาณ + หรือ -8 dB ถึง + หรือ – 18 dB และยังขยายสัญญาณรวมประมาณ 25 dB ถึง 36 dB หรือจากอินพุทประมาณ 150 mV จะขยายเป็นประมาณ 2V ถึง10 V ปกติภาคนี้จะปรับเฉพาะเสียงทุ้มและเสียงแหลม

จะเห็นว่าความถี่ 1 kHz จะไม่มีการปรับเสียงทุ้ม จะปรับได้ตั้งแต่ 1 kHz ลงมา เสียงแหลมจะปรับได้ตั้งแต่ 1 kHz ขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากว่าที่ความถี่ขนาดกลาง (1 kHz และบริเวณความถี่ใกล้เคียง) เป็นบริเวณที่มีความถี่ที่หูคนไวต่อเสียงมากที่สุด และเป็นบริเวณความถี่ที่ชุดเครื่องเสียงทำงานได้ดีที่สุด มีประสิทธิภาพสูงสุดจึงไม่จำเป็นที่จะปรับระดับเสียงที่ความถี่นี้ ส่วนในบริเวณที่มีความถี่ต่ำและสูงนั้นมีปัญหาที่ว่าหูเรามีความไวน้อยหรือระบบเสียงมีประสิทธิภาพต่ำ เช่น ลำโพงขับเสียงเบสต่ำๆ (ต่ำกว่า 100 Hz) ไม่ออกเสียงแหลมเกิน 15 kHz ขับไม่ออก เครื่องขยายเสียงความถี่ต่ำและความถี่สูงได้ไม่ดีหรืออาจเป็นเพราะห้องฟังเสียงเพลงดูดกลืนเสียงแหลมมากเกินไป

หัวข้อที่ 3 วงจรขยายความแตกต่าง

วงจรขยายความแตกต่าง (Differential Amplifier)ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ Q_1 กับ Q_2 ทำหน้าที่ตรวจสอบกระแสไฟทั้งหมดในวงจรทั้งหมดให้ถูกต้อง และคอยเซตระบบแรงดันไฟดีซีทางออกลำโพงให้มีค่าเป็น 0 V อยู่ตลอดเวลา โดยมีอาร์เกือกม้า V_{R1} และตัวต้านทาน R_3 ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟคงที่ให้กระวงจรขยายความแตกต่างให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 ทำงานได้เท่าเทียมกัน ตัวต้านทาน R_1 กับ R6 ให้ใช้ค่า 56 KΩ จะทำหน้าที่จำกัดกระแสอินพุทให้กับทรานซิสเตอร์ Q_1

และ Q_2 ในส่วนของตัวต้านทาน R_4 และไดโอด D_1 จะทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟเกินให้กับวงจรขยายความแตกต่างนั่นเอง

หัวข้อที่ 4 วงจรขับสัญญาณและวงจรขยายกำลังสัญญาณ

เพาเวอร์แอมป์ ก็คือภาคขยายกำลังหรือภาคขยายเสียงภาคสุดท้ายก่อนส่งสัญญาณเสียงไปลำโพง หน้าที่ของเพาเวอร์แอมป์คือจะขยายสัญญาณเสียงที่ส่งมาจากปรี-โทนแอมป์ หรือ กราฟฟิคอิควอไลเซอร์ มาขยายสัญญาณให้แรงขึ้นทีละขั้นให้แรงที่สุดแบบไม่ผิดเพี้ยน

ภาคขยายกำลังที่ถูกสร้างขึ้นมานั้น ต้องการเพิ่มอัตราการขยายให้สูงขึ้นมากๆ โดยไม่ผิดเพี้ยนหรือมีความผิดเพี้ยนต่ำมากน้อยขึ้นอยู่กับการออกแบบวงจรขยาย บางแบบอาจผิดเพี้ยนมาก เช่น 0.5% หรือบางแบบผิดเพี้ยนน้อย เช่น 0.003% การเลือกซื้อควรซื้อเครื่องขยายที่มีความผิดเพี้ยนต่ำจึงถือว่าดี

หัวข้อที่ 5 กำลังของเพาเวอร์แอมป์

การวิเคราะห์รูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ

ไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ในการทดสอบในงานระบบเสียงจะใช้สัญญาณ Sine Wave เป็นหลักในการวิเคราะห์เพื่อหาค่าต่างๆ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการวิเคราะห์สัญญาณที่ใช้ในการทดสอบ โดยการวิเคราะห์เพื่อหาค่าจะมีค่าที่ใช้ในงานระบบเสียงอยู่ 3 ค่าคือ V_{p-p}, V_p, และV_{rms} ค่าความถี่เสียงที่หูคนเราได้ยินจะอยู่ในช่วง 20-20,000 Hz แต่ส่วนใหญ่มักจะใช้ค่าความถี่อยู่ที่ 1 kHz เนื่องจากเป็นค่าความถี่กลางและเป็นที่นิยมใช้ในการทดสอบเครื่องขยายเสียง เพื่อหาค่ากำลังในการขยาย โดยมีการทดสอบเพื่อหาค่ากำลังขยายกระทำโดยจะป้อนสัญญาณ Sine Wave ที่ความถี่ 1 kHz ให้กับเครื่องขยายเสียง เอาท์พุทของเครื่องขยายเสียงจะต่อกับ Dummy Load แล้วใช้ Oscilloscope วัดสัญญาณที่ตกคร่อม Dummy Load ขณะป้อนสัญญาณอินพุทสูงสุดแล้วสัญญาณเอาท์พุทที่ตกคร่อม Dummy Load แล้วสัญญาณสูงสุดที่ไม่ผิดเพี้ยน

หน่วยที่ 3 วงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ) แบ่งออกเป็น 3 หัวข้อ คือ

หัวข้อที่ 1 วงจรกรองความถี่

วงจรฟิลเตอร์หรือวงจรกรองสัญญาณไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญมาก ในกระบวนการทั้งอนาลอกและดิจิตอล ใช้สำหรับกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการออกและแยกสัญญาณที่มีความซับซ้อนออกมาเป็นส่วนๆ เพื่อป้อนเข้าสู่วงจรต่างๆ ของระบบต่อไป ซึ่งโดยพื้นฐานแล้ววงจรกรองสัญญาณไฟฟ้าก็เป็นเน็ตเวอร์ก (Network) ทางไฟฟ้าโดยประกอบขึ้นจากค่าอิมพีแดนซ์ของอุปกรณ์พื้นฐานอันได้แก่ ตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการวงจรFilter เป็นวงจรที่ใช้ในการกรองสัญญาณ โดยจะแบ่งเป็น 2 ประเภทหลักๆ ดังนี้ คือ

1. วงจร Passive Filter คือ วงจรกรองสัญญาณที่ประกอบด้วย Passive Component คือ R, L, C

2. วงจร Active Filter คือ วงจรกรองสัญญาณที่ประกอบด้วย Passive Component คือ R, C และ Active Component คือ Transistor, Op- Amp

วงจรกรองสัญญาณที่ใช้ในงานระบบเสียงมี 4 ลักษณะ คือ

1. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (LPF)
2. วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (BPF)
3. วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (HPF)

หัวข้อที่ 2 การออกแบบวงจรแยกสัญญาณเสียง

วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (LPF)

อาศัยคุณสมบัติของขดลวดเหนี่ยวนำ บางครั้งเรียกว่า โช้ค คุณสมบัติยอมให้ความถี่ต่ำผ่านได้ โดยมีสมการ

$$X_L = 2\pi f_c$$

เมื่อนำขดลวดมาต่ออนุกรมระหว่างสายสัญญาณเสียงขาเข้ากับวูฟเฟอร์ จะช่วยให้วูฟเฟอร์ได้รับสัญญาณเสียงที่เหมาะสมและประสิทธิภาพมากขึ้น การเลือกค่าของขดลวดเหนี่ยวนำซึ่งมีค่าในหน่วยของ มิลลิเฮนรี่ (mH)

วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (BPF)

เป็นการนำวงจรกรองความถี่สูง และวงจรกรองความถี่ต่ำมาต่ออนุกรมกันที่สัญญาณเข้าของมิดเรนจ์ โดยเลือกค่า f_c ของตัวเก็บประจุและขดลวดให้สัมพันธ์กันในการกำหนดช่วงความถี่ กล่าวคือ f_c ของตัวเก็บประจุควรมีค่าน้อยกว่า f_c ของขดลวดและช่วงระหว่างความถี่คัตออฟทั้งสองก็คือ ช่วงสัญญาณเสียงหรือแบนด์วิดธ์ที่มิดเรนจ์จะเปล่งออกนั่นเอง

วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (HPF)

มีลักษณะพื้นฐานประกอบด้วยตัวเก็บประจุ C เพียงตัวเดียวต่ออนุกรมกับสายสัญญาณก่อนเข้าทวีตเตอร์และตัวเก็บประจุมีคุณสมบัติยอมให้ความถี่สูงผ่านได้ เพราะค่ารีแอกแตนซ์ (Reactance) X_C มีค่าเป็น

$$X_C = 1/(2\pi f_c)$$

หัวข้อที่ 3 โปรแกรมออกแบบ Crossover Networks

โปรแกรมที่ใช้มีชื่อเรียกว่า TINA โดยทั่วไปจะใช้งานไม่ยากนัก ซึ่งนักศึกษาสามารถศึกษาจากโปรแกรมได้ด้วยตนเอง และฝึกการใช้โปรแกรมจากเอกสารประกอบ

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง และหาประสิทธิภาพของชุดการสอน เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชุดการสอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ชูชาติ (2545) ได้สร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า 2 เรื่อง อนุกรมฟูเรียร์ การแปลงฟูเรียร์ การประยุกต์ใช้งานฟูเรียร์ในวงจรไฟฟ้า และวงจรสองพอร์ต หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พุทธศักราช 2543 ผลการวิจัยพบว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.66/78.24 แบบฝึกหัดเป็นไปตามเกณฑ์ ส่วนแบบทดสอบต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ถือได้ว่ายังมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และเมื่อนำคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุธน (2545) ได้สร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาวงจรไฟฟ้า 2 เรื่องวงจรไฟฟ้า 3 เฟส หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2540 กรมอาชีวศึกษา ผลวิจัยปรากฏว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.87/82.45 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

อรอนงค์ (2545) ได้ทำการวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาการวิเคราะห์และออกแบบวงจรดิจิตอล หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิตสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พุทธศักราช 2543 ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.60/80.71 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด อีกทั้งชุดการสอนที่สร้างขึ้นนี้ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ .01

สุปราณี (2544) ทำการวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาระบบควบคุม หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนวิชาระบบควบคุม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการทำแบบฝึกหัดของกลุ่มตัวอย่างเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 81.25 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 81 แสดงว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.25/81 ซึ่งสูงกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ 80/80

ดิเรก (2543) ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาระบบโทรคมนาคม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พุทธศักราช 2535 ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอน วิชาระบบโทรคมนาคม ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.75/81.31 แสดงว่าชุดการสอนนี้ มีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ 80/80

ชูชาติ (2545) ได้สร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า 2 เรื่องอนุกรมฟูเรียร์ การแปลงฟูเรียร์ การประยุกใช้งานฟูเรียร์ในวงจรไฟฟ้า และวงจรสองพอร์ต หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พุทธศักราช 2543 ผลการวิจัยพบว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.66/78.24 แบบฝึกหัดเป็นไปตามเกณฑ์ ส่วนแบบทดสอบต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ถือได้ว่ายังมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และเมื่อนำคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เตือนใจ (2542) ได้สร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการวิเคราะห์วงจรข่ายตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พุทธศักราช 2538 ผลวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.02/80.32 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอน สรุปได้ว่า ชุดการสอนเป็นนวัตกรรมทางการศึกษา

เรวัต (2543) ได้ทำการวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการสื่อสารข้อมูลแบบเชิงดิจิตอล หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัญฑิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล โดยนำไปใช้กับนักศึกษาภาควิชาครุศาสตร์คอมพิวเตอร์ ระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพระนครเหนือ จำนวน 34 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนมีผลความก้าวหน้าทางการเรียนหลังบทเรียนของนักศึกษาโดยเฉลี่ย เท่ากับร้อยละ 83.60 ซึ่งเฉลี่ยสูงกว่าที่กำหนดไว้ร้อยละ 80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนจบ โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 80.78 ซึ่งเฉลี่ยเท่ากับที่กำหนดไว้ร้อยละ 80 จากการทดสอบด้วยสถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

อดิศร (2543) ได้ทำการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม 1 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล โดยนำไปใช้กับนักศึกษาแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิชาไฟฟ้า ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพระนครเหนือ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจาก

การทำแบบฝึกหัด โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 81.09 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทำแบบทดสอบ โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 81.09 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทำแบบทดสอบโดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 81.41 ซึ่งมีค่าสูงกว่าสมมติฐานที่กำหนดไว้ 80/80 ตามการทดสอบด้วยสถิติ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอน สรุปได้ว่า ชุดการสอนเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาอย่างหนึ่งที่มีประโยชน์สูง สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถแก้ไขปัญหาต่างๆ เกี่ยวกับการเรียนการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนการสอนวิชาทางด้านการแก้ปัญหาหรือการคำนวณ

ผลจากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง ที่ผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ดังกล่าวข้างต้น ทำให้ทราบถึงรายละเอียดของเนื้อหาเรื่องวงจรขยายเสียง, วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง และวงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ) ขั้นตอนการสร้างชุดการสอนให้มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน การเลือกกำหนดเกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพของชุดการสอน การเลือกสื่อการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม การกำหนดรูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่มีอยู่หลากหลายให้เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน และตรงตามเป้าหมายที่ผู้สอนได้วางไว้ ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทั้งร่างกายและจิตใจ และการสร้างแบบทดสอบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเอาหลักการต่างๆจากเอกสารและงานวิจัยเหล่านี้ มาเป็นแนวทางในการสร้างชุดการสอน วิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง (04-226-208) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ที่เป็นนวัตกรรมการศึกษาที่ซึ่งนำสื่อประสมที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาของหลักสูตร มาใช้ในระบบการเรียนการสอน มีรูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่หลากหลายโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีสื่อการเรียนการสอนที่ประกอบด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน(TINA)ร่วมกับงานนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ และชุดสาธิตเพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินตามขั้นตอนดังนี้

3.1 กำหนดแบบแผนการทดลอง

3.2 กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.3 สร้างชุดการสอน

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การกำหนดแบบแผนการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังบทเรียน ซึ่งมีลักษณะแบบแผนการทดลองดังนี้ (ล้วน และอังคณา 2538 : 249)

ตารางที่ 3-1 One Group Pretest Posttest Design

ทดสอบก่อนเรียน	ทดลอง	ทดสอบหลังเรียน
T_1	X	T_2

โดย T_1 หมายถึง การสอบก่อนเรียน

T_2 หมายถึง การสอบหลังเรียน

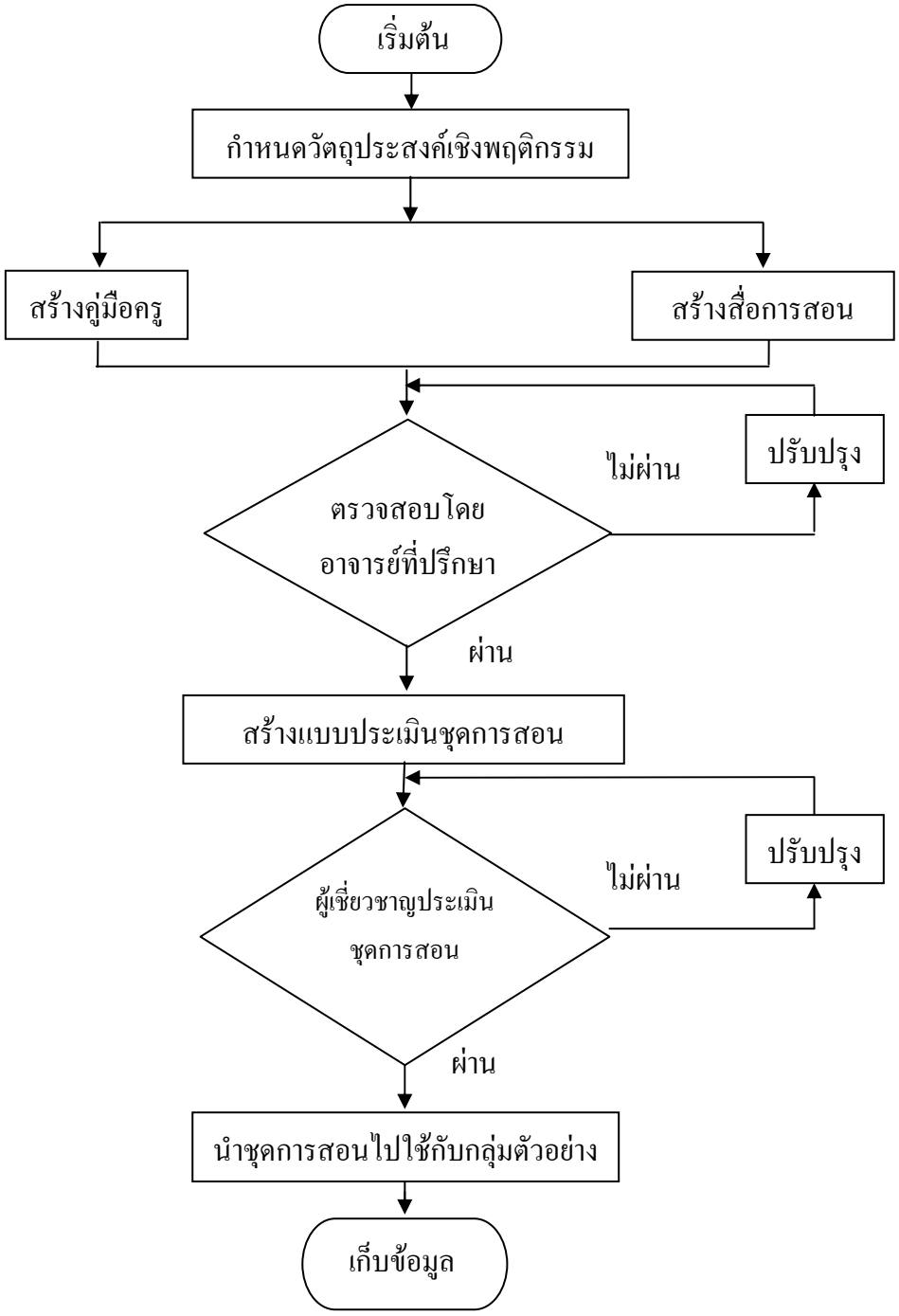
X หมายถึง กิจกรรมการใช้ชุดการสอน

3.2 กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักศึกษาลงทะเบียนเรียนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัสวิชา (04-226-208) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี จำนวน 22 คน ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

3.3 การสร้างชุดการสอน



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือในการวิจัย

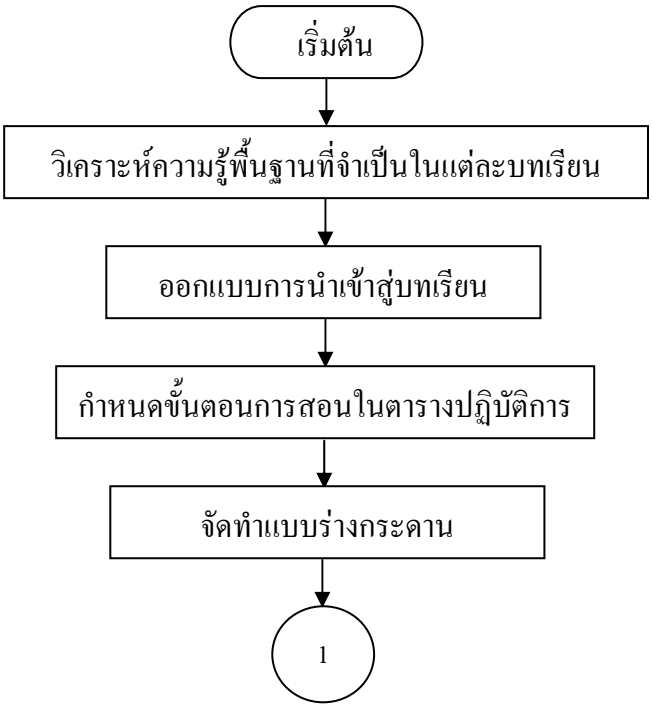
จากภาพที่ 3-1 สามารอธิบายได้ดังนี้

3.3.1 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

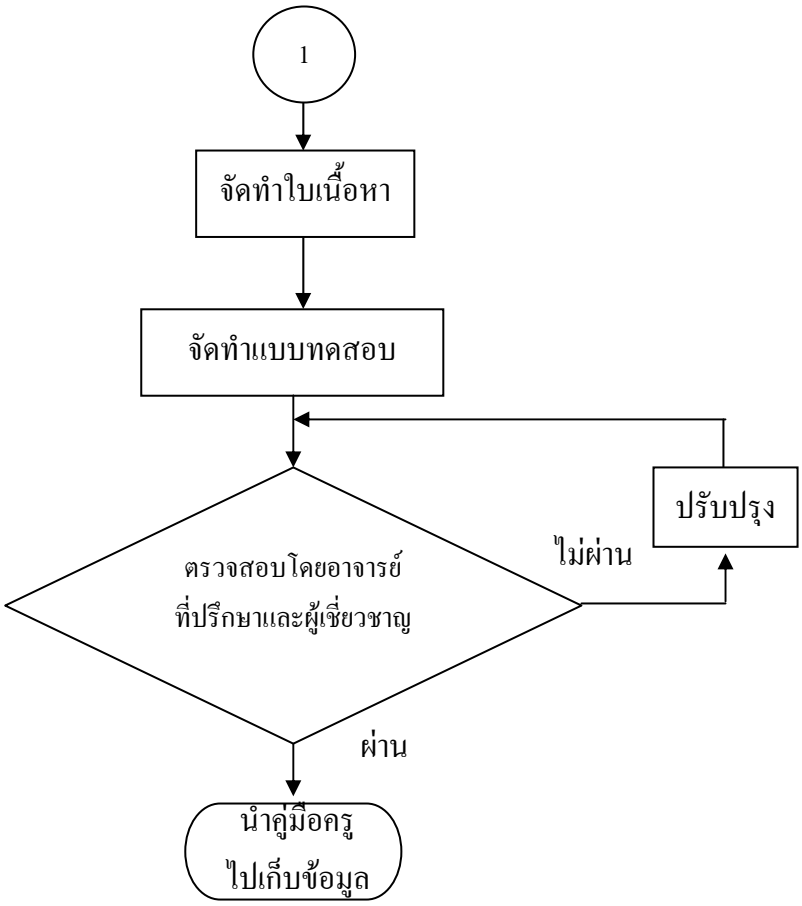
ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในแต่ละหัวเรื่อง เพื่อระบุถึงพฤติกรรมที่ต้องการให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลง หลังจากได้ผ่านกระบวนการเรียนการสอนในหัวเรื่องนั้นๆ และวิเคราะห์เนื้อหา โดยการนำหัวเรื่องจากการกำหนดโครงการสอนมาวิเคราะห์ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร ทำการหาน้ำหนักและความสำคัญของแต่ละหัวข้อเรื่อง เพื่อเป็นประโยชน์ในการสร้างข้อสอบให้ครอบคลุมเนื้อหา ตลอดจนเป็นแนวทางในการเลือกวิธีสอน กิจกรรม สื่อการสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาและพฤติกรรมที่มุ่งหวัง

3.3.2 สร้างคู่มือครู

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หลักสูตรและกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ผลจากการวิเคราะห์นำมาจัดทำคู่มือครูโดยมีขั้นตอนการจัดทำดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการสร้างคู่มือครู



ภาพที่ 3-2 (ต่อ)

จากภาพที่ 3-2 สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในแต่ละบทเรียน เป็นการกำหนดความรู้เดิมที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความรู้มาก่อนที่จะเรียนในบทเรียนนี้ต่อไป

2. การออกแบบการนำเข้าสู่บทเรียน โดยคิดออกแบบการสร้างปัญหาในแต่ละบทเรียนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจต่อการเรียน

3. การกำหนดขั้นตอนการสอนในตารางปฏิบัติการ เป็นการกำหนดเวลาให้สอดคล้องกับเนื้อหา และการสอนในแต่ละขั้นตอน (MIAP) ว่าจะใช้เวลากี่นาที เพื่อเป็นเกณฑ์ในการควบคุมเวลา โดยจะกำหนดเวลาหรือลักษณะกิจกรรมตามช่องที่กำหนด

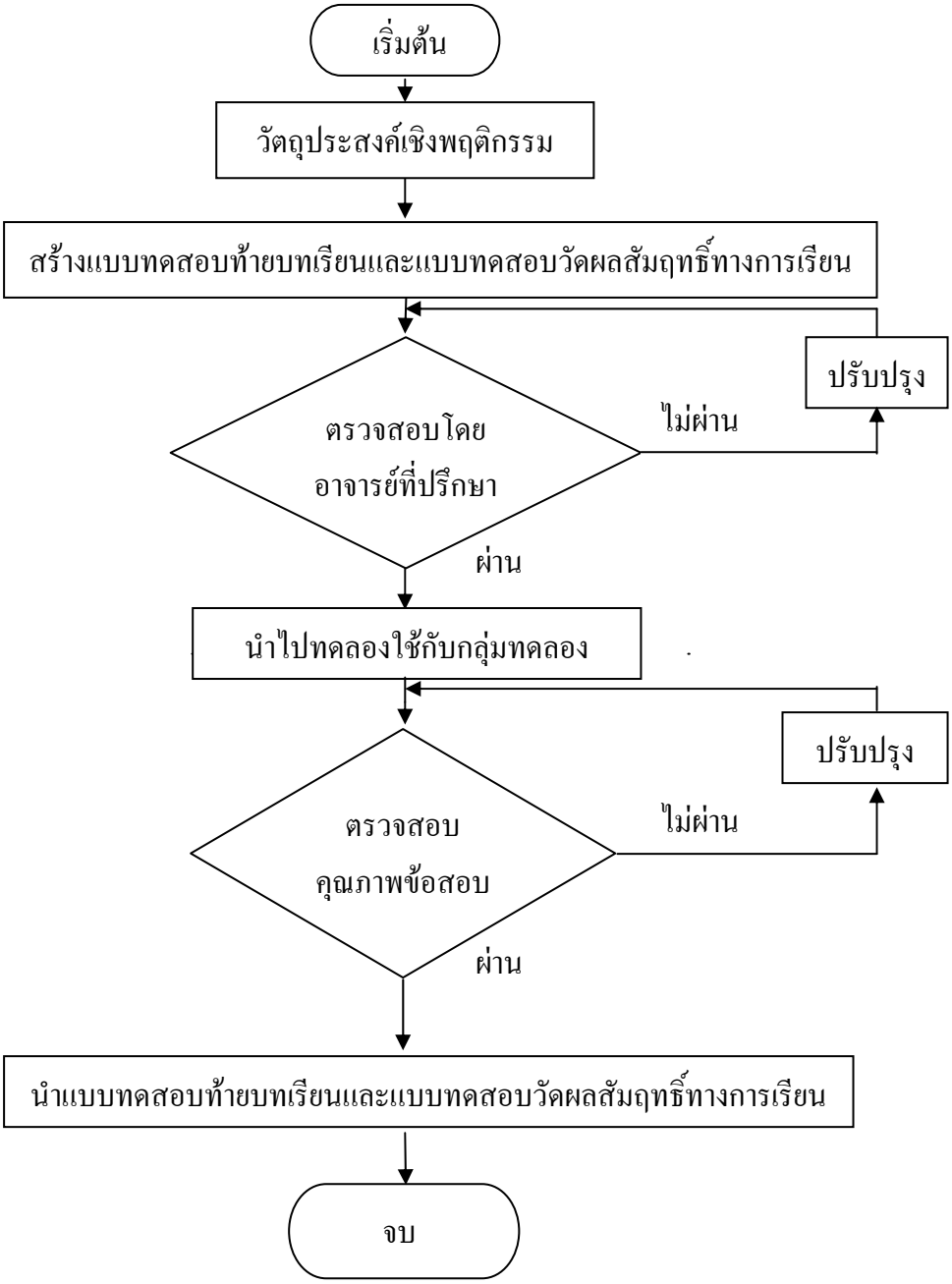
4. การจัดทำแบบร่างกระดาน โดยการจำลองเนื้อหาบนกระดานทั้งหมดที่ผู้สอนจะให้กับผู้เรียน

5. การจัดทำใบเนื้อหา ใบเนื้อหาเป็นเอกสารประกอบการสอน ซึ่งไว้สำหรับเพิ่มรายละเอียดที่ไม่สามารถเขียนบนกระดาน หรือแสดงเนื้อหาได้ทั้งหมด โดยการรวบรวมเอกสารต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับหัวข้อที่ต้องการให้ผู้เรียน เรียนรู้ ทั้งหมด 3 หน่วยเรียน โดยในหน่วยเรียนที่ 1 มีจำนวนใบเนื้อหา 35 หน้า หน่วยเรียนที่ 2 มีจำนวนใบเนื้อหา 47 หน้า หน่วยเรียนที่ 3 มีจำนวนใบเนื้อหา 19 หน้า รวมทั้งหมด 101 หน้า

6. การจัดทำแบบทดสอบ

แบบทดสอบชุดนี้ จะประกอบด้วยแบบทดสอบท้ายบทเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

แบบทดสอบท้ายบทเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นใบประเมินผลเพื่อวัดความก้าวหน้าในระหว่างการเรียนในแต่ละหัวเรื่อง ซึ่งสร้างขึ้นให้ตรงกับระดับการเรียนรู้และตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียนพร้อมเฉลย ผู้วิจัยได้สร้างเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือกโดยมีขั้นตอนในการสร้างดังในภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบท้ายบทเรียนและ
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากภาพที่ 3-3 สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. นำวัตถุประสงค์ที่ได้จากการวิเคราะห์เนื้อหา และการศึกษาจากหลักสูตรทั้งหมดมาลงในตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน (Objective Listing Sheet) เพื่อกำหนดระดับการเรียนรู้ ความสำคัญของแต่ละวัตถุประสงค์ (XIO) และระดับคะแนน (321) โดยพิจารณาจากความยากง่ายของเนื้อหาปริมาณเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ทำการรวบรวมน้ำหนักคะแนนในแต่ละวัตถุประสงค์เป็นน้ำหนักคะแนนสำคัญ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค) แล้วนำค่าน้ำหนักคะแนนที่ได้จากการประเมินความสำคัญ ตามระดับวัตถุประสงค์มาใส่ลงในตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบ (Test-Blueprint) เพื่อกำหนดจำนวนแบบฝึกหัดในแต่ละวัตถุประสงค์ โดยการกำหนดจำนวนข้อสอบตามน้ำหนักคะแนนสำคัญ หรือนำน้ำหนักคะแนนทุกหัวเรื่องรวมกัน แล้วกำหนดการออกข้อสอบตามจำนวนวัตถุประสงค์ ทำการหาค่าน้ำหนักคะแนนรายข้อ แล้วนำไปคำนวณจำนวนข้อสอบในแต่ละหัวเรื่อง

2. สร้างแบบทดสอบท้ายบทเรียนเพื่อใช้วัดความก้าวหน้าระหว่างเรียน โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากตารางวิเคราะห์ข้อสอบ นำมาสร้างแบบทดสอบ ให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้มาจากการวิเคราะห์ โดยได้แบบทดสอบมีจำนวน 120 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีจำนวน 100 ข้อ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค)

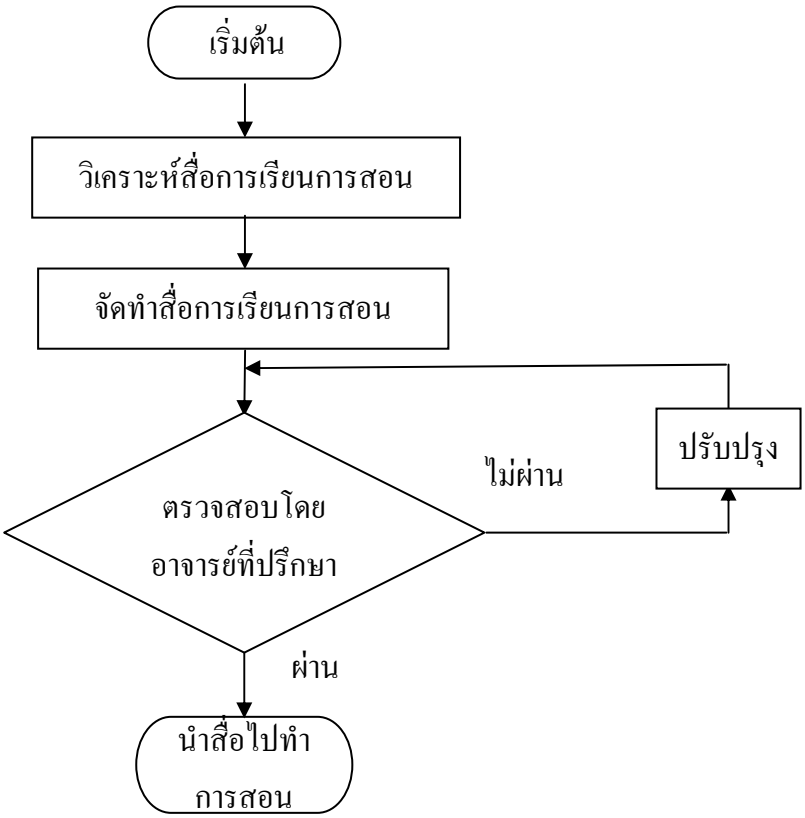
3. นำแบบทดสอบหลังบทเรียน ที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ เพื่อปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

4. นำไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยได้รวบรวมแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ไปหาคุณภาพโดยการนำไปทดลองใช้กับนักศึกษา ที่ได้ผ่านการเรียนวิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพงมาแล้ว ผู้วิจัยได้ทบทวนเนื้อหาบางส่วนให้นักศึกษาเข้าใจก่อนการทำแบบทดสอบ โดยใช้นักศึกษาจำนวน 20 คน วิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบของนักศึกษากลุ่มทดลองมาทำการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นโดยใช้โปรแกรม Simple Items Analysis (SIA) ได้ผลค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 มีค่าความเชื่อมั่น 0.951 สามารถเลือกแบบทดสอบท้ายบทเรียนที่มีคุณภาพได้จำนวน 100 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีคุณภาพจำนวน 85 ข้อ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ง)

5. ตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุง

3.3.3 สร้างสื่อการสอน

การเลือกและสร้างสื่อการเรียนการสอน พิจารณาจากวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยต้องสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้มากที่สุด ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 ขั้นตอนการสร้างสื่อการสอน

จากภาพที่ 3-4 สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์สื่อการเรียนการสอน วิเคราะห์จากวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยการกำหนดสื่อให้หลากหลาย แล้วทำการเลือกสื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในแต่ละข้อของบทเรียนพร้อมทั้งให้เหตุผลในการเลือกสื่อนั้นๆ โดยผู้วิจัยได้เลือกสื่อที่ใช้ประกอบการสอนทั้งหมด 5 สื่อ ได้แก่ โปรแกรมเพาเวอร์พอยต์ โปรแกรมจำลองการทำงาน ภาพถ่ายจากของจริง ชุดสาธิต และกระดานดำ

2. การจัดทำสื่อการเรียนการสอน โดยสื่อการสอนที่จัดทำได้แก่

ชุดนำเสนอด้วยเพาเวอร์พอยต์ เป็นซีดีสร้างจากโปรแกรมสำเร็จรูปของไมโครซอฟต์ เพาเวอร์พอยต์ใช้ประกอบการสอนทุกหัวเรื่องโดยการสร้างชุดนำเสนอในแต่ละเรื่องจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมทั้งหมดโดยประกอบด้วย 3 หน่วยเรียน หน่วยที่ 1 มีจำนวน 43 เฟรม หน่วยที่ 2 มีจำนวน 45 เฟรม หน่วยที่ 3 มีจำนวน 48 เฟรม รวมทั้งหมด 136 เฟรม

โปรแกรมจำลองการทำงานของวงจร เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่นำมาใช้ในการจำลองการทำงานของวงจรในเนื้อหาทั้ง 3 หน่วย โดยจะทำให้นักศึกษาสามารถออกแบบวงจรและคำนวณหาค่าต่างๆ และยังสามารถศึกษารูปสัญญาณได้ จากการใช้โปรแกรม Tina Pro โดยหน่วยที่ 1 มีจำนวน 7 วงจร หน่วยที่ 2 มีจำนวน 10 วงจร หน่วยที่ 3 มีจำนวน 10 วงจร รวมทั้งหมด 27 วงจร

ชุดสาธิตที่สร้างขึ้นมีด้วยกัน 2 ชุด ประกอบด้วย ชุดเพาเวอร์แอมป์และอินทิเกตแอมป์ ที่สามารถทำการต่อใช้งานได้ โดยหน่วยที่ 1 มีจำนวน 5 เรื่อง หน่วยที่ 2 มีจำนวน 7 เรื่อง หน่วยที่ 3 มีจำนวน 5 เรื่อง รวมทั้งหมด 17 เรื่อง

3. การตรวจสอบ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

3.3.4 การสร้างแบบประเมินผลชุดการสอน แบบประเมินชุดการสอนที่สร้างขึ้นมี 2 แบบ ได้แก่

3.3.4.1 แบบสอบถามความเหมาะสมของชุดการสอน โดยใช้แบบประเมินความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า โดยกำหนดค่าคะแนนออกมา 5 ระดับ (ชูศรี, 2544:75) (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ช) แบบประเมินผลที่สร้างขึ้นมี 3 ตอนคือ

ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบประเมิน

ตอนที่ 2 เป็นแบบประเมินผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีผลต่อชุดการสอน ในด้านวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านเนื้อหาวิชา ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อการเรียนการสอน และด้านการประเมินผล

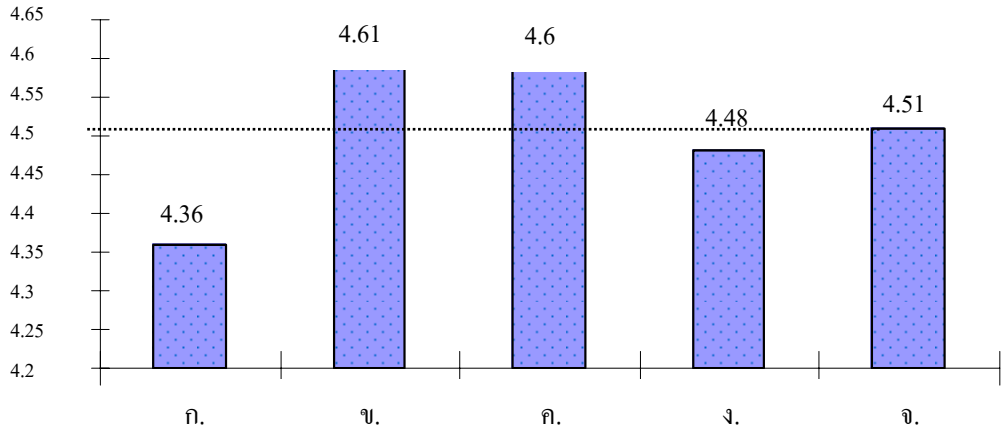
ตอนที่ 3 เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ

3.3.4.2 แบบประเมินความสอดคล้อง ของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยนำแบบทดสอบที่ได้จัดเรียงตรงตามวัตถุประสงค์ในแต่ละข้อ มาเขียนลงในตารางวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ

ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ช)

ตารางที่ 3-2 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
	<u>ด้านวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม</u>			
1.	วัตถุประสงค์ครอบคลุมเนื้อหา	4.2	0.44	เห็นด้วยมาก
2.	จำนวนข้อของวัตถุประสงค์เหมาะสมกับหัวเรื่อง	4.4	0.54	เห็นด้วยมาก
3.	ข้อความที่ใช้แสดงพฤติกรรมมีความชัดเจนเข้าใจง่าย	4.6	0.54	เห็นด้วยมากที่สุด
4.	ประเมินผลการเรียนตามวัตถุประสงค์ได้จริง	4.4	0.54	เห็นด้วยมาก
5.	เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้	4.2	0.44	เห็นด้วยมาก
	<u>ด้านเนื้อหาวิชา</u>			
1.	เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์	4.8	0.44	เห็นด้วยมากที่สุด
2.	เนื้อหามีความถูกต้อง	4.6	0.54	เห็นด้วยมากที่สุด
3.	มีรายละเอียดของเนื้อหาเพียงพอ	4.8	0.44	เห็นด้วยมากที่สุด
4.	เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม	4.8	0.44	เห็นด้วยมากที่สุด
5.	ภาพสัมพันธ์กับคำอธิบาย	4.8	0.44	เห็นด้วยมากที่สุด
6.	คำอธิบายละเอียดและชัดเจน	4.4	0.54	เห็นด้วยมาก
7.	ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสมและอ่านทำความเข้าใจได้	4	0.70	เห็นด้วยมาก
	<u>ด้านสื่อการเรียนการสอน</u> งานนำเสนอเพาเวอร์พอยต์			
1.	ภาพมองเห็นได้ชัดเจน	4.4	0.54	เห็นด้วยมาก
2.	ตัวหนังสือมองเห็นได้ชัดเจน	4.4	0.54	เห็นด้วยมาก
3.	การใช้สีเหมาะสม	4.4	0.54	เห็นด้วยมาก
4.	เหมาะสมกับเนื้อหา และวัตถุประสงค์การสอน	4.8	0.54	เห็นด้วยมากที่สุด
5.	ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี	5	0	เห็นด้วยมากที่สุด
	<u>แบบทดสอบ</u>			
1.	คำถามตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.8	0.44	เห็นด้วยมากที่สุด
2.	จำนวนข้อสอบเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.8	0.44	เห็นด้วยมากที่สุด
3.	คำถามและคำตอบมีเป้าหมายที่ชัดเจน	4.2	0.44	เห็นด้วยมาก
4.	คำถามชัดเจนไม่คลุมเครือ	4.2	0.44	เห็นด้วยมาก
5.	คำถามมีความยากง่ายเหมาะสม	4.4	0.89	เห็นด้วยมาก
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด		4.51		เห็นด้วยมากที่สุด



ก. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข. เนื้อหาวิชา

ค. สื่อการเรียนการสอน

ง. แบบทดสอบ

จ. ค่าเฉลี่ยรวมชุดการสอน

ภาพที่ 3-5 ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นแต่ละด้านจากการประเมินชุดการสอนของผู้เชี่ยวชาญ

จากตารางที่ 3-2 ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีความคิดเห็นต่อชุดการสอนด้านเนื้อหาวิชามีค่าเฉลี่ยสูงสุด (4.61) ด้านสื่อการเรียนการสอน (4.6) มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือด้านการประเมินผลแบบทดสอบ (4.48) และด้านวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (4.36) มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และชุดการสอนมีค่าเฉลี่ย 4.51 ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เมื่อปรับปรุง และแก้ไขชุดการสอนที่อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองโดยการนำชุดการสอนไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

3.4.1 แนะนำการใช้ชุดการสอนให้กับอาจารย์ผู้สอนทราบในแต่ละบทเรียน

3.4.2 ชี้แจงรายละเอียดการเรียนการสอนกับผู้เรียน ถึงรูปแบบการเรียน การเตรียมอุปกรณ์ในการเรียน และการทำแบบทดสอบ

3.4.3 ทำการทดสอบผู้เรียนก่อนเรียนโดยใช้แบบทดสอบชุดเดียวกัน กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4.4 ดำเนินการสอนด้วยชุดการสอน กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 22 คน ในภาคเรียนที่ 1/2549 ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 กำหนดการสอน วิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง

ครั้งที่	คาบที่	วัน/เดือน/ปี	รายการสอน	ผู้สอน
1	1-2	6/6/2549	1. นำเข้าสู่บทเรียน 2. ดำเนินการสอนตามรูปแบบที่วางแผนไว้โดยมีเนื้อหาดังนี้ หน่วยที่ 2 วงจรขยายเสียง <u>หัวข้อ 1.</u> ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายเสียง - การจัดไบอัสทรานซิสเตอร์ - เส้นโหลดลายน์ - ค่ากระแสและแรงดันในวงจรทรานซิสเตอร์ - จุดการทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์ <u>หัวข้อ 2.</u> วงจรขยายคลาส เอ - คุณสมบัติของวงจร - จุดการทำงานของวงจร - ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยาย - องค์ประกอบของวงจร <u>หัวข้อ 3.</u> วงจรขยายคลาส บี - คุณสมบัติของวงจร - จุดการทำงานของวงจร - ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยาย - องค์ประกอบของวงจร 3. ทำแบบทดสอบหลังบทเรียน	อ.ดำรง

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ครั้งที่	คาบที่	วัน/เดือน/ปี	รายการสอน	ผู้สอน
2	3-4	13/6/2549	1. นำเข้าสู่บทเรียน 2. ดำเนินการสอนตามรูปแบบที่วางแผนไว้โดยมีเนื้อหาดังนี้ หน่วยที่ 2 วงจรขยายเสียง <u>หัวข้อ 4.</u> วงจรขยายคลาส เอ บี - คุณสมบัติของวงจร - จุดการทำงานของวงจร - ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยาย - องค์ประกอบของวงจร <u>หัวข้อ 5.</u>วงจรขยายหลายภาค - คุณสมบัติของวงจร - จุดการทำงานของวงจร - ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยาย - องค์ประกอบของวงจร 3. ทำแบบทดสอบหลังบทเรียน	อ.ดำรง
3	5-6	20/6/2549	1. นำเข้าสู่บทเรียน 2. ดำเนินการสอนตามรูปแบบที่วางแผนไว้โดยมีเนื้อหาดังนี้ หน่วยที่ 3 วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง <u>หัวข้อ 1</u>. วงจรปรีไมค์ - คุณสมบัติของวงจรปรีไมค์ - การทำงานวงจรปรีไมค์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ - การทำงานวงจรปรีไมค์ที่ใช้ออปแอมป์ - การผสมสัญญาณจากไมค์หลายตัว <u>หัวข้อ 2.</u> วงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม - คุณสมบัติของวงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม	อ.ดำรง

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ครั้งที่	คาบที่	วัน/เดือน/ปี	รายการสอน	ผู้สอน
			- กราฟคุณสมบัติทางความถี่ - การทำงานของวงจรพาสซีฟ,แอดตีฟ <u>หัวข้อ 3.</u> วงจรขยายความแตกต่าง - คุณสมบัติของวงจร - วงจรจ่ายกระแสคงที่ - ค่ากระแสและแรงดันของวงจร 3 ทำแบบทดสอบหลังบทเรียน	
4	7-8	27/6/2549	1. นำเข้าสู่บทเรียน 2. ดำเนินการสอนตามรูปแบบที่วางแผนไว้โดยมีเนื้อหาดังนี้ หน่วยที่ 3 วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง <u>หัวข้อ 4.</u> วงจรขับสัญญาณและวงจรขยายกำลังสัญญาณ - ค่ากระแสและแรงดัน - การทำงานของวงจร - วงจรดาร์ลิงตัน - ข้อแตกต่างระหว่างวงจร OTL และ OCL <u>หัวข้อ 5.</u> กำลังของเพาเวอร์แอมป์ - การวิเคราะห์รูปคลื่น - ค่ากระแสและแรงดันของรูปคลื่น - ค่ากำลังงานสูงสุด - วิธีการออกแบบ Dummy Load - วิธีการทดสอบหาค่ากำลัง - ผลการตอบสนองทางความถี่ 3. ทำแบบทดสอบหลังบทเรียน	อ.ดำรง

3.4.5 สอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อดำเนินการสอนครบทุกหัวเรื่องแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการนัดผู้เรียนมาสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในวันที่ 18 ก.ค. พ.ศ. 2549

เมื่อเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างซึ่งประกอบด้วย คะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน คะแนนจากการทำแบบฝึกหัดทุกบทเรียน และคะแนนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทุกบทเรียน เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดการสอน และวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่องต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.5.1 การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหากับผลประเมินของผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมาแปลงเป็นคะแนน ดังนี้ (มงคล, 2545 : 60)

มีความเห็นว่า สอดคล้อง กำหนดคะแนนเป็น 1
มีความเห็นว่า ไม่แน่ใจ กำหนดคะแนนเป็น 0
มีความเห็นว่า ไม่สอดคล้อง กำหนดคะแนนเป็น -1

จากนั้นนำมาแทนค่าในสูตรหาค่าดัชนีความสอดคล้อง

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency)
$\sum R$ คือ ค่าผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ซึ่งเกณฑ์การแปลความหมายดัชนีความสอดคล้อง มีดังนี้

0.50 ถึง 1.00 หมายถึง สอดคล้อง
-0.50 ถึง 0.49 หมายถึง ไม่แน่ใจ
-1.00 ถึง -0.49 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

3.5.2 การวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ

การหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบโดยใช้โปรแกรม Simple Items Analysis (SIA)

สูตรในการหาความยากง่าย (Difficulty) และอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบ (ล้วน, 2538 : 210-211)

$$P = \frac{R}{N} \tag{3-2}$$

P คือ ค่าระดับความยากง่ายของแบบทดสอบ

R คือ จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก

N คือ จำนวนคนที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นทั้งหมด

$$D = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}} \tag{3-3}$$

D คือ ค่าอำนาจจำแนก

R_U คือ จำนวนคนที่ทำข้อสอบได้ถูกต้องในกลุ่มเก่ง

R_L คือ จำนวนคนที่ทำข้อสอบได้ถูกต้องในกลุ่มอ่อน

N_U คือ จำนวนคนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

สูตรในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตร (K.-R.#20) ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder- Richardson) (ล้วน, 2538 : 199)

$$\left(s_t\right)^2 = \frac{N\sum x^2 - \left(\sum x\right)^2}{N^2} \tag{3-4}$$

r_{tt} คือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n คือ จำนวนข้อในแบบทดสอบ

$\sum x$ คือ ผลรวมของคะแนนเฉลี่ย

$\overline{X}$ คือ คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบ

$\left(S_t\right)^2$ คือ ค่าความแปรปรวนของคะแนน

N คือ จำนวนคนที่ทำแบบทดสอบทั้งหมด

3.5.3 การวิเคราะห์ผลจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและผู้เรียน เกี่ยวกับความเหมาะสมของชุดการสอน โดยหาค่าเฉลี่ยจากคะแนนที่แจกแจงความถี่แล้ว และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window (ฉัตรศิริ, 2544 : 129-132)

3.5.4 การแปลความหมาย ของแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านความเหมาะสม (ชูศรี, 2544 : 75) มีรายละเอียดดังนี้

ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่	4.51-5.00	หมายถึง	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่	3.51-4.50	หมายถึง	มาก
ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่	2.51-3.50	หมายถึง	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่	1.51-2.50	หมายถึง	น้อย
ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่	1.00-1.50	หมายถึง	น้อยที่สุด

3.5.5 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอน (เสาวณีย์ , 2526 : 56-57)

$$E_1 = \frac{(\sum X / N)}{A} \times 100 \qquad (3\text{-}5)$$

$$E_2 = \frac{(\sum F / N)}{B} \times 100 \qquad (3\text{-}6)$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่วัดได้จากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนทุกหัวเรื่องรวมกัน

E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่วัดได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนครบทุกหัวเรื่อง

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

N คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดระหว่างเรียนทุกหัวเรื่องรวมกัน

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

3.5.6 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน (ฉัตรศิริ, 2544 : 129-132)

การวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยสถิติที แบบข้อมูล 2 ชุด มีความสัมพันธ์กัน วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม SPSS for Window

บทที่ 4
ผลของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบประสิทธิภาพของชุดการสอนวิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัสวิชา (04-226-208) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล และเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา โดยเสนอผลการวิจัยตามลำดับดังนี้

4.1 ผลการสร้างชุดการสอน

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.1 ผลการสร้างชุดการสอน

ชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วย

4.1.1 คู่มือครู ประกอบด้วย แผนการสอน ใบเนื้อหา แบบร่างกระดาน แบบทดสอบท้ายบทเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พร้อมเฉลย

ตารางที่ 4-1 สรุปผลคู่มือครู

หัวเรื่องที่	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จำนวน(ข้อ)	ใบเนื้อหา จำนวน (หน้า)	แบบทดสอบท้ายบทเรียน จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จำนวนข้อสอบ (ข้อ)
1	20	35	35	32
2	24	47	40	34
3	10	19	25	19
รวม	54	101	100	85

จากตารางที่ 4-1 ชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วย 3 หน่วยเรียน มีจำนวนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 54 ข้อ ใบเนื้อหาจำนวน 101 หน้า งานนำเสนอเพาเวอร์พอยต์จำนวน 136 เฟรม แบบทดสอบท้ายบทเรียนจำนวน 100 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 85 ข้อ

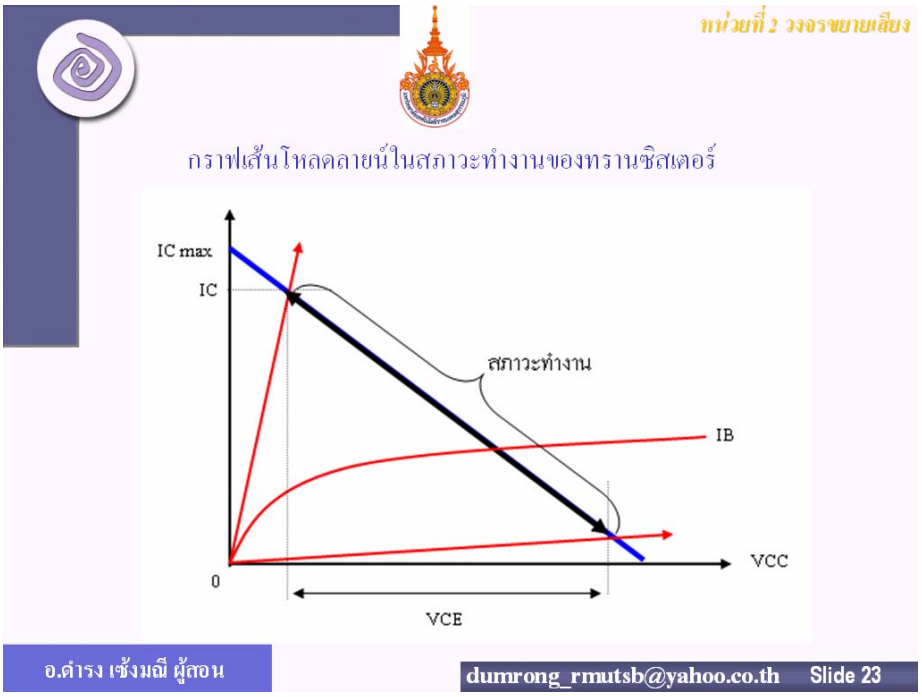
ภาพที่ 4-1 คู่มือครูวิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง

4.1.2 สื่อการสอน ได้แก่ โปรแกรมนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ โปรแกรมจำลองการทำงาน และชุดสาธิต

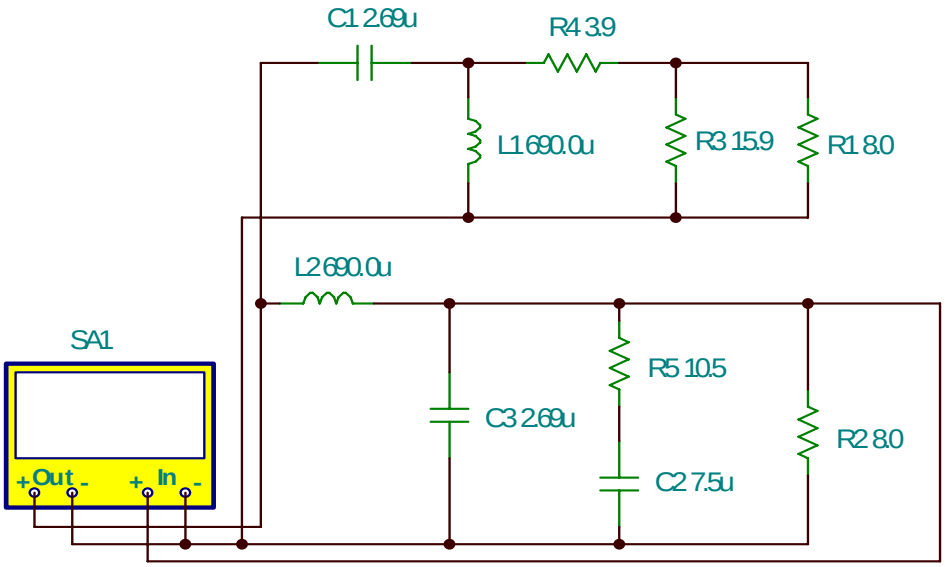
ตารางที่ 4-2 สรุปผลสื่อการสอน

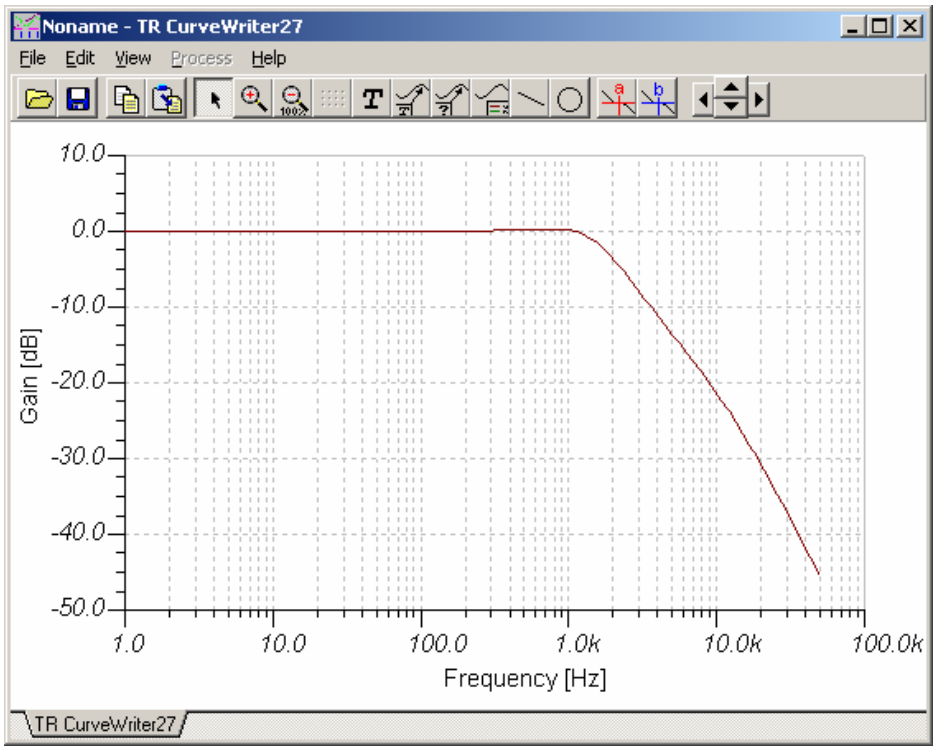
หัวเรื่องที่	เพาเวอร์พอยต์ (เฟรม)	โปรแกรมจำลองการทำงาน (วงจร)	ชุดสาธิต (เรื่อง)
1	43	7	5
2	45	10	7
3	48	10	5
รวม	136	27	17

จากตารางที่ 4-2 ชุดการสอนที่สร้างขึ้นประกอบด้วย 3 หน่วยเรียน มีจำนวนเพาเวอร์พอยต์ที่ใช้ในการนำเสนอ 136 เฟรม โปรแกรมจำลองการทำงานของวงจร 27 วงจร และชุดสาธิตสามารถสาธิตการใช้งานได้ 17 เรื่อง



ภาพที่ 4-2 สื่อการสอนเพาเวอร์พอยต์





ภาพที่ 4-3 สื่อการสอนโปรแกรมจำลองการทำงานของวงจร (TINA)

ภาพที่ 4-4 สื่อการสอนชุดสาธิต

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.2.1 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบท้ายบทเรียน

การวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบท้ายบทเรียน เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากเรียนจบในหน่วยเรียนนั้นๆ โดยการนำคะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน มาหาค่าคะแนนเฉลี่ย แล้วคิดเป็นค่าร้อยละ ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบท้ายบทเรียน (รายละเอียดในภาคผนวก จ)

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	ผลรวมของคะแนน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
แบบทดสอบที่ 1	22	35	664	30.18	86.23
แบบทดสอบที่ 2	22	40	726	33.00	82.50
แบบทดสอบที่ 3	22	25	477	21.68	86.73
รวม	22	100	1,867	84.86	84.73

จากตารางที่ 4-3 ค่าคะแนนที่มีค่าสูงสุดคือแบบทดสอบที่ 3 โดยคิดเป็นร้อยละ 86.73 รองลงมาได้แก่แบบทดสอบที่ 1 โดยคิดเป็นร้อยละ 86.23 และต่ำสุดได้แก่แบบทดสอบที่ 2 โดยคิดเป็นร้อยละ 82.50 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยรวมทุกแบบทดสอบร้อยละ 84.73

4.2.2 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไปทดสอบผู้เรียนก่อนการเรียนการสอนด้วยชุดการสอน และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนครบทุกหัวเรื่องแล้ว สามารถสรุปการวิเคราะห์คะแนนโดยแสดงเป็นคะแนนดิบและค่าร้อยละ (รายละเอียดในภาคผนวก จ)

4.3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.3.1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอน

จากการดำเนินการทดลองโดยใช้ชุดการสอน เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนทุกหัวเรื่องรวมกันโดยคิดเป็นร้อยละ 84.73 และได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หลังเรียนครบทุกหัวเรื่องโดยคิดเป็นร้อยละ 82.46 ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการสอน

รายการ	N	$\overline{X}$	ร้อยละ
คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน	22	84.73	84.73
คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	22	82.46	82.46

จากตารางที่ 4-4 จะเห็นว่ากลุ่มตัวอย่าง ทำข้อสอบในแบบทดสอบได้ถูกต้องเฉลี่ย ร้อยละ 84.73 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ของสมมติฐานที่ตั้งไว้ที่ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม และทำข้อสอบในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 82.46 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ของสมมติฐานที่ตั้งไว้ที่ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าชุดการสอนมีประสิทธิภาพ 84.73/82.46

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน

การวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังที่เรียนจบแล้ว โดยการนำผลคะแนนการทดสอบก่อนเรียน (Pre-Test) และคะแนนทดสอบหลังการเรียน (Post - Test) นำมาวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน (รายละเอียดในภาคผนวก ฉ)

รายการ	N	$\overline{X}$	S.D.	P
คะแนนทดสอบก่อนเรียน	22	36.90	2.92	.000
คะแนนทดสอบหลังเรียน	22	82.46	2.96	

จากตารางที่ 4-5 ผลคะแนนทดสอบก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 36.90 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.92 และผลคะแนนทดสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย 82.46 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.96 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 ที่ตั้งสมมติฐานไว้ แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัสวิชา (04-226-208) เรื่อง วงจรขยายเสียง, วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง และวงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนและหลังการเรียน โดยใช้ชุดการสอน วิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง โดยตั้งสมมติฐานในการวิจัยว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และหลังจากที่ผู้เรียนได้เรียนด้วยชุดการสอนที่สร้างขึ้นจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ผู้วิจัยได้สร้างชุดการสอน วิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัสวิชา (04-226-208) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ได้แก่ คู่มือครู คู่มือนักศึกษา สื่อการเรียนการสอน แบบทดสอบหลังบทเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากนั้นได้นำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินชุดการสอน เพื่อหาคุณภาพของชุดการสอนในด้านต่างๆ พบว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีค่าเฉลี่ย 4.5 ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด แล้วผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่เรียนผ่านวิชานี้มาแล้วจำนวน 20 คน เพื่อหาค่าคุณภาพของแบบทดสอบ ซึ่งแบบทดสอบมีค่าความยากง่าย 0.529 มีค่าอำนาจจำแนก 0.553 ค่าความเชื่อมั่น 0.975 จากนั้นทำการปรับปรุงชุดการสอน และแบบทดสอบให้ดียิ่งขึ้น ก่อนที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี จำนวน 22 คน โดยผู้วิจัยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง ก่อนจะดำเนินการสอน ผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-Test) จากนั้นดำเนินการสอนโดยใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้น หลังจากเรียนจบในแต่ละหน่วยเรียนแล้ว ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียน เมื่อเรียนครบทุกบทเรียนให้ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Post-Test) ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังบทเรียน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ชุดการสอนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัสวิชา (04-226-208) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.73 / 82.46 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

5.1.2 คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าหลังจากที่เรียนด้วยชุดการสอนที่สร้างขึ้นแล้วนักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ดังนั้นสรุปได้ว่า ชุดการสอนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัสวิชา (04-226-208) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน และเมื่อทำการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนและหลังเรียน พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน แสดงว่าการเรียนโดยใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมานี้ ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถสูงขึ้น

5.2 การอภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 จากค่าประสิทธิภาพของชุดการสอนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง ที่ได้ 84.73/82.46 เท่ากับ เกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่ได้ศึกษาที่ว่า การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอนนิยมตั้งไว้ไม่ต่ำกว่า 80/80 สำหรับ ดังนั้นประสิทธิภาพของชุดการสอนที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้จึงถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้

จากการพิจารณา ค่าประสิทธิภาพระหว่างกระบวนการที่วัดได้ในชุดการสอน (E_1) กับค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) จะพบว่า E_1 มากกว่า E_2 อาจเป็นเพราะว่าในช่วงของการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน เมื่อนักศึกษาเกิดปัญหาผู้สอนจะทำการตรวจปรับให้นักศึกษา ทำให้นักศึกษาสามารถแก้ปัญหาที่เกิดจากการทำแบบทดสอบได้อย่างถูกต้อง ตรงกับความมุ่งหมายของการตรวจปรับ คือ เพื่อตรวจสอบและปรับให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาสาระตลอดทั้งบทเรียน ได้ทำใบทดสอบอีกครั้งหลังจากได้ทำแบบทดสอบมาก่อน และช่วงเวลาที่เรียนด้วยชุดการสอนให้ครบทุกบทเรียนก่อนที่จะทำ แบบทดสอบใช้ระยะเวลานาน จึงมีผลทำให้ผู้เรียนลืมเลือนเนื้อหาไปบ้างซึ่งให้ผลสอดคล้องกับผลของการวิจัยที่ได้ 84.73/82.46 ซึ่งถือว่าชุดการสอนมีประสิทธิภาพเมื่อนำไปใช้งาน

5.2.2 การศึกษาเปรียบเทียบความก้าวหน้าในการเรียน ด้วยชุดการสอนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง โดยให้นักศึกษากลุ่มทดลองทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนก่อน จากนั้น

ทำการสอนจนครบทุกหน่วยเรียน แล้วจึงให้นักศึกษากลุ่มทดลองเดิมทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดเดิมอีกครั้ง พบว่านักศึกษามีผลของคะแนนเพิ่มขึ้น แสดงว่านักศึกษาเกิดความรู้ขึ้นทางการเรียน เมื่อเรียนด้วยชุดการสอนนี้ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 0.05

5.2.3 จากผลการวิเคราะห์ผลคะแนนแบบทดสอบ พบว่า ในหน่วยที่ 1 และ 3 นักศึกษามีผลคะแนนสูงกว่าในหน่วยที่ 2 คือหน่วยที่ 1 ร้อยละ 86.23 และหน่วยที่ 3 ร้อยละ 86.73 ซึ่งหน่วยที่ 2 ได้เพียงร้อยละ 82.50 เนื่องจากจำนวนข้อสอบของหน่วยที่ 1 และ 3 น้อยกว่าหน่วยที่ 2 และเนื้อหาของหน่วยที่ 1 และ 3 ไม่ยากนัก จึงทำให้นักศึกษาทำคะแนนในหน่วยที่ 2 ได้น้อย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งนี้

5.3.1.1 ก่อนใช้ชุดการสอนผู้สอนควรมีการศึกษาและทำความเข้าใจ ให้พร้อมทั้งทางด้านเนื้อหา วิธีการ และสื่อที่ใช้ประกอบการสอน เนื่องจากประสิทธิภาพของชุดการสอนไม่ได้ขึ้นอยู่กับชุดการสอนเพียงอย่างเดียว หากแต่ขึ้นอยู่กับอาจารย์ผู้สอนและผู้เรียนประกอบกัน

5.3.1.2 ความพร้อมของห้องเรียน จะมีผลต่อความสนใจของนักศึกษา ดังนั้นครูผู้สอนควรจะต้องจัดเตรียมห้องเรียน และอุปกรณ์การสอนให้พร้อมก่อนทำการเรียนการสอน

5.3.1.3 ชุดสาธิตที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้สอนควรมีการจัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ประกอบการสาธิต โดยศึกษาจากเอกสารประกอบในการสาธิต

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งต่อไป

5.3.2.1 เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการนำชุดการสอนที่สร้างขึ้นไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี เพียงแห่งเดียว ดังนั้นจึงควรมีการนำ ชุดการสอนที่สร้างขึ้นไปทดลองกับสถาบันอื่นๆ ที่ใช้หลักสูตรเดียวกันเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนในภาพรวมให้ชัดเจนขึ้น

5.3.2.2 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพงให้ครอบคลุมทั้งหลักสูตรรายวิชา เพื่อที่จะได้ชุดการสอนที่สมบูรณ์ครบถ้วนและสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนตามปกติได้จริง

5.3.2.3 ควรมีการศึกษาผลการใช้ชุดการสอนร่วมกับสื่อประเภทอื่น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนของผู้เรียน เช่น การใช้ชุดการสอนร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) หรือการเรียนการสอนผ่านทางอินเทอร์เน็ตและเว็บเพจ (Online Learning)

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรองกาญจน์ อรุณรัตน์. **เอกสารประกอบการสอนเรื่องชุดการเรียนการสอน**. เชียงใหม่ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2536.

กาญจนา เกียรติประวัติ. **วิธีสอนทั่วไปและทักษะการสอน**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช, 2524.

กิดานันท์ มลิทอง. **เทคโนโลยีทางการศึกษาและนวัตกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. **การใช้ SPSS เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล**. [ออนไลน์]. 5 ธันวาคม 2549. [สืบค้นวันที่ 11 มกราคม 2550] จาก www.watpon.com

ชูเกียรติ์ โพธิ์มั่น. **ชุดการสอนวิชาช่าง**. ลพบุรี : โครงการพัฒนาและฝึกอบรมครูผู้สอนในสังกัดกรมสามัญศึกษา สถาบันราชภัฏเทพสตรี, 2535.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. **เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์เจริญผล, 2544.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. **เทคโนโลยีทางการศึกษาหลักการและแนวปฏิบัติ**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช, 2526.

เตือน ใจ อาชีวะพนิช. **การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาวิเคราะห์วงจรข่ายหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2541.

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ . **คู่มือการจัดทำวิทยานิพนธ์**. กรุงเทพมหานคร : 21 เซ็นจูรี, 2544.

บุญเกื้อ ควรหาเวช. **นวัตกรรมการศึกษา**. นนทบุรี : ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอสอาร์ พริ้นติ้ง, 2542.

พิสิฐ เมธาภัทร และ ธีระพล เมธากุล. **ยุทธวิธีการเรียนการสอนวิชาเทคนิค**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2529.

ไพโรจน์ เบาใจ. **ชุดการสอน**. กรุงเทพมหานคร : เอกสารประกอบคำบรรยาย มหาวิทาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2540.

มงคล หวังสถิตย์วงษ์. **การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสมรรถภาพด้านการสอนวิชาทฤษฎีสำหรับอาจารย์ที่สอนวิชาชีพด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในระดับอุดมศึกษา**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและพัฒนาหลักสูตร ภาควิชาบริหารเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.

มนต์ชัย เทียนทอง. **อุปกรณ์ช่วยสอน**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2530.

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : สุวีริยาสาส์น, 2538.

ลัดดา สุขปรีดี. **เทคโนโลยีทางการสอน**. ชลบุรี : ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน, 2522.

วาสนา ชาวหา. **เทคโนโลยีทางการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์กราฟอาร์ต, 2525.

สุธน แก่นต้น. **การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาวงจรไฟฟ้า 2 เรื่องวงจรไฟฟ้า 3 เฟส หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2540 กรมอาชีวศึกษา**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.

สุราษฎร์ พรมจันทร์. **การพัฒนาหลักสูตรรายวิชา**. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2531.

_____. **การวัดผลการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2530.

เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต. **หน่วยการเรียนการสอน**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2526.

อรอนงค์ วิริยานุรักษ์นคร. **การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการวิเคราะห์และออกแบบจรดิจิตอล หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พุทธศักราช 2543**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.

ภาคผนวก ก

รายละเอียดของหลักสูตรและ
ลักษณะรายวิชา เครื่องขยายเสียงและลำโพง

หลักสูตรรายวิชา

ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

กลุ่มวิชาไฟฟ้า

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

วิชา 04 - 226 - 208 เครื่องขยายเสียงและลำโพง

สายวิชาช่างอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

ลักษณะรายวิชา

1. รหัสและชื่อวิชา 04-226-208 เครื่องขยายเสียงและลำโพง
AMPLIFIERS AND LOUDSPEAKERS

2. สภาพรายวิชา วิชาชีพเลือก ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

3. ระดับรายวิชา ภาคการศึกษาที่ 1 ชั้นปีที่ 2

4. พื้นฐาน -

5. เวลาศึกษา 90 คาบเรียนตลอด 18 สัปดาห์ ทฤษฎี 2 คาบ ปฏิบัติ 3 คาบต่อสัปดาห์ และนักศึกษาต้องใช้เวลาค้นคว้านอกเวลา 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

6. จำนวนหน่วยกิต 3 หน่วยกิต

7. จุดมุ่งหมายรายวิชา

1.เข้าใจทฤษฎีเสียงเบื้องต้นและการหาค่ากำลัง
2.เข้าใจการทำงานของเครื่องขยายแบบต่างๆ
3.รู้ชนิดและการใช้งานลำโพงแบบต่างๆ
4.รู้วิธีการเลือกใช้ตู้ลำโพงแบบต่างๆ
5.มีทักษะในการเลือกใช้เครื่องขยายเสียงและตู้ลำโพงให้เหมาะสมกับงานต่างๆ
6.เห็นความสำคัญของเครื่องขยายเสียงและลำโพง

8. คำอธิบายรายวิชา ศึกษาและปฏิบัติการเกี่ยวกับทฤษฎีเสียงเบื้องต้น การหาค่ากำลังสูงสุด วงจรควบคุมและวงจรขยายเสียง เพาเวอร์แอมป์ ลำโพงเสียงแหลมและเสียงทุ้ม วงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ) อุปกรณ์ประกอบต่างๆ ของเครื่องเสียง ตู้ลำโพงแบบต่างๆ การออกแบบตู้ลำโพงการเลือกใช้ตู้ลำโพงให้เหมาะสมกับงานระบบเสียง

การแบ่งหน่วยเรียน/บทเรียน/หัวข้อ

1.	ทฤษฎีเสียงเบื้องต้น	ท. 4 คาบ	ป. 3 คาบ
1.1	คลื่นเสียง	30 นาที	
1.1.1	ลักษณะของการเกิดคลื่น		
1.1.2	ลักษณะของคลื่นตามขวาง		
1.1.3	ลักษณะของคลื่นตามยาว		
1.1.4	ลักษณะของคลื่นผสม		
1.2	การสะท้อนของคลื่นเสียง	30 นาที	
1.2.1	มุมตกกระทบและมุมสะท้อน		
1.2.2	การสะท้อนของคลื่น		
1.3	การหักเหของคลื่นเสียง	40 นาที	
1.3.1	หลักการหักเหของคลื่นเสียง		
1.3.2	ปัจจัยที่มีผลต่อการหักเหของคลื่นเสียง		
1.3.3	ลักษณะการหักเหของคลื่นเสียงในเวลากลางวัน		
1.3.4	ลักษณะการหักเหของคลื่นเสียงในเวลากลางคืน		
1.4	ระดับความเข้มของเสียง	50 นาที	
1.4.1	ช่วงความถี่ของการได้ยินเสียงของคน		
1.4.2	ค่าความเข้มของเสียง		
1.4.3	ค่าความดังของเสียง		
1.5	สัญญาณรบกวนในระบบเสียง	50 นาที	
1.5.1	การเกิดสัญญาณรบกวนในงานระบบเสียง		
1.5.2	วิธีการลดค่าสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น		
1.5.3	ค่าของสัญญาณรบกวน		
1.6	ปฏิบัติการทดลองการวัดคลื่นเสียง		3 คาบ
1.6.1	การทดลองวัดค่าความถี่เสียง		
1.6.2	การทดลองวัดค่าความเข้มและระดับความดังของเสียง		
2.	วงจรขยายเสียง	ท. 4 คาบ	ป. 9 คาบ
2.1	ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายเสียง	40 นาที	

2.1.1 การจัดไบอัสทรานซิสเตอร์

2.1.2 เส้นโหลดลายน์

2.1.3 ค่ากระแสและแรงดันในวงจรทรานซิสเตอร์

2.1.4 จุดการทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์

2.2 วงจรขยายคลาส เอ 30 นาที

2.2.1 คุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ

2.2.2 จุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ

2.2.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ

2.2.4 องค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ

2.3 วงจรขยายคลาส บี 30 นาที

2.3.1 คุณสมบัติของวงจรขยายคลาส บี

2.3.2 จุดการทำงานของวงจรขยายคลาส บี

2.3.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส บี

2.3.4 องค์ประกอบของวงจรขยายคลาส บี

2.4 วงจรขยายคลาส เอ บี 50 นาที

2.4.1 คุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ บี

2.4.2 จุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ บี

2.4.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ บี

2.4.4 องค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ บี

2.5 วงจรขยายหลายภาค 50 นาที

2.5.1 คุณสมบัติของวงจรขยายหลายภาค

2.5.2 จุดการทำงานของวงจรขยายหลายภาค

2.5.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายหลายภาค

2.5.4 องค์ประกอบของวงจรขยายหลายภาค

2.6 ปฏิบัติการทดลองการขยายเสียง 9 คาบ

2.6.1 การทดลองการขยายคลาส เอ

2.6.2 การทดลองการขยายคลาส บี

2.6.3 การทดลองการขยายคลาส เอ บี

2.6.4 การทดลองการขยายคลาส หลายภาค

3. วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง ท. 4 คาบ ป. 9 คาบ

3.1 วงจรปรีไมค์ 30 นาที

3.1.1 คุณสมบัติของวงจรปรีไมค์

3.1.2 การทำงานของวงจรปรีไมค์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์

3.1.3 การทำงานของวงจรปรีไมค์ที่ใช้ออปแอมป์

3.1.4 การผสมสัญญาณจากไมค์หลายตัว

3.2 วงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม 30 นาที

3.2.1 คุณสมบัติของวงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม

3.2.2 กราฟคุณสมบัติทางความถี่ของวงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม

3.2.3 การทำงานของวงจรปรับเสียงทุ้ม แหลมชนิดพาสซีฟ

3.2.4 การทำงานของวงจรปรับเสียงทุ้ม แหลมชนิดแอดตีฟ

3.3 วงจรขยายความแตกต่าง 40 นาที

3.3.1 คุณสมบัติของวงจรขยายความแตกต่าง

3.3.2 การทำงานของวงจรจ่ายกระแสคงที่โดยใช้ทรานซิสเตอร์

3.3.3 การทำงานของวงจรจ่ายกระแสคงที่โดยใช้เฟท

3.3.4 ค่ากระแสและแรงดันของวงจรขยายความแตกต่าง

3.4 วงจรขับสัญญาณและวงจรขยายกำลังสัญญาณ 50 นาที

3.4.1 ค่ากระแสและแรงดันของวงจรขับสัญญาณและวงจรขยายกำลังสัญญาณ

3.4.2 การทำงานของวงจรขยายแบบคอมพลีเมนทารี

3.4.3 ค่ากระแสและแรงดันของวงจรขยายแบบ คอมพลีเมนทารี

3.4.4 การทำงานของวงจรดาร์ลิงตัน

3.4.5 ค่ากระแสและแรงดันของวงจรดาร์ลิงตัน

3.4.6 ข้อแตกต่างระหว่างวงจร OTL และ OCL

3.5 กำลังของเพาเวอร์แอมป์ 50 นาที

3.5.1 การวิเคราะห์รูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ

3.5.2 ค่ากระแสและแรงดันของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ

3.5.3 ค่ากำลังงานสูงสุดของเพาเวอร์แอมป์

3.5.4 วิธีการออกแบบ Dummy Load

3.5.5 วิธีการทดสอบหาค่ากำลังของเพาเวอร์แอมป์

3.5.6 ผลการตอบสนองทางความถี่ของเพาเวอร์แอมป์

3.6 ปฏิบัติการทดลองการวัดสัญญาณ 9 คาบ

3.6.1 การทดลองการปรับเสียงทุ้ม แหลม

3.6.2 การทดลองวงจรขยายความแตกต่าง

3.6.3 การทดลองวงจรขยายทางเอาต์พุต

3.6.4 การทดลองวงจรขยายกำลัง

4. วงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ) ท. 4 คาบ ป. 6 คาบ

4.1 วงจรกรองความถี่ 50 นาที

4.1.1 วงจรกรองความถี่ต่ำ

4.1.2 วงจรกรองความถี่กลาง

4.1.3 วงจรกรองความถี่สูง

4.2 การออกแบบวงจรแยกสัญญาณเสียง 50 นาที

4.2.1 หลักการทำงานของเน็ตเวิร์คแบบขนาน

4.2.2 หลักการทำงานของเน็ตเวิร์คแบบอนุกรม

4.2.3 ค่าองค์ประกอบของเน็ตเวิร์ค

4.2.4 เน็ตเวิร์คแบบ 2 ทาง และ 3 ทาง

4.3 โปรแกรมออกแบบ Crossover Networks 100 นาที

4.3.1 วิธีการใช้โปรแกรมออกแบบ Crossover Networks

4.3.2 กราฟการวิเคราะห์ผลทางความถี่

4.3.3 การวิเคราะห์ผลทางความถี่ที่ได้จากกราฟ

4.4 ปฏิบัติการทดลองการวัดสัญญาณ 6 คาบ

4.4.1 การทดลองวงจรกรองความถี่

4.4.2 การทดลองวงจร Crossover Networks

5. อุปกรณ์ประกอบของเครื่องเสียง ท. 4 คาบ ป. 6 คาบ

5.1 เครื่องเสียงชนิดไฮไฟ 30 นาที

5.1.1 คุณสมบัติของเครื่องเสียงชนิดไฮไฟ

5.1.2 ปัจจัยที่ทำให้เครื่องเสียงเป็นชนิดไฮไฟ

5.1.3 ความผิดเพี้ยนที่มีผลต่อเครื่องเสียงเป็นชนิดไฮไฟ

5.2	ไมโครโฟน	50 นาที	
	5.2.1 หลักการทำงานของไมโครโฟนชนิดต่าง ๆ		
	5.2.2 หลักการทิศทางในการรับเสียงของไมโครโฟน		
	5.2.3 ค่าอิมพีแดนซ์ของสายไมโครโฟน		
	5.2.4 ค่าความไวของไมโครโฟน		
5.3	Compact Disc	30 นาที	
	5.3.1 การทำงานของเครื่องเล่น Compact Disc		
	5.3.2 ความผิดเพี้ยนของเครื่องเล่น Compact Disc		
	5.3.3 การผสมสัญญาณในเครื่องเล่น Compact Disc		
	5.3.4 การควบคุมการอ่านสัญญาณในเครื่องเล่น Compact Disc		
5.4	Tape Recording	30 นาที	
	5.4.1 การทำงานของเครื่องบันทึกเทป		
	5.4.2 การบันทึกสัญญาณในเครื่องบันทึกเทป		
	5.4.3 การทำงานของหัวบันทึกเทป		
	5.4.4 ความผิดเพี้ยนของเครื่องบันทึกเทป		
5.5	Tuners and Radio Receivers	30 นาที	
	5.5.1 การส่งคลื่นวิทยุในอากาศ		
	5.5.2 การผสมสัญญาณแบบ AM และ FM		
	5.5.3 การสังเคราะห์ความถี่		
	5.5.4 การรับสัญญาณแบบเฟสล็อกลูป		
5.6	In - Car - Audio	40 นาที	
	5.6.1 การออกแบบวงจรขยายเสียงในรถยนต์		
	5.6.2 การออกแบบเดินสายและต่ออุปกรณ์เครื่องเสียงในรถยนต์		
	5.6.3 ระบบป้องกันสะเทือนของเครื่องเสียงในรถยนต์		
5.7	ปฏิบัติการทดลองติดตั้งอุปกรณ์ในงานเสียง		6 คาบ
	5.7.1 การทดลองการเดินสายในการติดตั้ง		
	5.7.2 การทดลองจัดระบบเสียง		

6.	ลำโพง	ท. 6 คาบ	ป. 9 คาบ
6.1	ระบบการส่งเสียงของเครื่องขยายเสียง	50 นาที	

6.1.1 การส่งเสียงตามสายแบบแรงดันต่ำและแรงดันสูง

6.1.2 ค่าความต้านทานภายในสายส่งสัญญาณเสียง

6.1.3 การเลือกใช้สายส่งสัญญาณเสียง

6.2 คุณสมบัติของลำโพง 50 นาที

6.2.1 ส่วนประกอบของลำโพง

6.2.2 การทำงานของลำโพงฮอร์นแบบรี – แอนแทรนท์

6.2.3 การทำงานของลำโพงฮอร์นแบบวาย – แองเกิล

6.2.4 การทำงานของลำโพงฮอร์นแบบพวง

6.2.5 การทำงานของลำโพงฮอร์นแบบรีเฟล็ก

6.2.6 การหาค่าประสิทธิของลำโพง

6.3 การต่อลำโพง 100 นาที

6.3.1 การต่อลำโพงระบบอิมพีแดนซ์ต่ำ

6.3.2 การต่อลำโพงระบบอิมพีแดนซ์สูง

6.3.3 ค่าอิมพีแดนซ์และกำลังของลำโพง

6.3.4 การต่อลำโพงแบบอิมพีแดนซ์คงที่และแรงดันคงที่

6.3.5 วิธีการจัดเฟสการต่อของลำโพง

6.4 ปฏิบัติการทดลองการส่งสัญญาณเสียง 9 คาบ

6.4.1 การทดลองสายส่งแรงดันต่ำและแรงดันสูง

6.4.2 การทดลองคุณสมบัติของลำโพงแบบต่าง ๆ

7. ตู้ลำโพง ท. 6 คาบ ป. 6 คาบ

7.1 โครงสร้างตู้ลำโพง 50 นาที

7.1.1 คุณสมบัติของตู้ลำโพง

7.1.2 การประกอบตู้ลำโพง

7.1.3 การหาปริมาตรภายในตู้ลำโพง

7.2 ชนิดของตู้ลำโพง 50 นาที

7.2.1 หลักการของ closed - box speaker

7.2.2 หลักการของ ported – box speaker

7.2.3 หลักการของ transmission – line speaker

7.3 การออกแบบตู้ลำโพง 100 นาที

7.3.1 วิธีการเลือกชนิดและขนาดของลำโพง

7.3.2 การกำหนดค่า Q ของตู้ลำโพง

7.3.3 การหาค่าความถี่คัตออฟ

7.3.4 การค่าปริมาตรตู้ลำโพง

7.3.5 การหาขนาดของตู้ลำโพง

7.3.6 ตำแหน่งการติดตั้งลำโพง

7.4 ปฏิบัติการทดลองการต่อตู้ลำโพง 6 คาบ

7.4.1 การทดลองประกอบตู้ลำโพง

7.4.2 การทดลองออกแบบและสร้างตู้ลำโพง

รวม	ท. 32 คาบ	ป. 48 คาบ
ทบทวนและทดสอบ	ท. 4 คาบ	ป. 6 คาบ
รวมทั้งสิ้น	ท. 36 คาบ	ป. 54 คาบ

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์หัวข้อในวิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง

- รายละเอียดหัวเรื่องและแหล่งข้อมูล
- การประเมินความสำคัญของหัวเรื่อง
- เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่องและความรู้ของเนื้อหา
- การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ตารางที่ ข-1 รายการหัวข้อเรื่องและแหล่งข้อมูล

วิชา : ทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

ลำดับที่	หัวข้อเรื่อง (Topic)	แหล่งข้อมูล				
		A	**B**	**C**	**D**	
1	วงจรขยายเสียง	X	X	X	X	
2	วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง	X	X	X	X	
3	วงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ)	X	X	X	X	

แหล่งข้อมูล : A = หลักสูตร

B = หนังสือ ตำรา คู่มือ

C = ผู้เชี่ยวชาญ

D = ประสบการณ์ของผู้สอน

ตารางที่ ข-2 รายการประเมินความสำคัญของหัวเรื่อง

วิชา : ทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

ลำดับที่	หัวข้อเรื่อง (Topic)					
		1	**2**	**3**		
1	วงจรขยายเสียง	X	X	O		
2	วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง	X	X	O		
3	วงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ)	X	X	O		

หมายเหตุ : **ความสำคัญ**

1 : ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในการเรียน X : มาก

2 : ช่วยส่งเสริมทักษะการทำงานให้ถูกต้อง I : ปานกลาง

3 : ช่วยส่งเสริมผู้เรียนมีเจตคติที่ดี O : น้อย

ตารางที่ ข-3 ประเมินความสำคัญและรายละเอียดเนื้อหาของหัวข้อเรื่อง

วิชา : ทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

หน่วยที่ 1 วงจรขยายเสียง

ลำดับ	รายละเอียดของเนื้อหา	1	2	3
1	ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายเสียง			
	1.1 การจัดไบอัสทรานซิสเตอร์	X	X	O
	1.2 เส้นโหลดลายน์	X	X	O
	1.3 ค่ากระแสและแรงดันในวงจรทรานซิสเตอร์	X	X	O
	1.4 จุดการทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์	X	X	O
2	วงจรขยายคลาส เอ			
	2.1 คุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ	X	X	O
	2.2 จุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ	X	X	O
	2.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ	X	X	O
	2.4 องค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ	X	X	O
3	วงจรขยายคลาส บี			
	3.1 คุณสมบัติของวงจรขยายคลาส บี	X	X	O
	3.2 จุดการทำงานของวงจรขยายคลาส บี	X	X	O
	3.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส บี	X	X	O
	3.4 องค์ประกอบของวงจรขยายคลาส บี	X	X	O

หมายเหตุ :

1 : ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในการเรียน

2 : ช่วยส่งเสริมทักษะการทำงานให้ถูกต้อง

3 : ช่วยส่งเสริมผู้เรียนมีเจตคติที่ดี

ความสำคัญ :

X : มาก

I : ปานกลาง

O : น้อย

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

วิชา : เครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

หน่วยที่ 1 วงจรขยายเสียง (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียดของเนื้อหา	1	2	3
4	วงจรขยายคลาส เอ บี			
	4.1 คุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ บี	X	X	O
	4.2 จุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ บี	X	X	O
	4.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ บี	X	X	O
	4.4 องค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ บี	X	X	O
5	วงจรขยายหลายภาค			
	5.1 คุณสมบัติของวงจรขยายหลายภาค	X	X	O
	5.2 จุดการทำงานของวงจรขยายหลายภาค	X	X	O
	5.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายหลายภาค	X	X	O
	5.4 องค์ประกอบของวงจรขยายหลายภาค	X	X	O

หมายเหตุ :

1 : ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในการเรียน

2 : ช่วยส่งเสริมทักษะการทำงานให้ถูกต้อง

3 : ช่วยส่งเสริมผู้เรียนมีเจตคติที่ดี

ความสำคัญ :

X : มาก

I : ปานกลาง

O : น้อย

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

วิชา : เครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

หน่วยที่ 2 วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง

ลำดับ	รายละเอียดของเนื้อหา	1	2	3
1	วงจรปรีไมค์			
	1.1 คุณสมบัติของวงจรปรีไมค์	X	I	O
	1.2 การทำงานของวงจรปรีไมค์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์	X	I	O
	1.3 การทำงานของวงจรปรีไมค์ที่ใช้ออปแอมป์	X	I	O
	1.4 การผสมสัญญาณจากไมค์หลายตัว	X	I	O
2	วงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม			
	2.1 คุณสมบัติของวงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม	X	I	O
	2.2 กราฟคุณสมบัติทางความถี่ของวงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม	X	I	O
	2.3 การทำงานของวงจรปรับเสียงทุ้ม แหลมชนิดพาสซีฟ	X	I	O
	2.4 การทำงานของวงจรปรับเสียงทุ้ม แหลมชนิดแอดตีฟ	X	I	O
3	วงจรขยายความแตกต่าง			
	3.1 คุณสมบัติของวงจรขยายความแตกต่าง	X	I	O
	3.2 การทำงานของวงจรจ่ายกระแสคงที่โดยใช้ทรานซิสเตอร์	X	I	O
	3.3 การทำงานของวงจรจ่ายกระแสคงที่โดยใช้เฟท	X	I	O
	3.4 ค่ากระแสและแรงดันของวงจรขยายความแตกต่าง	X	I	O

หมายเหตุ :

1 : ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในการเรียน

2 : ช่วยส่งเสริมทักษะการทำงานให้ถูกต้อง

3 : ช่วยส่งเสริมผู้เรียนมีเจตคติที่ดี

ความสำคัญ :

X : มาก

I : ปานกลาง

O : น้อย

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

วิชา : เครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

หน่วยที่ 2 วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียดของเนื้อหา	1	2	3
4	วงจรขับสัญญาณและวงจรขยายกำลังสัญญาณ			
	4.1 ค่ากระแสและแรงดันของวงจรขับสัญญาณและวงจรขยายกำลัง	X	I	O
	สัญญาณ	X	I	O
	4.2 การทำงานของวงจรขยายแบบคอมพลีเมนทารี	X	I	O
	4.3 ค่ากระแสและแรงดันของวงจรขยายแบบคอมพลีเมนทารี	X	I	O
	4.4 การทำงานของวงจรดาร์ลิงตัน	X	I	O
	4.5 ค่ากระแสและแรงดันของวงจรดาร์ลิงตัน	X	I	O
5	4.6 ข้อแตกต่างระหว่างวงจร OTL และ OCL			
	กำลังของเพาเวอร์แอมป์	X	I	O
	5.1 การวิเคราะห์รูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ	X	I	O
	5.2 ค่ากระแสและแรงดันของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ	X	I	O
	5.3 ค่ากำลังงานสูงสุดของเพาเวอร์แอมป์	X	I	O
	5.4 วิธีการออกแบบ Dummy Load	X	I	O
	5.5 วิธีการทดสอบหาค่ากำลังของเพาเวอร์แอมป์	X	I	O
	5.6 ผลการตอบสนองทางความถี่ของเพาเวอร์แอมป์			

หมายเหตุ :

1 : ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในการเรียน

2 : ช่วยส่งเสริมทักษะการทำงานให้ถูกต้อง

3 : ช่วยส่งเสริมผู้เรียนมีเจตคติที่ดี

ความสำคัญ :

X : มาก

I : ปานกลาง

O : น้อย

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

วิชา : เครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

หน่วยที่ 3 วงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ)

ลำดับ	รายละเอียดของเนื้อหา	1	2	3
1	วงจรกรองความถี่			
	1.1 วงจรกรองความถี่ต่ำ	X	I	O
	1.2 วงจรกรองความถี่กลาง	X	I	O
	1.3 วงจรกรองความถี่สูง	X	I	O
2	การออกแบบวงจรแยกสัญญาณเสียง			
	2.1 หลักการทำงานของเน็ตเวิร์คแบบขนาน	X	I	O
	2.2 หลักการทำงานของเน็ตเวิร์คแบบอนุกรม	X	I	O
	2.3 ค่าองค์ประกอบของเน็ตเวิร์ค	X	I	O
	2.4 เน็ตเวิร์คแบบ 2 ทาง และ 3 ทาง	X	I	O
3	โปรแกรมออกแบบ Crossover Networks			
	3.1 วิธีการใช้โปรแกรมออกแบบ Crossover Networks	X	I	O
	3.2 กราฟการวิเคราะห์ผลทางความถี่	X	I	O
	3.3 การวิเคราะห์ผลทางความถี่ที่ได้จากกราฟ	X	I	O

หมายเหตุ :

1 : ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในการเรียน

2 : ช่วยส่งเสริมทักษะการทำงานให้ถูกต้อง

3 : ช่วยส่งเสริมผู้เรียนมีเจตคติที่ดี

ความสำคัญ :

X : มาก

I : ปานกลาง

O : น้อย

ตารางที่ ข-4 รายละเอียดของเนื้อหาที่สำคัญของหัวเรื่องและความรู้ของเนื้อหา

วิชา : เครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

หน่วยที่ 1 วงจรขยายเสียง

เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่อง	ความรู้ที่ต้องการ	ระดับความรู้		
		R	A	T
1.1 ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายเสียง	1.1.1 การจัดไบอัสทรานซิสเตอร์	I		
	1.1.2 เส้นโหลดลายน์	X		
	1.1.3 ค่ากระแสและแรงดันในวงจรทรานซิสเตอร์		X	
	1.1.4 จุดการทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์			X
1.2 วงจรขยายคลาส เอ	1.2.1 คุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ	I		
	1.2.2 จุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ		X	
	1.2.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ	I		
	1.2.4 องค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ			X
1.3 วงจรขยายคลาส บี	1.3.1 คุณสมบัติของวงจรขยายคลาส บี	I		
	1.3.2 จุดการทำงานของวงจรขยายคลาส บี		X	
	1.3.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส บี	I		
	1.3.4 องค์ประกอบของวงจรขยายคลาส บี			X

หมายเหตุ :

TK = ระดับความรู้ R= ฟื้นคืนความรู้ X = สำคัญมาก

A= การประยุกต์ความรู้ I = สำคัญ

T = การส่งถ่ายความรู้ O = ไม่สำคัญ

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

วิชา : เครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

หน่วยที่ 1 วงจรขยายเสียง (ต่อ)

เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่อง	ความรู้ที่ต้องการ	ระดับความรู้		
		R	A	T
1.4 วงจรขยายคลาส เอ บี	1.4.1 คุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ บี	I		
	1.4.2 จุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ บี		X	
	1.4.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ บี	I		
	1.4.4 องค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ บี			X
1.5 วงจรขยายหลายภาค	1.5.1 คุณสมบัติของวงจรขยายหลายภาค	I		
	1.5.2 จุดการทำงานของวงจรขยายหลายภาค		I	
	1.5.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายหลายภาค	I		
	1.5.4 องค์ประกอบของวงจรขยายหลายภาค			I

หมายเหตุ :

TK = ระดับความรู้

R= ฟื้นคืนความรู้ X = สำคัญมาก

A= การประยุกต์ความรู้ I = สำคัญ

T = การส่งถ่ายความรู้ O = ไม่สำคัญ

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

วิชา : เครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

หน่วยที่ 2 วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง

เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่อง	ความรู้ที่ต้องการ	ระดับความรู้		
		R	A	T
2.1 วงจรปรีไมค์	2.1.1 คุณสมบัติของวงจรปรีไมค์	I		
	2.1.2 การทำงานของวงจรปรีไมค์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์	I		
	2.1.3 การทำงานของวงจรปรีไมค์ที่ใช้ออปแอมป์	I		
	2.1.4 การผสมสัญญาณจากไมค์หลายตัว	I		
2.2 วงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม	2.2.1 คุณสมบัติของวงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม			X
	2.2.2 กราฟคุณสมบัติทางความถี่ของวงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม		X	
	2.2.3 การทำงานของวงจรปรับเสียงทุ้ม แหลมชนิดพาสซีฟ	I		
	2.2.4 การทำงานของวงจรปรับเสียงทุ้ม แหลมชนิดแอดตีฟ	I		
2.3 วงจรขยายความแตกต่าง	2.3.1 คุณสมบัติของวงจรขยายความแตกต่าง		X	
	2.3.2 การทำงานของวงจรจ่ายกระแสคงที่โดยใช้ทรานซิสเตอร์		X	
	2.3.3 การทำงานของวงจรจ่ายกระแสคงที่โดยใช้เฟท	I		
	2.3.4 ค่ากระแสและแรงดันของวงจรขยายความแตกต่าง		X	

หมายเหตุ :

TK = ระดับความรู้

R= ฟื้นคืนความรู้ X = สำคัญมาก

A= การประยุกต์ความรู้ I = สำคัญ

T = การส่งถ่ายความรู้ O = ไม่สำคัญ

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

วิชา : เครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

หน่วยที่ 2 วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง (ต่อ)

เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่อง	ความรู้ที่ต้องการ	ระดับความรู้		
		R	A	T
2.4 วงจรขับสัญญาณและวงจรขยายกำลังสัญญาณ	2.4.1 ค่ากระแสและแรงดันของวงจรขับสัญญาณและวงจรขยายกำลังสัญญาณ		X	
	2.4.2 การทำงานของวงจรขยายแบบคอมพลีเมนทารี	X		
	2.4.3 ค่ากระแสและแรงดันของวงจรขยายแบบคอมพลีเมนทารี	X		
	2.4.4 การทำงานของวงจรดาร์ลิงตัน	X		
	2.4.5 ค่ากระแสและแรงดันของวงจรดาร์ลิงตัน		X	
	2.4.6 ข้อแตกต่างระหว่างวงจร OTL และ OCL	I		
2.5 กำลังของเพาเวอร์แอมป์	2.5.1 การวิเคราะห์รูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ	I		
	2.5.2 ค่ากระแสและแรงดันของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ		X	
	2.5.3 ค่ากำลังงานสูงสุดของเพาเวอร์แอมป์			X
	2.5.4 วิธีการออกแบบ Dummy Load			X
	2.5.5 วิธีการทดสอบหาค่ากำลังของเพาเวอร์แอมป์			X
	2.5.6 ผลการตอบสนองทางความถี่ของเพาเวอร์แอมป์			X

หมายเหตุ :

TK = ระดับความรู้ R= ฟื้นคืนความรู้ X = สำคัญมาก

A= การประยุกต์ความรู้ I = สำคัญ

T = การส่งถ่ายความรู้ O = ไม่สำคัญ

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

วิชา : เครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

หน่วยที่ 3 วงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ)

เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่อง	ความรู้ที่ต้องการ	ระดับความรู้		
		R	A	T
3.1 วงจรกรองความถี่	3.1.1 วงจรกรองความถี่ต่ำ	X		
	3.1.2 วงจรกรองความถี่กลาง	X		
	3.1.3 วงจรกรองความถี่สูง	X		
3.2 การออกแบบวงจรแยก	3.2.1 หลักการทำงานของเน็ตเวิร์คแบบขนาน	X		
สัญญาณเสียง	3.2.2 หลักการทำงานของเน็ตเวิร์คแบบอนุกรม	X		
	3.2.3 ค่าองค์ประกอบของเน็ตเวิร์ค		X	
	3.2.4 เน็ตเวิร์คแบบ 2 ทาง และ 3 ทาง		X	
3.3 โปรแกรมออกแบบ	3.3.1 วิธีการใช้โปรแกรมออกแบบ Crossover		X	
Crossover Networks	Networks			
	3.3.2 กราฟการวิเคราะห์ผลทางความถี่		X	
	3.3.3 การวิเคราะห์ผลทางความถี่ที่ได้จากกราฟ		X	

หมายเหตุ :

TK = ระดับความรู้ R= ฟื้นคืนความรู้ X = สำคัญมาก

A= การประยุกต์ความรู้ I = สำคัญ

T = การส่งถ่ายความรู้ O = ไม่สำคัญ

ตารางที่ ข-5 รายการวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วิชา : เครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

หน่วยที่ 1 วงจรขยายเสียง

หัวข้อ 1. ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายเสียง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ		
	R	A	T
1. อธิบายหลักการจัดไบอัสทรานซิสเตอร์	I		
2. อธิบายเส้นโหลดลายน์	X		
3. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันในวงจรทรานซิสเตอร์		X	
4. ออกแบบจุดการทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์			X

หัวข้อ 2. วงจรขยายคลาส เอ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ		
	R	A	T
1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ	I		
2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ		X	
3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ	I		
4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ			X

หัวข้อ 3. วงจรขยายคลาส บี

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ		
	R	A	T
1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส บี	I		
2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส บี		X	
3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส บี	I		
4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายคลาส บี			X

หมายเหตุ :LS = ระดับความสำคัญ ความสำคัญ

R= ฟื้นคืนความรู้ X = สำคัญมาก

A= การประยุกต์ความรู้ I = สำคัญ

T = การส่งถ่ายความรู้ O = ไม่สำคัญ

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

วิชา : เครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

หน่วยที่ 1 วงจรขยายเสียง (ต่อ)

หัวข้อ 4. วงจรขยายคลาส เอ บี

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ		
	R	A	T
1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ บี	I		
2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ บี		X	
3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ บี	I		
4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ บี			X

หัวข้อ 5. วงจรขยายหลายภาค

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ		
	R	A	T
1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายหลายภาค	I		
2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายหลายภาค		I	
3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายหลายภาค	I		
4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายหลายภาค			I

หมายเหตุ :

LS = ระดับความสำคัญ ความสำคัญ

R= ฟื้นคืนความรู้ X = สำคัญมาก

A= การประยุกต์ความรู้ I = สำคัญ

T = การส่งถ่ายความรู้ O = ไม่สำคัญ

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

วิชา : เครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

หน่วยที่ 2 วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง

หัวข้อ 1. วงจรปรีไมค์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ		
	R	A	T
1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรปรีไมค์	I		
2. อธิบายการทำงานของวงจรปรีไมค์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์	I		
3. อธิบายการทำงานของวงจรปรีไมค์ที่ใช้ออปแอมป์	I		
4. อธิบายหลักการผสมสัญญาณจากไมค์หลายตัว	I		

หัวข้อ 2. วงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ		
	R	A	T
1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม			X
2. อธิบายกราฟคุณสมบัติทางความถี่ของวงจรปรับเสียง ทุ้มแหลม		X	
3. อธิบายการทำงานของวงจรปรับเสียงทุ้มแหลม ชนิดพาสซีฟ	I		
4. อธิบายการทำงานของวงจรปรับเสียงทุ้มแหลม ชนิดแอดตีฟ	I		

หัวข้อ 3. วงจรขยายความแตกต่าง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ		
	R	A	T
1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายความแตกต่าง		X	
2. อธิบายการทำงานของวงจรจ่ายกระแสคงที่โดยใช้ทรานซิสเตอร์		X	
3. อธิบายการทำงานของวงจรจ่ายกระแสคงที่โดยใช้เฟท	I		
4. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันของวงจรขยายความแตกต่าง		X	

หมายเหตุ :LS = ระดับความสำคัญ ความสำคัญ

R = ฟื้นคืนความรู้ X = สำคัญมาก

A = การประยุกต์ความรู้ I = สำคัญ

T = การส่งถ่ายความรู้ O = ไม่สำคัญ

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

วิชา : เครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

หน่วยที่ 2 วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง (ต่อ)

หัวข้อ 4. วงจรขับสัญญาณและวงจรขยายกำลังสัญญาณ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ		
	R	A	T
1. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันของวงจรขับสัญญาณและวงจรขยายกำลังสัญญาณ		X	
	X		
2. อธิบายการทำงานของวงจรขยายแบบคอมพลีเมนทารี	X		
3. อธิบายการทำงานของวงจรดาร์ลิงตัน	X		
4. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันของวงจรดาร์ลิงตัน		X	
5. อธิบายข้อแตกต่างระหว่างวงจร OTL และ OCL	I		

หัวข้อ 5. กำลังของเพาเวอร์แอมป์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ		
	R	A	T
1. อธิบายการวิเคราะห์รูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ	I		
2. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ		X	
3. คำนวณหาค่ากำลังงานสูงสุดของเพาเวอร์แอมป์			X
4. อธิบายวิธีการออกแบบ Dummy Load			X
5. อธิบายวิธีการทดสอบหาค่ากำลังของเพาเวอร์แอมป์			X
6. อธิบายผลการตอบสนองทางความถี่ของเพาเวอร์แอมป์			X

หมายเหตุ :

LS = ระดับความสำคัญ ความสำคัญ

R = ฟื้นคืนความรู้ X = สำคัญมาก

A = การประยุกต์ความรู้ I = สำคัญ

T = การส่งถ่ายความรู้ O = ไม่สำคัญ

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

วิชา : เครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัส 04-226-208

หน่วยที่ 3 วงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ)

หัวข้อ 1. วงจรกรองความถี่

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ		
	R	A	T
1. อธิบายหลักการทำงานของวงจรกรองความถี่ต่ำ	X		
2. อธิบายหลักการทำงานของวงจรกรองความถี่กลาง	X		
3. อธิบายหลักการทำงานของวงจรกรองความถี่สูง	X		

หัวข้อ 2. การออกแบบวงจรแยกสัญญาณเสียง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ		
	R	A	T
1. อธิบายหลักการทำงานของเน็ตเวิร์คแบบขนาน	X		
2. อธิบายหลักการทำงานของเน็ตเวิร์คแบบอนุกรม	X		
3. คำนวณหาค่าองค์ประกอบของเน็ตเวิร์ค		X	
4. ออกแบบเน็ตเวิร์คแบบ 2 ทาง และ 3 ทาง		X	

หัวข้อ 3. โปรแกรมออกแบบ Crossover Networks

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ		
	R	A	T
1. อธิบายวิธีการใช้โปรแกรมออกแบบ Crossover Networks		X	
2. เขียนกราฟการวิเคราะห์ผลทางความถี่		X	
3. อธิบายการวิเคราะห์ผลทางความถี่ที่ได้จากกราฟ		X	

หมายเหตุ :

LS = ระดับความสำคัญ

R = ฟื้นคืนความรู้

A = การประยุกต์ความรู้

T = การส่งถ่ายความรู้

ความสำคัญ

X = สำคัญมาก

I = สำคัญ

O = ไม่สำคัญ

ภาคผนวก ค

- ตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน
- ตารางวิเคราะห์การออกข้อสอบ
- ตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์เพื่อการออกข้อสอบ

ตารางที่ ค-1 แสดงการวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนหน่วยที่ 1 วงจรขยายเสียง

หัวข้อที่	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	XIO	321	รวม
1.	1. อธิบายหลักการจัดไบอัสทรานซิสเตอร์	R	I	2	49
	2. อธิบายเส้นโหลดลายน์	R	X	3	
	3. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันในวงจรทรานซิสเตอร์	A	X	3	
	4. ออกแบบจุดการทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์	T	X	3	
2.	1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ	R	I	2	
	2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ	A	X	3	
	3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ	R	I	2	
	4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ	T	X	3	
	1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส บี	R	I	2	
3.	2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส บี	A	X	3	
	3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส บี	R	I	2	
	4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายคลาส บี	T	X	3	
	1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ บี	R	I	2	
4.	2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ บี	A	X	3	
	3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ บี	R	I	2	
	4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ บี	T	X	3	
	1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายหลายภาค				
	2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายหลายภาค	R	I	2	
5.	3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายหลายภาค	A	I	2	
	4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายหลายภาค	R	I	2	
		T	I	2	

หมายเหตุ : LS = ระดับความสำคัญ

	ความสำคัญ	ระดับคะแนน
R= ฟื้นคืนความรู้	X = สำคัญมาก	3
A= การประยุกต์ความรู้	I = สำคัญ	2
T = การส่งถ่ายความรู้	O = ไม่สำคัญ	1

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

หัวข้อที่	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	XIO	321	รวม
1.	1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรปรีไมค์	R	I	2	60
	2. อธิบายการทำงานของวงจรปรีไมค์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์	R	I	2	
	3. อธิบายการทำงานของวงจรปรีไมค์ที่ใช้ออปแอมป์	R	I	2	
	4. อธิบายหลักการผสมสัญญาณจากไมค์หลายตัว	R	I	2	
2.	1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม	T	X	3	
	2. อธิบายกราฟคุณสมบัติทางความถี่ของวงจรปรับเสียง ทุ้มแหลม	A	X	3	
	3. อธิบายการทำงานของวงจรปรับเสียงทุ้มแหลม ชนิดพาสซีฟ	R	I	2	
	4. อธิบายการทำงานของวงจรปรับเสียงทุ้มแหลม ชนิดแอดตีฟ	R	I	2	
3.	1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายความแตกต่าง	A	X	3	
	2. อธิบายการทำงานของวงจรจ่ายกระแสคงที่ใช้ทรานซิสเตอร์	A	X	3	
	3. อธิบายการทำงานของวงจรจ่ายกระแสคงที่โดยใช้เฟท	R	I	2	
	4. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันของวงจรขยายความแตกต่าง	A	X	3	
4.	1. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันของวงจรขับสัญญาณและวงจรขยายกำลังสัญญาณ	A	X	3	
	2. อธิบายการทำงานของวงจรขยายแบบคอมพลีเมนทารี	R	X	3	
	3. อธิบายการทำงานของวงจรดาร์ลิงตัน	R	X	3	
	4. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันของวงจรดาร์ลิงตัน	A	X	3	
	5. อธิบายข้อแตกต่างระหว่างวงจร OTL และ OCL	R	I	2	
5.	1. อธิบายการวิเคราะห์รูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ	R	I	2	
	2. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ	A	X	3	
	3. คำนวณหาค่ากำลังงานสูงสุดของเพาเวอร์แอมป์	T	X	3	
	4. อธิบายวิธีการออกแบบ Dummy Load	T	X	3	
	5. อธิบายวิธีการทดสอบหาค่ากำลังของเพาเวอร์แอมป์	T	X	3	
	6. อธิบายผลการตอบสนองทางความถี่ของเพาเวอร์แอมป์	T	X	3	

หมายเหตุ : LS = ระดับความสำคัญ

	ความสำคัญ	ระดับคะแนน
R= ฟื้นคืนความรู้	X = สำคัญมาก	3
A= การประยุกต์ความรู้	I = สำคัญ	2
T = การส่งถ่ายความรู้	O = ไม่สำคัญ	1

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

หัวข้อที่	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	XIO	321	รวม
1.	1. อธิบายหลักการทำงานของวงจรกรองความถี่ต่ำ	R	X	3	30
	2. อธิบายหลักการทำงานของวงจรกรองความถี่กลาง	R	X	3	
	3. อธิบายหลักการทำงานของวงจรกรองความถี่สูง	R	X	3	
2.	1. อธิบายหลักการทำงานของเน็ตเวิร์คแบบขนาน	R	X	3	
	2. อธิบายหลักการทำงานของเน็ตเวิร์คแบบอนุกรม	R	X	3	
	3. คำนวณหาค่าองค์ประกอบของเน็ตเวิร์ค	A	X	3	
	4. ออกแบบเน็ตเวิร์คแบบ 2 ทาง และ 3 ทาง	A	X	3	
3.	1. อธิบายวิธีการใช้โปรแกรมออกแบบ Crossover Networks	A	X	3	
	2. เขียนกราฟการวิเคราะห์ผลทางความถี่	A	X	3	
	3. อธิบายการวิเคราะห์ผลทางความถี่ที่ได้จากกราฟ	A	X	3	

หมายเหตุ :LS = ระดับความสำคัญ

R= ฟื้นคืนความรู้
A= การประยุกต์ความรู้
T = การส่งถ่ายความรู้

ความสำคัญ	ระดับคะแนน
X = สำคัญมาก	3
I = สำคัญ	2
O = ไม่สำคัญ	1

ตารางที่ ค-2 แสดงการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบ

		ระดับของสติปัญญา			รวมคะแนน	ข้อสอบ	จำนวนข้อสอบ
		ฟื้นคืนความรู้	ประยุกต์ความรู้	ส่งถ่ายความรู้			
หน่วยที่ 1	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม				49		40
	1.	I				1	
	2.	X				3	
	3.		X			3	
	4.			X		3	
	5.	I				1	
	6.		X			3	
	7.	I				1	
	8.			X		3	
	9.	I				1	
	10.		X			3	
	11.	I				1	
	12.			X		3	
	13.	I				1	
	14.		X			3	
	15.	I				1	
	16.			X		3	
	17.	I				1	
	18.		I			2	
	19.	I				1	
	20.			I		2	

ตารางที่ ค-2 (ต่อ)

		ระดับของสติปัญญา			รวมคะแนน	ข้อสอบ	จำนวนข้อสอบ
		ฟื้นคืนความรู้	ประยุกต์ความรู้	ส่งถ่ายความรู้			
หน่วยที่ 2	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม				60		48
	1.	I				1	
	2.	I				1	
	3.	I				1	
	4.	I				1	
	5.			X		3	
	6.		X			3	
	7.	I				1	
	8.	I				1	
	9.		X			3	
	10.		X			3	
	11.	I				1	
	12.		X			3	
	13.		X			3	
	14.	X				2	
	15.	X				2	
	16.		X			3	
	17.	I				1	
	18.	I				1	
	19.		X			2	
	20.			X		3	
	21.			X		3	
	22.			X		3	
	23.			X		3	

ตารางที่ ค-2 (ต่อ)

		ระดับของสติปัญญา			รวมคะแนน	ข้อสอบ	จำนวนข้อสอบ
		ฟื้นคืนความรู้	ประยุกต์ความรู้	ส่งถ่ายความรู้			
หน่วยที่ 3	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม				30		25
	1.	X				2	
	2.	X				2	
	3.	X				2	
	4.	X				2	
	5.	X				2	
	6.		X			3	
	7.		X			3	
	8.		X			3	
	9.		X			3	
	10.		X			3	

ตารางที่ ค-3 จำนวนข้อสอบในแต่ละวัตถุประสงค์

หน่วยที่ 1 วงจรขยายเสียง

หัวข้อที่	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	XIO	จำนวนข้อสอบ	ข้อสอบที่
1.	1. อธิบายหลักการจัดไบอัสทรานซิสเตอร์	R	I	32	1
	2. อธิบายเส้นโหลดลายน์	R	X		2-3
	3. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันในวงจรทรานซิสเตอร์	A	X		4-5
	4. ออกแบบจุดการทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์	T	X		6
2.	1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ	R	I		7
	2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ	A	X		8-10
	3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ	R	I		11
	4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ	T	X		12-14
3.	1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส บี	R	I		15
	2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส บี	A	X		16-17
	3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส บี	R	I		18
	4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายคลาส บี	T	X		19-21
4.	1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ บี	R	I		22
	2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ บี	A	X		23-24
	3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ บี	R	I		25
	4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ บี	T	X		26-28
5.	1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายหลายภาค	R	I		29
	2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายหลายภาค	A	I		30
	3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายหลายภาค	R	I		31
	4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายหลายภาค	T	I		32

ตารางที่ ค-3 (ต่อ)

หน่วยที่ 2 วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง

หัวข้อที่	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	XIO	จำนวนข้อสอบ	ข้อสอบที่
1.	1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรปรีไมค์	R	I	34	33
	2. อธิบายการทำงานของวงจรปรีไมค์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์	R	I		34
	3. อธิบายการทำงานของวงจรปรีไมค์ที่ใช้ออปแอมป์	R	I		35
	4. อธิบายหลักการผสมสัญญาณจากไมค์หลายตัว	R	I		36
2.	1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรปรับเสียงทุ้ม แหลม	T	X		37-38
	2. อธิบายกราฟคุณทางความถี่วงจรปรับเสียง ทุ้มแหลม	A	X		39
	3. อธิบายการทำงานวงจรปรับเสียงทุ้มแหลม ชนิดพาสซีฟ	R	I		40
	4. อธิบายการทำงานวงจรปรับเสียงทุ้มแหลม ชนิดแอดตีฟ	R	I		41
3.	1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายความแตกต่าง	A	X		42-43
	2. อธิบายการทำงานของวงจรจ่ายกระแสคงที่โดยใช้ทรานซิสเตอร์	A	X		44-45
	3. อธิบายการทำงานของวงจรจ่ายกระแสคงที่โดยใช้เฟท	R	I		46
	4. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันของวงจรขยายความแตกต่าง	A	X		47-48
4.	1. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันของวงจรขับสัญญาณและวงจรขยายกำลังสัญญาณ	A	X		49
	2. อธิบายการทำงานของวงจรขยายแบบคอมพลีเมนทารี				
	3. อธิบายการทำงานของวงจรดาร์ลิงตัน	R	X		50
	4. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันของวงจรดาร์ลิงตัน	R	X		51
	5. อธิบายข้อแตกต่างระหว่างวงจร OTL และ OCL	A	X		52
5.	1. อธิบายการวิเคราะห์รูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ	R	I		53
	2. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ	R	I		54
	3. คำนวณหาค่ากำลังงานสูงสุดของเพาเวอร์แอมป์	A	X		55-56
	4. อธิบายวิธีการออกแบบ Dummy Load	T	X		57-59
	5. อธิบายวิธีการทดสอบหาค่ากำลังของเพาเวอร์แอมป์	T	X		60-61
	6. อธิบายผลการตอบสนองทางความถี่ของเพาเวอร์แอมป์	T	X		62-64
		T	X		65-66

ตารางที่ ค-3 (ต่อ)

หน่วยที่ 3 วงจรแยกสัญญาณเสียง

หัวข้อที่	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	XIO	จำนวนข้อสอบ	ข้อสอบที่
1.	1. อธิบายหลักการทำงานของวงจรกรองความถี่ต่ำ	R	X	19	67-68
	2. อธิบายหลักการทำงานของวงจรกรองความถี่กลาง	R	X		69
	3. อธิบายหลักการทำงานของวงจรกรองความถี่สูง	R	X		70
2.	1. อธิบายหลักการทำงานของเน็ตเวิร์คแบบขนาน	R	X		71
	2. อธิบายหลักการทำงานของเน็ตเวิร์คแบบอนุกรม	R	X		72
	3. คำนวณหาค่าองค์ประกอบของเน็ตเวิร์ค	A	X		73-75
	4. ออกแบบเน็ตเวิร์คแบบ 2 ทาง และ 3 ทาง	A	X		76-78
3.	1. อธิบายวิธีการใช้โปรแกรมออกแบบ Crossover Networks	A	X		79-81
	2. เขียนกราฟการวิเคราะห์ผลทางความถี่	A	X		82-83
	3. อธิบายการวิเคราะห์ผลทางความถี่ที่ได้จากกราฟ	A	X		84-85

ภาคผนวก ง

- ผลการวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อหาดรรชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้เชี่ยวชาญ
- ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (D) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (D) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบหลังบทเรียน

ตารางที่ ง-1 การวิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อหาดรรชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

บทที่	ครั้งที่	วัตถุประสงค์ข้อที่	ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IOC
				คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		2	2	+1	0	0	+1	+1	3	0.6
			3	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
			4	+1	0	0	+1	+1	3	0.6
		3	5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			6	+1	0	0	+1	+1	3	0.6
		4	7	+1	0	0	0	+1	3	0.6
			8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	2	1	9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		2	10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			11	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
			12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		3	13	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
		4	14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ตารางที่ ง-1 (ต่อ)

บทที่	ครั้งที่	วัตถุประสงค์ข้อที่	ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IOC
				คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	3	1	17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		2	18	+1	0	0	+1	+1	6	0.6
			19	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		3	20	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		4	21	+1	0	0	0	+1	3	0.6
			22	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
			23	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	4	1	24	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		2	25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			26	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
			27	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
		3	28	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
		4	29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			31	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	5	1	32	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		2	33	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		3	34	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
		4	35	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8

ตารางที่ ง-1 (ต่อ)

บทที่	ครั้งที่	วัตถุประสงค์ข้อที่	ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IOC
				คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
2	1	1	36	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		2	37	+1	0	0	+1	+1	3	0.6
		3	38	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		4	39	+1	0	0	0	+1	3	0.6
	2	1	40	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			41	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		2	42	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
		3	43	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
		4	44	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	3	1	45	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			46	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		2	47	+1	0	0	0	+1	3	0.6
			48	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
		3	49	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		4	50	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
			51	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
	4	1	52	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			53	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		2	54	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			55	+1	0	0	0	+1	3	0.6

ตารางที่ ง-1 (ต่อ)

บทที่	ครั้งที่	วัตถุประสงค์ข้อที่	ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IOC
				คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
2	5	3	56	+1	0	0	0	+1	3	0.6
			57	+1	0	0	0	+1	3	0.6
		4	58	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
			59	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		5	60	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		1	61	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		2	62	+1	0	0	+1	+1	3	0.6
			63	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		3	64	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			65	+1	0	0	+1	+1	3	0.6
			66	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		4	67	+1	0	0	0	+1	3	0.6
			68	+1	0	0	0	+1	3	0.6
			69	+1	0	0	0	+1	3	0.6
		5	70	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			71	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
			72	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		6	73	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			74	+1	0	0	0	+1	3	0.6
			75	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ตารางที่ ง-1 (ต่อ)

บทที่	ครั้งที่	วัตถุประสงค์ข้อที่	ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IOC
				คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
3	1	1	76	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			77	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
		2	78	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			79	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		3	80	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			81	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	2	1	82	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
			83	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
3		2	84	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			85	+1	0	0	+1	+1	3	0.6
		3	86	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
			87	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			88	+1	0	0	+1	+1	3	0.6
		4	89	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			90	+1	0	0	+1	+1	3	0.6
			91	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	3	1	92	+1	0	0	0	+1	3	0.6
			93	+1	0	0	0	+1	3	0.6
			94	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		2	95	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			96	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			97	+1	0	0	+1	+1	3	0.6
3	3	3	98	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
			99	+1	0	0	+1	+1	3	0.6
			100	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8

ดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ

หาได้จากสูตร $IOC = \frac{\sum R}{N}$

เมื่อ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ
$\sum R$ คือ ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

การแปลความหมายของการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ค่าดัชนีที่คำนวณได้มากกว่าหรือเทียบเท่ากับ 0.5 แสดงว่าข้อสอบวัดหรือเป็นตัวแทนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อนั้น ถ้าค่าดัชนีที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า 0.5 แสดงว่าข้อสอบไม่วัดหรือไม่เป็นตัวแทนวัตถุประสงค์ในข้อนั้นๆ (บุญเชิด, 2527 : 69)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ที่ประเมินแบบทดสอบทั้งหมด 100 ข้อ พบว่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าระหว่าง 0.6 – 1.00 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.85 แสดงว่าข้อสอบแต่ละข้อเป็นตัวแทนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ตารางที่ ง-2 ผลการตรวจคะแนนและการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลจากผลการทดลองใช้ข้อสอบจำนวน 85 ข้อ ผู้เข้าสอบจำนวน 22 คน

รหัสนักศึกษา	คะแนนดิบ	Z-Score	T-SCORE
1004	75	0.88	58.78
2002	50	-0.12	48.83
3003	72	0.76	57.58
4015	57	0.16	51.61
5013	20	-1.31	36.89
6005	18	-1.39	36.09
7006	10	-1.71	32.91
8017	58	0.20	52.01
9009	46	-0.28	47.24
1001	90	1.47	64.74
1214	58	0.20	52.01

ตารางที่ ง-2 (ต่อ)

รหัสนักศึกษา	คะแนนดิบ	Z-Score	T-SCORE
1318	82	1.16	61.56
1407	63	0.40	54.00
1511	82	1.16	61.56
1619	80	1.08	60.77
1708	58	0.20	52.01
1820	20	-1.31	36.89
1921	49	-0.16	48.43
2005	18	-1.39	36.09

สถิติพื้นฐาน

คะแนนเฉลี่ย (Mean) = 52.95

ค่ามัธยฐาน (Median) = 58.00

ค่าฐานนิยม (Mode) = 68.00 (ประมาณจาก Mode = 3Median - 2Mean)

พิสัย (Range) = 80 (คะแนนสูงสุด = 90 , คะแนนต่ำสุด = 10)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 25.130

ความเบ้ (Skewness) = 0.123

ความโด่ง (Kurtosis) = 1.907

คุณภาพของแบบสอบ

ค่าความเที่ยง (สูตร KR20) = 0.975

ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัด (SEM) = 100.607

ตารางที่ ง-3 ค่าความยาก (Difficulty) และ ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	
ข้อ 1	0.53	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 2	0.37	0.80	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 3	0.42	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 4	0.74	0.00	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 5	0.53	0.60	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 6	0.58	0.60	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 7	0.53	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 8	0.58	0.00	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 9	0.26	0.40	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 10	0.63	0.80	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 11	0.47	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 12	0.63	1.00	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 13	0.58	0.40	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 14	0.63	0.80	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 15	0.58	1.00	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 16	0.53	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 17	0.47	0.60	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 18	0.47	0.60	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 19	0.63	0.80	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 20	0.53	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 21	0.21	0.20	ค่อนข้างยาก	จำแนกพอใช้
ข้อ 22	0.26	0.40	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 23	0.26	0.60	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 24	0.47	0.40	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 25	0.26	0.00	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 26	0.47	0.40	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 27	0.79	0.40	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 28	0.58	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก

ตารางที่ ง-3 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	
ข้อ 29	0.74	0.40	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 30	0.32	0.20	ค่อนข้างยาก	จำแนกพอใช้
ข้อ 31	0.42	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 32	0.74	0.40	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 33	0.74	0.60	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 34	0.68	0.60	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 35	0.47	0.60	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 36	0.74	0.80	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 37	0.32	0.20	ค่อนข้างยาก	จำแนกพอใช้
ข้อ 38	0.47	0.60	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 39	0.26	0.40	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 40	0.68	0.60	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 41	0.53	1.00	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 42	0.74	0.60	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 43	0.58	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 44	0.74	0.60	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 45	0.37	0.80	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 46	0.53	0.60	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 47	0.53	1.00	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 48	0.47	1.00	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 49	0.68	0.60	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 50	0.53	0.20	ยากพอเหมาะ	จำแนกพอใช้
ข้อ 51	0.47	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 52	0.16	0.60	ยากมาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 53	0.53	0.60	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 54	0.58	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 55	0.42	-0.20	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 56	0.37	0.00	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี

ตารางที่ ง-3 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	
ข้อ 57	0.21	0.20	ค่อนข้างยาก	จำแนกพอใช้
ข้อ 58	0.84	0.40	ง่ายมาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 59	0.74	0.60	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 60	0.58	0.60	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 61	0.53	1.00	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 62	0.47	0.40	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 63	0.42	0.60	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 64	0.63	0.40	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 65	0.63	1.00	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 66	0.58	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 67	0.74	0.80	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 68	0.74	0.20	ค่อนข้างง่าย	จำแนกพอใช้
ข้อ 69	0.84	0.00	ง่ายมาก	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 70	0.26	0.80	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 71	0.53	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 72	0.37	0.80	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 73	0.42	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 74	0.68	-0.40	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 75	0.68	0.60	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 76	0.53	0.20	ยากพอเหมาะ	จำแนกพอใช้
ข้อ 77	0.47	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 78	0.16	0.60	ยากมาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 79	0.53	0.60	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 80	0.58	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 81	0.42	-0.20	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 82	0.37	0.00	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 83	0.21	0.20	ค่อนข้างยาก	จำแนกพอใช้
ข้อ 84	0.84	0.40	ง่ายมาก	จำแนกดีมาก

ตารางที่ ง-3 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	
ข้อ 85	0.74	0.60	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 86	0.58	0.60	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 87	0.53	1.00	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 88	0.47	0.40	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 89	0.42	0.60	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 90	0.63	0.40	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 91	0.63	1.00	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 92	0.58	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 93	0.74	0.80	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 94	0.74	0.20	ค่อนข้างง่าย	จำแนกพอใช้
ข้อ 95	0.84	0.00	ง่ายมาก	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 96	0.26	0.80	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 97	0.53	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 98	0.37	0.80	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 99	0.42	0.80	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 100	0.68	-0.40	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ไม่ดี

ข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์นำไปใช้ได้ คือ 1 2 3 5 6 7 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 53 54 57 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 70 71 72 73 75 76 77 79 80 83 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 96 97 98 99

จำนวนข้อสอบที่ใช้ 85

ตารางที่ ง-4 ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น

	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าความเชื่อมั่น
ค่าต่ำสุด	0.16	0.00	0.975
ค่าสูงสุด	0.84	1	
ค่าเฉลี่ย	0.529	0.554	

ภาคผนวก จ

- คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังบทเรียน
- คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอน

ตารางที่ จ-1 คะแนนแบบทดสอบหลังบทเรียน ค่าร้อยละของผู้เรียน

ลำดับที่	หน่วยที่ 1	ค่าร้อยละ	หน่วยที่ 2	ค่าร้อยละ	หน่วยที่ 3	ค่าร้อยละ	รวม	ค่าร้อยละ
	(35)	(%)	(40)	(%)	(25)	(%)	(100)	(%)
1	33	94.28	38	95.00	23	92.00	94	94.00
2	29	82.85	34	85.00	21	84.00	84	84.00
3	30	85.71	34	85.00	21	84.00	85	85.00
4	29	82.85	30	75.00	21	84.00	80	80.00
5	30	85.71	28	70.00	20	80.00	78	78.00
6	29	82.85	32	80.00	22	88.00	83	83.00
7	30	85.71	34	85.00	23	92.00	87	87.00
8	29	82.85	36	90.00	24	96.00	89	89.00
9	30	85.71	34	85.00	23	92.00	87	87.00
10	30	85.71	32	80.00	22	88.00	84	84.00
11	31	88.57	36	90.00	22	88.00	89	89.00
12	31	88.57	26	65.00	20	80.00	77	77.00
13	29	82.85	28	70.00	22	88.00	79	79.00
14	28	80.00	34	85.00	18	72.00	80	80.00
15	31	88.57	30	75.00	21	84.00	82	82.00
16	29	82.85	34	85.00	20	80.00	83	83.00
17	32	91.42	38	95.00	22	88.00	92	92.00
18	31	88.57	32	80.00	23	92.00	86	86.00
19	32	91.42	36	90.00	22	88.00	90	90.00
20	32	91.42	34	85.00	21	84.00	87	87.00
21	29	82.85	30	75.00	22	88.00	81	81.00
22	30	85.71	36	90.00	24	96.00	90	90.00

ตารางที่ จ-1 (ต่อ)

หน่วยที่	1	2	3	รวม 1 - 3
รวม	664	726	477	1,867
เฉลี่ย	30.18	33.00	21.68	84.86
%	86.23	82.50	86.73	84.73

ดังนั้น ค่าประสิทธิภาพ E1 = 84.73

ตารางที่ จ-2 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน และค่าร้อยละ

ลำดับที่	คะแนนหลังเรียน	ค่าร้อยละ
	(85)	**(%)**
1	73	85.88
2	64	75.29
3	71	83.52
4	79	92.94
5	76	89.41
6	61	71.76
7	66	77.64
8	70	82.35
9	80	94.11
10	73	85.88
11	73	85.88
12	66	77.64
13	67	78.82
14	78	91.76
15	74	87.05
16	71	83.52
17	59	69.41
18	60	70.58
19	64	75.29
20	73	85.88
21	72	84.70
22	72	84.70
รวม	1,542	1,814.01
เฉลี่ย	82.46	82.46

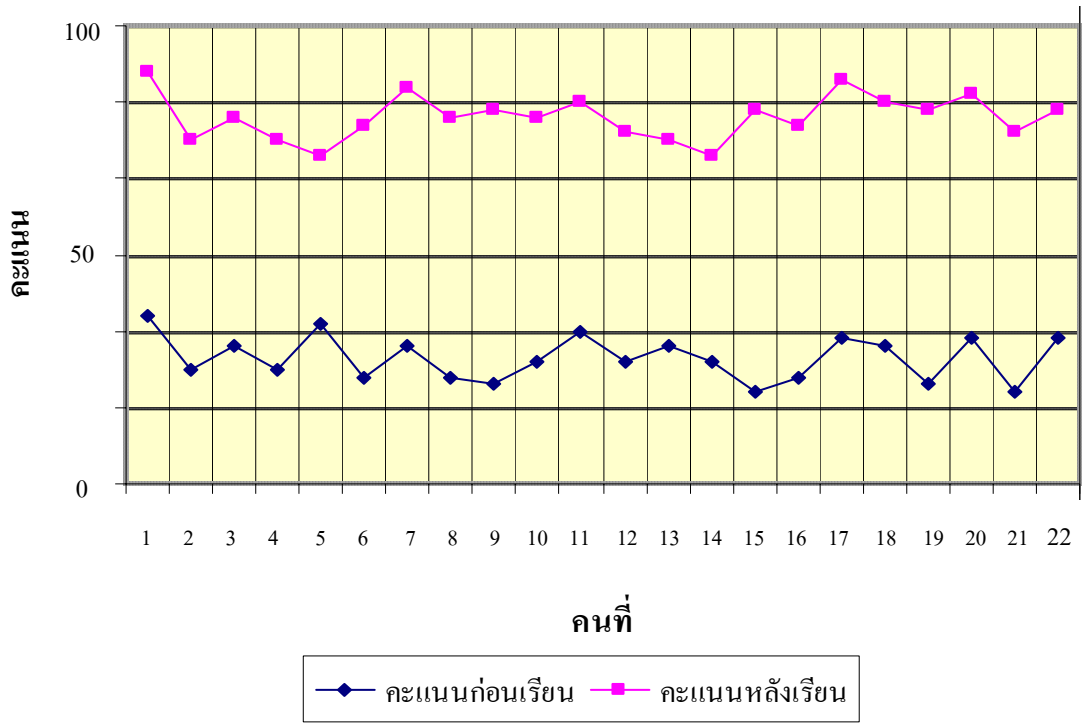
ดังนั้น ค่าประสิทธิภาพ E2 =82.46

ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
(ความก้าวหน้าทางการเรียน)

ตารางที่ ฉ-1 คะแนน ค่าร้อยละของผู้เรียนก่อนเรียน และหลังเรียน

ลำดับที่	คะแนนก่อนเรียน (100)	ค่าร้อยละ (%)	คะแนนหลังเรียน (100)	ค่าร้อยละ (%)
1	42	42.00	94	94.00
2	35	35.00	85	85.00
3	38	38.00	88	88.00
4	35	35.00	85	85.00
5	41	41.00	83	83.00
6	34	34.00	87	87.00
7	38	38.00	92	92.00
8	34	34.00	88	88.00
9	33	33.00	89	89.00
10	36	36.00	88	88.00
11	40	40.00	90	90.00
12	36	36.00	86	86.00
13	38	38.00	85	85.00
14	36	36.00	83	83.00
15	32	32.00	89	89.00
16	34	34.00	87	87.00
17	39	39.00	93	83.00
18	38	38.00	90	90.00
19	33	33.00	89	89.00
20	39	39.00	91	91.00
21	32	32.00	86	86.00
22	39	39.00	89	89.00
รวม	802	802.00	1,937	1,937
เฉลี่ย	36.90	36.90	88.05	88.05



ภาพที่ ฉ-1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากคะแนนสอบก่อนและคะแนนสอบหลังเรียน

ตารางที่ ฉ-2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูล

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ก่อนเรียน	36.90	22	2.92326	.62324
	หลังเรียน	88.05	22	2.96772	.63272

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	ก่อนเรียน & หลังเรียน	22	.327	.138

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	99% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	ก่อนเรียน หลังเรียน	-31.5909	3.41787	.72869	-33.1063	-30.0755	-43.353	21	.000

สมมติฐานทางสถิติ

1. Ho = $\mu_{ก่อน} = \mu_{หลัง}$ (คะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนไม่แตกต่างกัน)
2. $H_1 = \mu_{ก่อน} \neq \mu_{หลัง}$ (คะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนแตกต่างกัน)

P (ความน่าจะเป็น) = .000 , α (ระดับนัยสำคัญ) = .05 ดังนั้นค่า P น้อยกว่า ค่า α (เท่ากับ Sig.) จึงปฏิเสธ H_0ยอมรับ H_1

สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนก่อนเรียนและผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนสูงขึ้นหลังจากได้เรียนกับชุดการสอนวิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง

ภาคผนวก ช

- รายนามผู้เชี่ยวชาญชุดการสอนเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์
- หนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอน
- แบบประเมินชุดการสอน
- ผลการประเมินชุดการสอน

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอน

1. ผู้ช่วยศาตราจารย์นภัทร วัจนเทพินทร์
ผู้ช่วยอธิการบดีด้านวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
การศึกษา ปริญญาโทครุศาสตร์ไฟฟ้า(สจพ.)
ทำการสอนทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า 21 ปี
เบอร์โทรศัพท์ 0-1365-0709

2. อาจารย์เตือนใจ อาชีวะพนิช
อาจารย์ 2 ระดับ 6 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
การศึกษา ปริญญาโทครุศาสตร์ไฟฟ้า(สจพ.)และกำลังศึกษาปริญญาโทวิศวกรรมไฟฟ้า(มทร.)
ทำการสอนทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า 12 ปี
เบอร์โทรศัพท์ 0-1000-00048

3. อาจารย์ธานี สมวงศ์
อาจารย์ 1 ระดับ 5 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
การศึกษา ปริญญาโทวิศวกรรมไฟฟ้า(สจพ.)
ทำการสอนทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า 9 ปี
เบอร์โทรศัพท์ 0-1341-5045

4. อาจารย์โกศล นิธิโสภา
อาจารย์ 2 ระดับ 7 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
การศึกษา ปริญญาโทครุศาสตร์ไฟฟ้า(สจพ.)และกำลังศึกษาปริญญาโทวิศวกรรมไฟฟ้า(มทร.)
ทำการสอนทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า 25 ปี
เบอร์โทรศัพท์ 0-9130-8041

5. อาจารย์ภัทชนนท์ เกิดพิพัฒน์
อาจารย์ 2 ระดับ 7 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
การศึกษา ปริญญาโทวิศวกรรมไฟฟ้า(สจล.)
ทำการสอนทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า 10 ปี
เบอร์โทรศัพท์ 0-2287-3211-25

ที่ ศธ 0525.3(2)/110

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

10 พฤศจิกายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภัทร วัจนเทพินทร์

ด้วยนายดำรง เช้งมณี นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง สร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่องวงจรขยายเสียงและวงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ) วิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัสวิชา 04-226-208 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ ดร.มานิตย์ สิทธิชัย เป็นประธานกรรมการ และ อาจารย์ทรงชัย ดาศิริ เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ประเมินชุดการสอน เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวงษ์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ ศธ 0525.3(2)/110

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

10 พฤศจิกายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

เรียน อาจารย์เสือนใจ อาชีวะพนิช

ด้วยนายดำรง เซ้งมณี นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง สร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่องวงจรขยายเสียงและวงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ) วิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัสวิชา 04-226-208 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ ดร.มานิตย์ สิทธิชัย เป็นประธานกรรมการ และ อาจารย์ทรงชัย ดาศิริ เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ประเมินชุดการสอน เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวงษ์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ ศธ 0525.3(2)/110

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

10 พฤศจิกายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

เรียน อาจารย์ธานี สมวงศ์

ด้วยนายดำรง เช้งมณี นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง สร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่องวงจรขยายเสียงและวงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ) วิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัสวิชา 04-226-208 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ ดร.มานิตย์ สิทธิชัย เป็นประธานกรรมการ และ อาจารย์ทรงชัย ดาศิริ เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ประเมินชุดการสอน เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวงษ์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ ศธ 0525.3(2)/110

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

10 พฤศจิกายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

เรียน อาจารย์โกศล นิจโสภา

ด้วยนายดำรง เช้งมณี นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง สร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่องวงจรขยายเสียงและวงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ) วิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัสวิชา 04-226-208 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ ดร.มานิตย์ สิทธิชัย เป็นประธานกรรมการ และ อาจารย์ทรงชัย ดาศิริ เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ประเมินชุดการสอน เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวงษ์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ ศธ 0525.3(2)/110

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

10 พฤศจิกายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

เรียน อาจารย์มัทชนนท์ เกิดพิพัฒน์

ด้วยนายดำรง เช้งมณี นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง สร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่องวงจรขยายเสียงและวงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ) วิชาทฤษฎีเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัสวิชา 04-226-208 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ ดร.มานิตย์ สิทธิชัย เป็นประธานกรรมการ และ อาจารย์ทรงชัย ดาศิริ เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ประเมินชุดการสอน เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวงษ์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
โทร/โทรสาร 0-2587-8255

แบบประเมินชุดการสอน

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน วิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัสวิชา (04-226-208) เรื่อง วงจรขยายเสียง, วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง และวงจรแยกสัญญาณเสียง (แอคทีฟ/พาสซีฟ) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

2. แบบประเมินนี้ใช้สำหรับหาข้อมูลเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่มีผลกระทบต่อการปฏิบัติหน้าที่ และสถานภาพทางราชการแต่ประการใด คำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์ในการทำวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างมาก ทางผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

<u>ตอนที่ 1</u> ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

กรุณาเขียนเครื่องหมาย (√) ลงในวงเล็บ หน้าข้อความที่ตรงกับความจริง

1. ระดับการศึกษา
   - ( ) ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า
   - ( ) ปริญญาโทหรือเทียบเท่า
   - ( ) ปริญญาเอกหรือเทียบเท่า
   - ( ) อื่นๆ.....
2. ประสบการณ์ด้านการสอน
   - ( ) ต่ำกว่า 5 ปี
   - ( ) 6-10 ปี
   - ( ) มากกว่า 10 ปี
3. ด้านการสอนทำหน้าที่การสอนเกี่ยวกับ

( ) วิชาทางด้านสื่อสาร – โทรคมนาคม

( ) วิชาทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ – คอมพิวเตอร์ ( ) วิชาที่เกี่ยวกับไฟฟ้า

( ) อื่นๆ.....

<u>ตอนที่ 2</u> ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน

กรุณาเขียนเครื่องหมาย (√) ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยมีระดับความคิดเห็นดังนี้

5	หมายถึง	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4	หมายถึง	เห็นด้วย
3	หมายถึง	ปานกลางหรือไม่แน่ใจ
2	หมายถึง	ไม่เห็นด้วย
1	หมายถึง	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ตัวอย่างการตอบแบบประเมิน

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	<u>ด้านวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม</u>					
1.	วัตถุประสงค์ครอบคลุมเนื้อหา	√	…..	…..	….	….
2.	…….	…..	…..	…..	√	….
	จำนวนข้อของวัตถุประสงค์เหมาะสมกับหัวเรื่อง…….					

ผู้ที่ตอบข้อ 1 หมายความว่า ผู้ตอบ ประเมินวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมว่า ครอบคลุมเนื้อหาทุกหัวเรื่อง ในระดับ “เห็นด้วยอย่างยิ่ง”

ผู้ที่ตอบข้อ 2 หมายความว่า ผู้ตอบ ประเมินจำนวนข้อของวัตถุประสงค์เหมาะสมกับหัวเรื่องในระดับ “ไม่เห็นด้วย”

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	<u>ด้านวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม</u>					
1.	วัตถุประสงค์ครอบคลุมเนื้อหา ……	…..	…..	…..	….	….
2.	จำนวนข้อของวัตถุประสงค์เหมาะสมกับหัวเรื่อ……	…..	…..	…..	….	….
3.	ข้อความที่ใช้แสดงพฤติกรรมมีความชัดเจน เข้าใจง่าย…	…..	…..	…..	….	….
4.	ประเมินผลการเรียนตามวัตถุประสงค์ได้จริง……	…..	…..	…..	…..	…..
5.	เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้จริง	…..	…..	…..	…..	…..
	<u>ด้านเนื้อหาวิชา</u>					
1.	เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์……	…..	…..	…..	…..	…..
2.	เนื้อหามีความถูกต้อง……	…..	…..	…..	…..	…..
3.	มีรายละเอียดของเนื้อหาเพียงพอ……	…..	…..	…..	…..	…..
4.	เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม……	…..	…..	…..	…..	…..
5.	รูปภาพสัมพันธ์กับคำอธิบาย……	…..	…..	…..	…..	…..
6.	คำอธิบายละเอียดและชัดเจน……	…..	…..	…..	…..	…..
7.	ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม และอ่านทำความเข้าใจได้ง่าย	…..	…..	…..	…..	…..
	<u>ด้านสื่อการเรียนการสอน</u> (งานนำเสนอเพาเวอร์พอยต์)					
1.	รูปภาพมองเห็นได้ชัดเจน……	…..	…..	…..	…..	…..
2.	ตัวหนังสือมองเห็นได้ชัดเจน……	…..	…..	…..	…..	…..
3.	การใช้สีสันเหมาะสม……	…..	…..	…..	…..	…..
4.	เหมาะสมกับเนื้อหา และวัตถุประสงค์การสอน……	…..	…..	…..	…..	…..
5.	สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี……	…..	…..	…..	…..	…..

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	<u>ด้านการประเมินผล</u> (แบบทดสอบหลังบทเรียน/แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)					
1.	คำถามตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม……	…..	…..	…..	….	….
2.	จำนวนข้อสอบเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม…	…..	…..	…..	…..	….
3.	คำถามและคำตอบมีเป้าหมายที่ชัดเจน……	…..	…..	…..	…..	….
4.	คำถามชัดเจนไม่คลุมเครือ……	…..	…..	…..	…..	….
5.	คำถามมีความยากง่ายเหมาะสม……	…..	…..	…..	…..	….

<u>ตอนที่ 3</u> ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

<u>ด้านวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม</u>

……

……

……

<u>ด้านเนื้อหาวิชา</u>

……

……

……

<u>ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน</u>

……

……

……

<u>ด้านสื่อการเรียนการสอน</u>

……

……

……

<u>ด้านการประเมินผล</u>

……

……

……

ลงชื่อ…… ผู้ประเมิน

(……)

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ตารางที่ ช-1 ผลการวิเคราะห์ หาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดการสอนที่ได้จากการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้โปรแกรม SPSS for window

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
วัตถุประสงค์ครอบคลุมเนื้อหา	5	4	5	4.2	0.44721
จำนวนข้อของวัตถุประสงค์เหมาะสมกับหัวเรื่อง	5	4	5	4.4	0.54772
ข้อความที่ใช้แสดงพฤติกรรมมีความชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	4.6	0.54772
ประเมินผลการเรียนตามวัตถุประสงค์ได้จริง	5	4	5	4.4	0.54772
เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้	5	4	5	4.2	0.44721
เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์	5	4	5	4.6	0.44721
เนื้อหามีความถูกต้อง	5	4	5	4.6	0.54772
มีรายละเอียดของเนื้อหาเพียงพอ	5	4	5	4.8	0.44721
เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม	5	4	5	4.8	0.44721
รูปภาพสัมพันธ์กับคำอธิบาย	5	4	5	4.8	0.44721
คำอธิบายละเอียดและชัดเจน	5	4	5	4.4	0.54772
ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสมและอ่านทำความเข้าใจง่าย	5	3	5	4	0.70710
รูปภาพมองเห็นได้ชัดเจน	5	4	5	4.4	0.54772
ตัวหนังสือมองเห็นได้ชัดเจน	5	4	5	4.4	0.54772
การใช้สีสันเหมาะสม	5	4	5	4.4	0.54772
เหมาะสมกับเนื้อหา และวัตถุประสงค์การสอน	5	4	5	4.8	0.44721
สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี	5	5	5	5	0

ตารางที่ ช-1 (ต่อ)

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
คำถามตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	5	4	5	4.8	0.44721
จำนวนข้อสอบเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	5	4	5	4.8	0.44721
คำถามและคำตอบมีเป้าหมายที่ชัดเจน	5	4	5	4.2	0.44721
คำถามชัดเจนไม่คลุมเครือ	5	4	5	4.2	0.44721
คำถามมีความยากง่ายเหมาะสม	5	3	5	4.4	0.89442
Valid N (listwise)					

ภาคผนวก ซ

- ตัวอย่างคู่มือครู
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

หน่วยที่ 2

เรื่อง วงจรขยายเสียง

2.1 ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายเสียง

2.1.1 การจัดไบอัสทรานซิสเตอร์

2.1.2 เส้นโหลดลายน์

2.1.3 ค่ากระแสและแรงดันในวงจรทรานซิสเตอร์

2.1.4 จุดการทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์

2.2 วงจรขยายคลาส เอ

2.2.1 คุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ

2.2.2 จุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ

2.2.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ

2.2.4 องค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ

2.3 วงจรขยายคลาส บี

2.3.1 คุณสมบัติของวงจรขยายคลาส บี

2.3.2 จุดการทำงานของวงจรขยายคลาส บี

2.3.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส บี

2.3.4 องค์ประกอบของวงจรขยายคลาส บี

2.4 วงจรขยายคลาส เอ บี

2.4.1 คุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ บี

2.4.2 จุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ บี

2.4.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ บี

2.4.4 องค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ บี

2.5 วงจรขยายหลายภาค

2.5.1 คุณสมบัติของวงจรขยายหลายภาค

2.5.2 จุดการทำงานของวงจรขยายหลายภาค

2.5.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายหลายภาค

2.5.4 องค์ประกอบของวงจรขยายหลายภาค

แผนการสอน **สัปดาห์ที่ 3**

หน่วยที่ 2 วงจรขยายเสียง **วิชา** เครื่องขยายเสียงและลำโพง

เวลาสอน 2 คาบ **ชั้นเรียน** ปวส. 2 **วันที่สอน**.....

ผู้สอน .....

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	**การประเมินขั้นสำเร็จผล**
เมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความสามารถดังต่อไปนี้	ระบุในแบบฝึกหัดข้อที่
หัวข้อ 1. ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายเสียง	
1. อธิบายหลักการจัดไบอัสทรานซิสเตอร์	1
2. อธิบายเส้นโหลดลายน์	2-3
3. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันในวงจรทรานซิสเตอร์	4-5
4. ออกแบบจุดการทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์	6
หัวข้อ 2. วงจรขยายคลาส เอ	
1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ	7
2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ	8-10
3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ	11
4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ	12-14
หัวข้อ 3. วงจรขยายคลาส บี	
1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส บี	15
2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส บี	16-17
3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส บี	18
4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายคลาส บี	19-21

ความรู้พื้นฐานที่จำเป็น ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

แผนการสอน **สัปดาห์ที่ 4**

หน่วยที่ 2 วงจรขยายเสียง **วิชา** เครื่องขยายเสียงและลำโพง

เวลาสอน 2 คาบ **ชั้นเรียน** ปวส. 2 **วันที่สอน**.....

ผู้สอน .....

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม **การประเมินขั้นสำเร็จผล**

เมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความสามารถดังต่อไปนี้ ระบุในแบบฝึกหัดข้อที่

หัวข้อ 4. วงจรขยายคลาส เอ บี

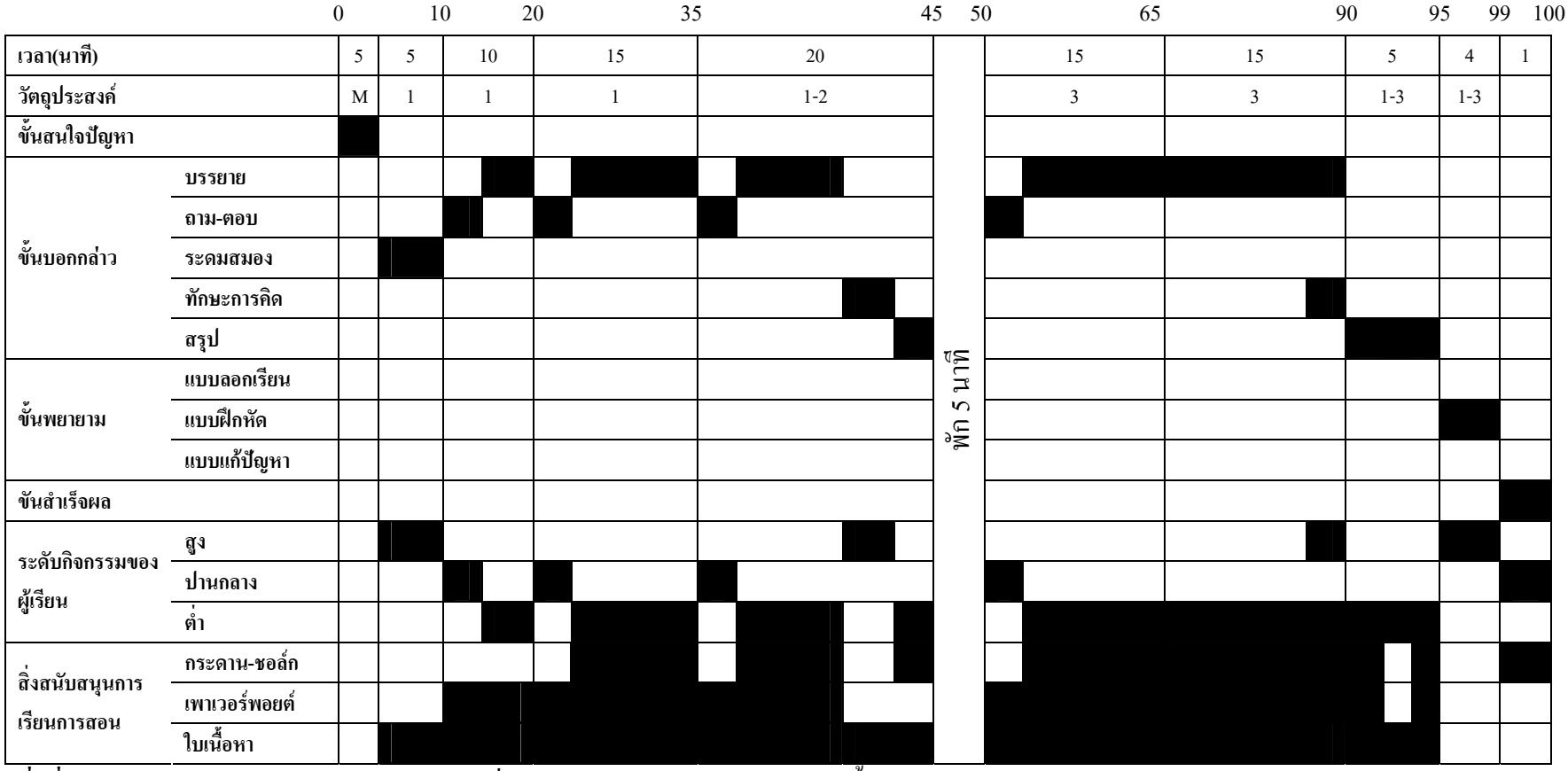
1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ บี 22
2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ บี 23-24
3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ บี 25
4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ บี 26-28

หัวข้อ 5. วงจรขยายหลายภาค

1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายหลายภาค 29
2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายหลายภาค 30
3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายหลายภาค 31
4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายหลายภาค 32

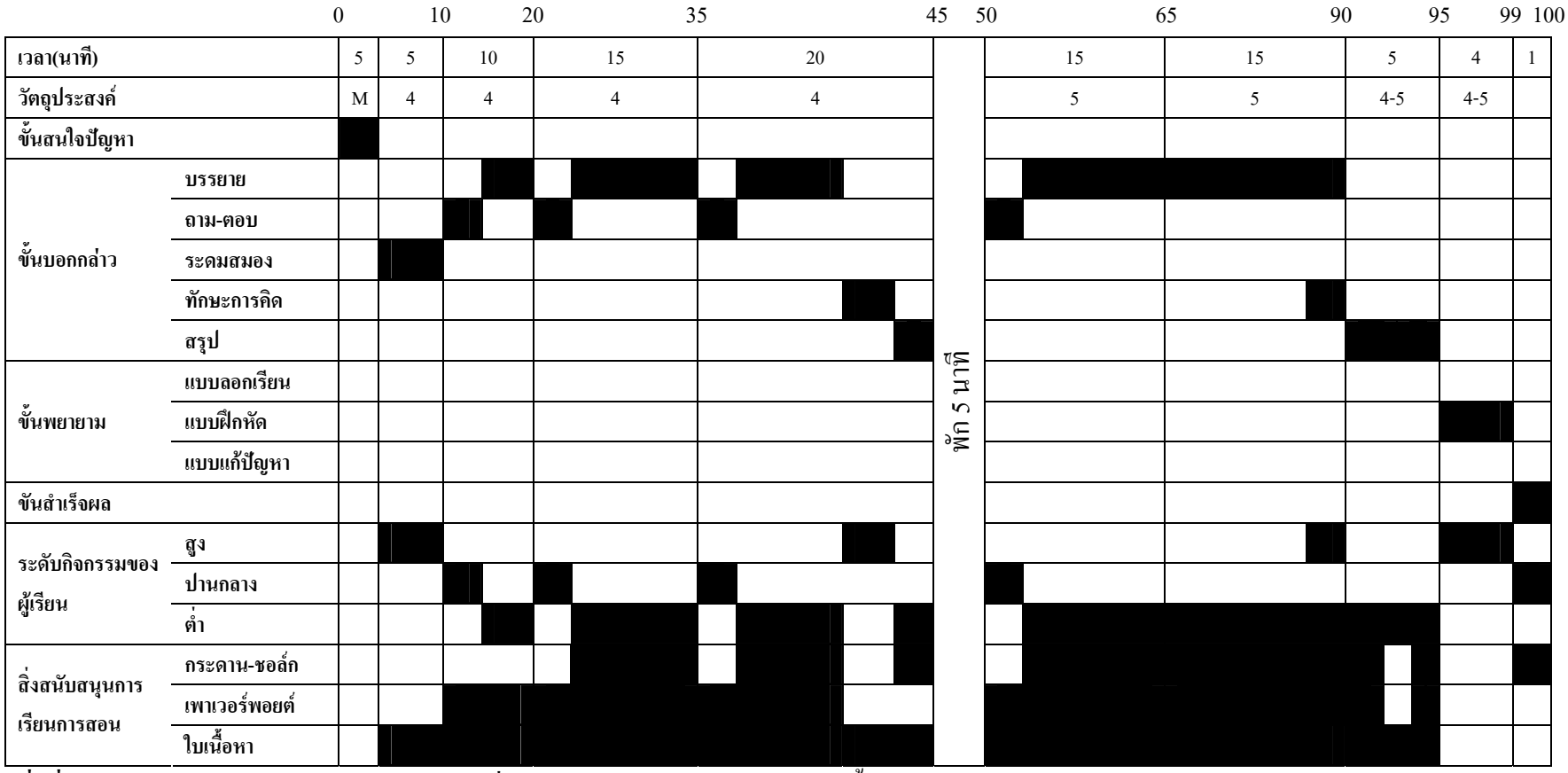
ความรู้พื้นฐานที่จำเป็น ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ตารางปฏิบัติการสัปดาห์ที่ 3



สิ่งที่แนบมาด้วย 1. แบบร่างกระดาน / สื่อนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ 2. ใบเนื้อหา 3. ใบทดสอบ 4.เฉลยใบทดสอบ

ตารางปฏิบัติการสัปดาห์ที่ 4



สิ่งที่แนบมาด้วย 1. แบบร่างกระดาน / สื่อนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ 2. ใบเนื้อหา 3. ใบทดสอบ 4.เฉลยใบทดสอบ

หน่วยที่ 2
วงจรขยายเสียง

<u>วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม</u>

เมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความสามารถดังต่อไปนี้

<u>หัวข้อ 1.</u> ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายเสียง

1. อธิบายหลักการจัดไบอัสทรานซิสเตอร์
2. อธิบายเส้นโหลดลายน์
3. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันในวงจรทรานซิสเตอร์
4. ออกแบบจุดการทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์

<u>หัวข้อ 2.</u> วงจรขยายคลาส เอ

1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ
2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ
3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ
4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ

<u>หัวข้อ 3.</u> วงจรขยายคลาส บี

1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส บี
2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส บี
3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส บี
4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายคลาส บี

<u>หัวข้อ 4.</u> วงจรขยายคลาส เอ บี

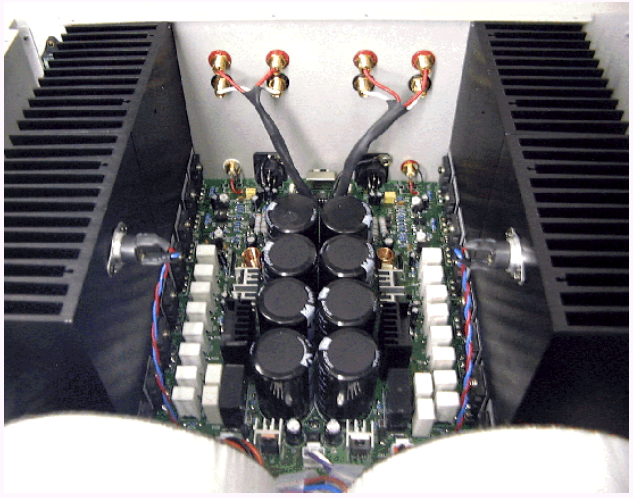
1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ บี
2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ บี
3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ บี
4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายคลาส เอ บี

<u>หัวข้อ 5.</u> วงจรขยายหลายภาค

1. อธิบายคุณสมบัติของวงจรขยายหลายภาค
2. คำนวณจุดการทำงานของวงจรขยายหลายภาค
3. บอกข้อดีและข้อเสียของวงจรขยายหลายภาค
4. ออกแบบและคำนวณหาค่าองค์ประกอบของวงจรขยายหลายภาค

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ศูนย์นนทบุรี

วงจรขยายเสียง



อ.ดำรง เซ้งมณี ผู้สอน

dumrong_rmutsb@yahoo.co.th

วงจรขยายเสียง

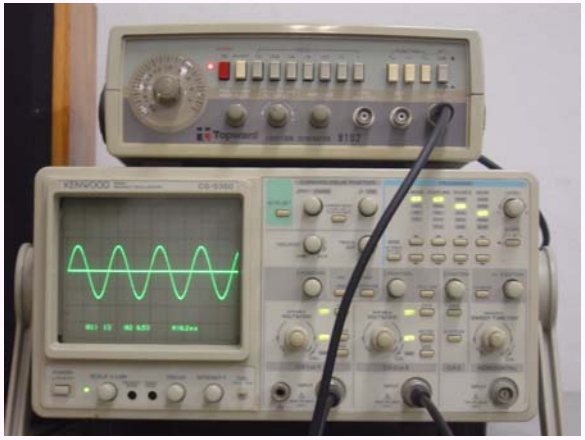
หัวข้อ 1. ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายเสียง

หัวข้อ 2. วงจรขยายคลาส เอ

หัวข้อ 3. วงจรขยายคลาส บี

หัวข้อ 4. วงจรขยายคลาส เอ บี

หัวข้อ 5. วงจรขยายหลายภาค



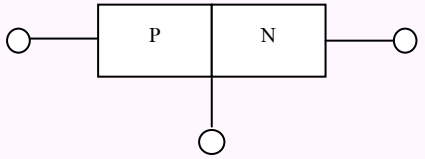
อ.ดำรง เซ้งมณี ผู้สอน

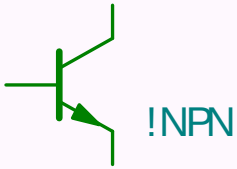
dumrong_rmutsb@yahoo.co.th

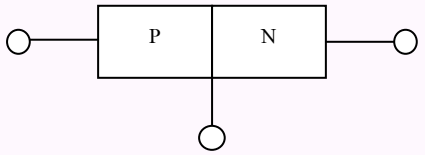
พื้นฐานของอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

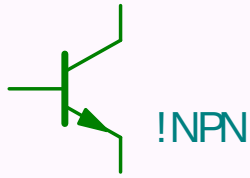
ประการแรก ได้แก่การทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัว เช่น ทรานซิสเตอร์, ตัวต้านทาน, หม้อแปลง, ตัวเก็บประจุ เป็นต้น

ประการที่สอง คือหลักการทำงานของวงจรเมื่อมีอุปกรณ์หลายตัวต่อรวมกันเป็นวงจร เช่น วงจรปรีแอมป์, วงจรเพาเวอร์แอมป์ เป็นต้น

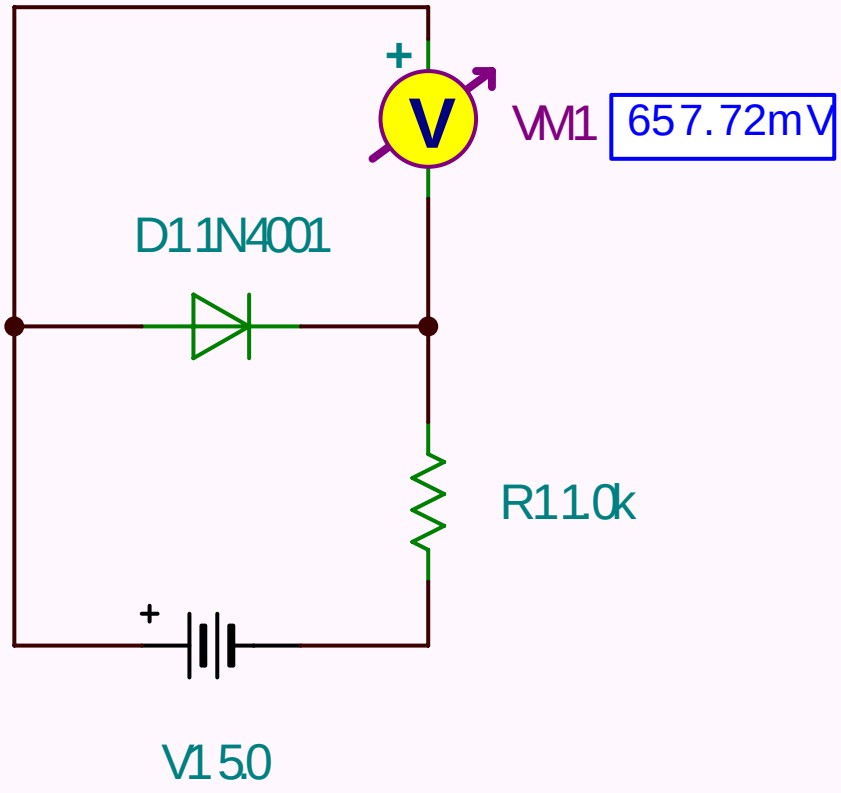








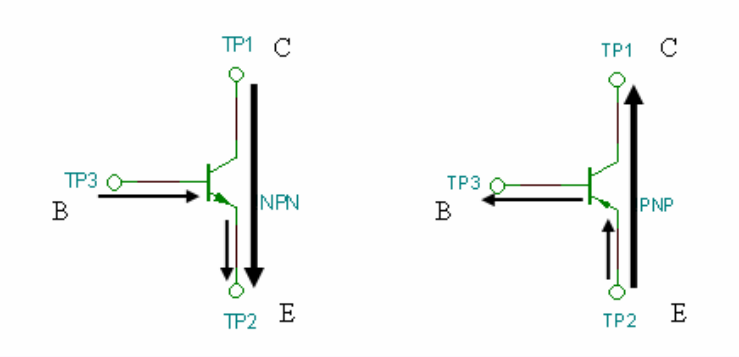
ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านไดโอด



A = อาโนด (Anode)

K = คาโถด (Cathode)

ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านทรานซิสเตอร์

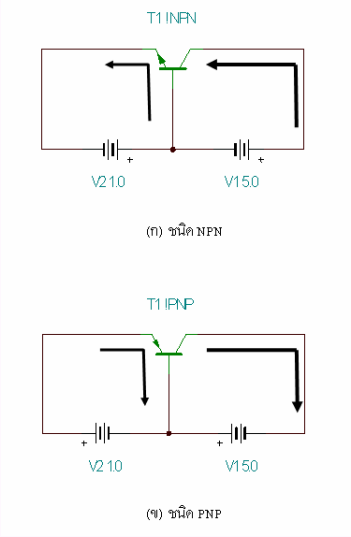


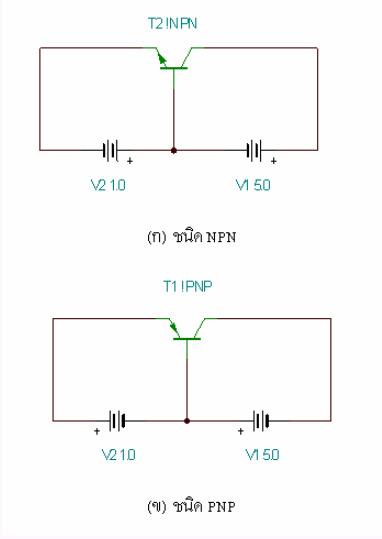
C = คอลเลคเตอร์ (Collector)

B = เบส (Base)

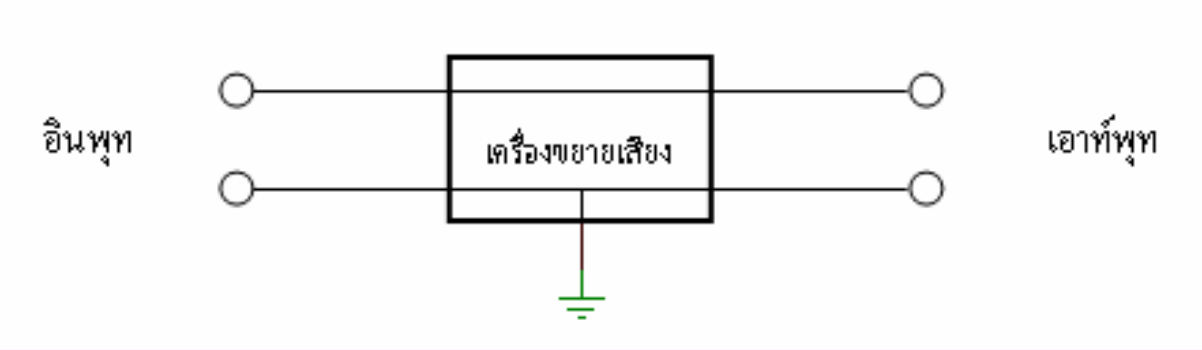
E = อีมิตเตอร์ (Emitter)

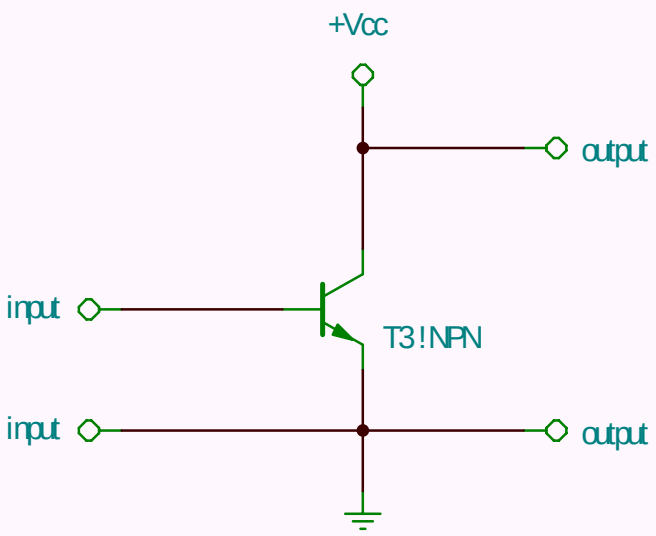
ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านทรานซิสเตอร์

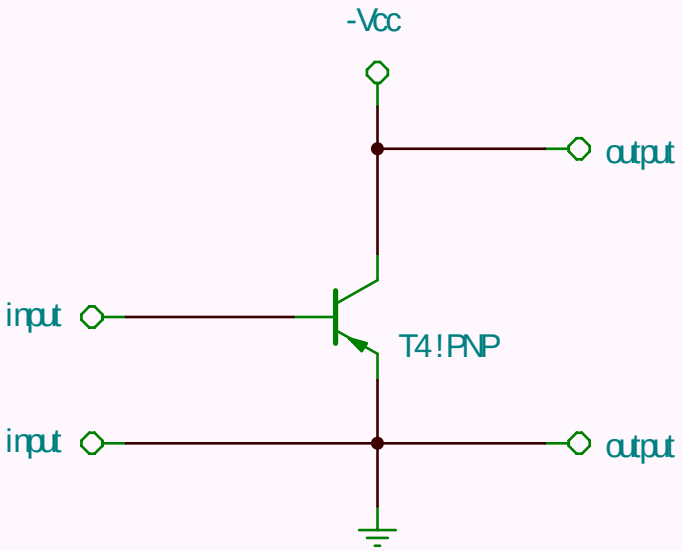




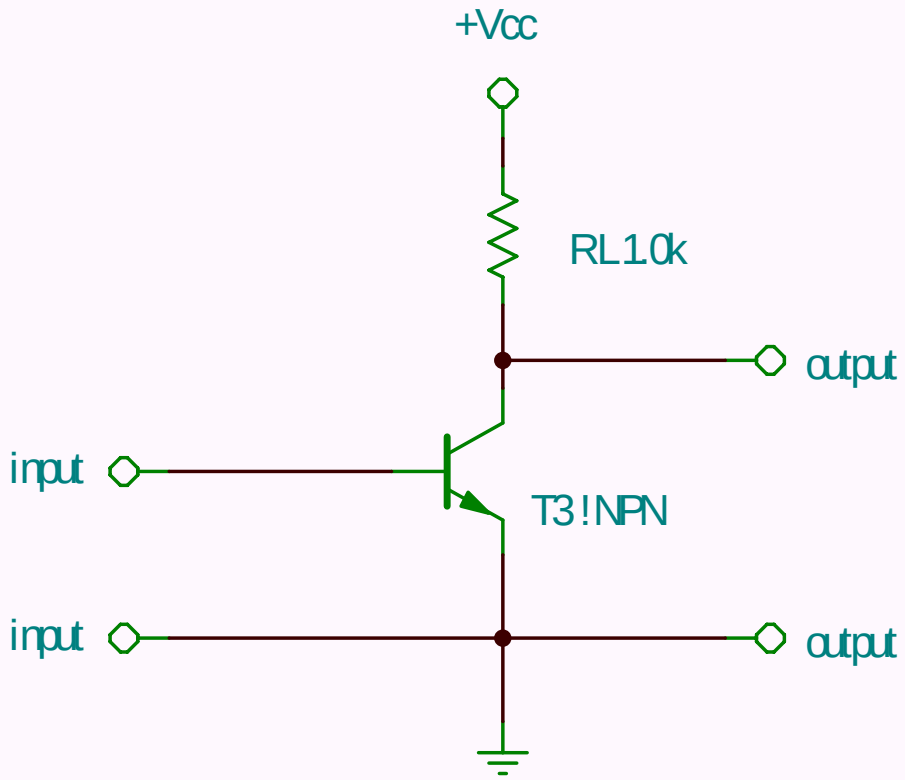
อินพุตและเอาท์พุตเครื่องขยายเสียง





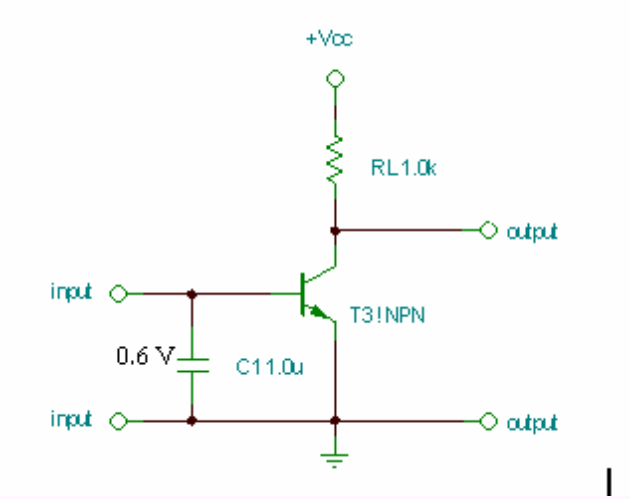


การใส่โหลด เพื่อให้ได้เอาท์พุตออกมา

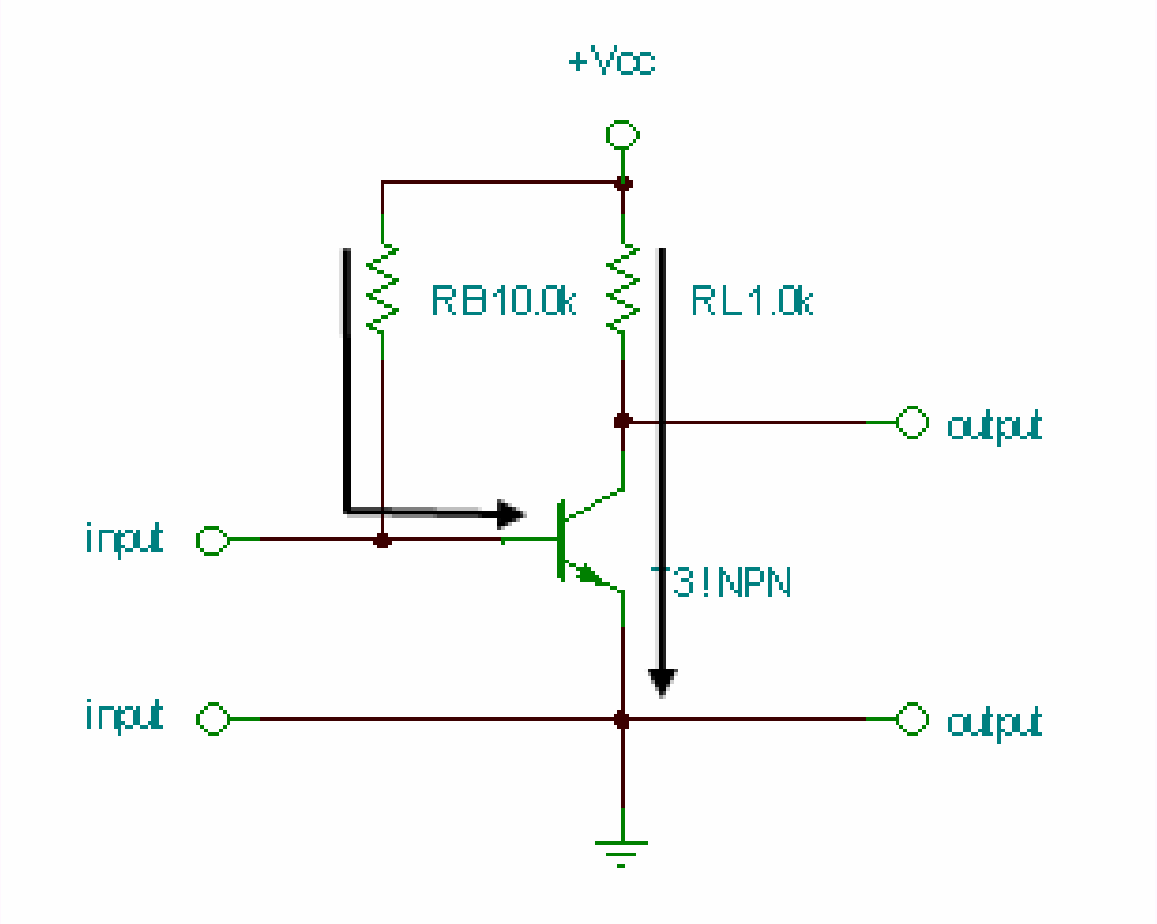


VCC = IC RL + VCE

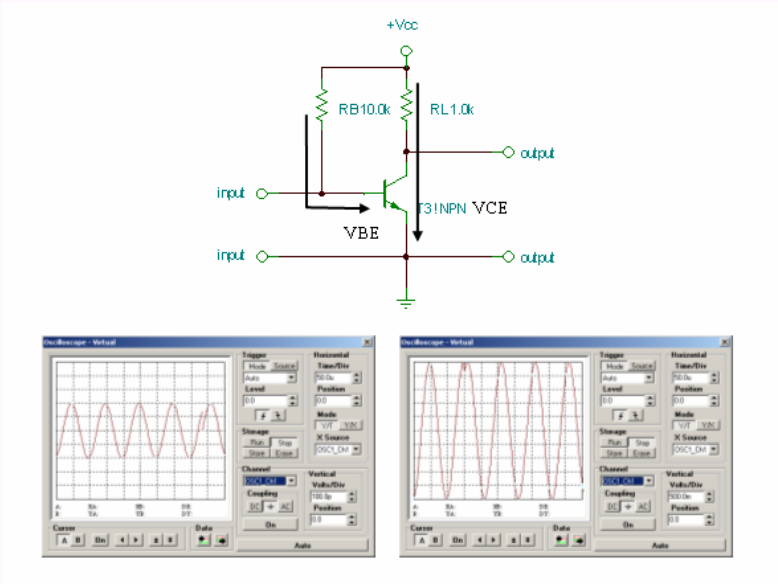
การใช้แบตเตอรี่ในการไบอัสให้ VBE = 0.6V



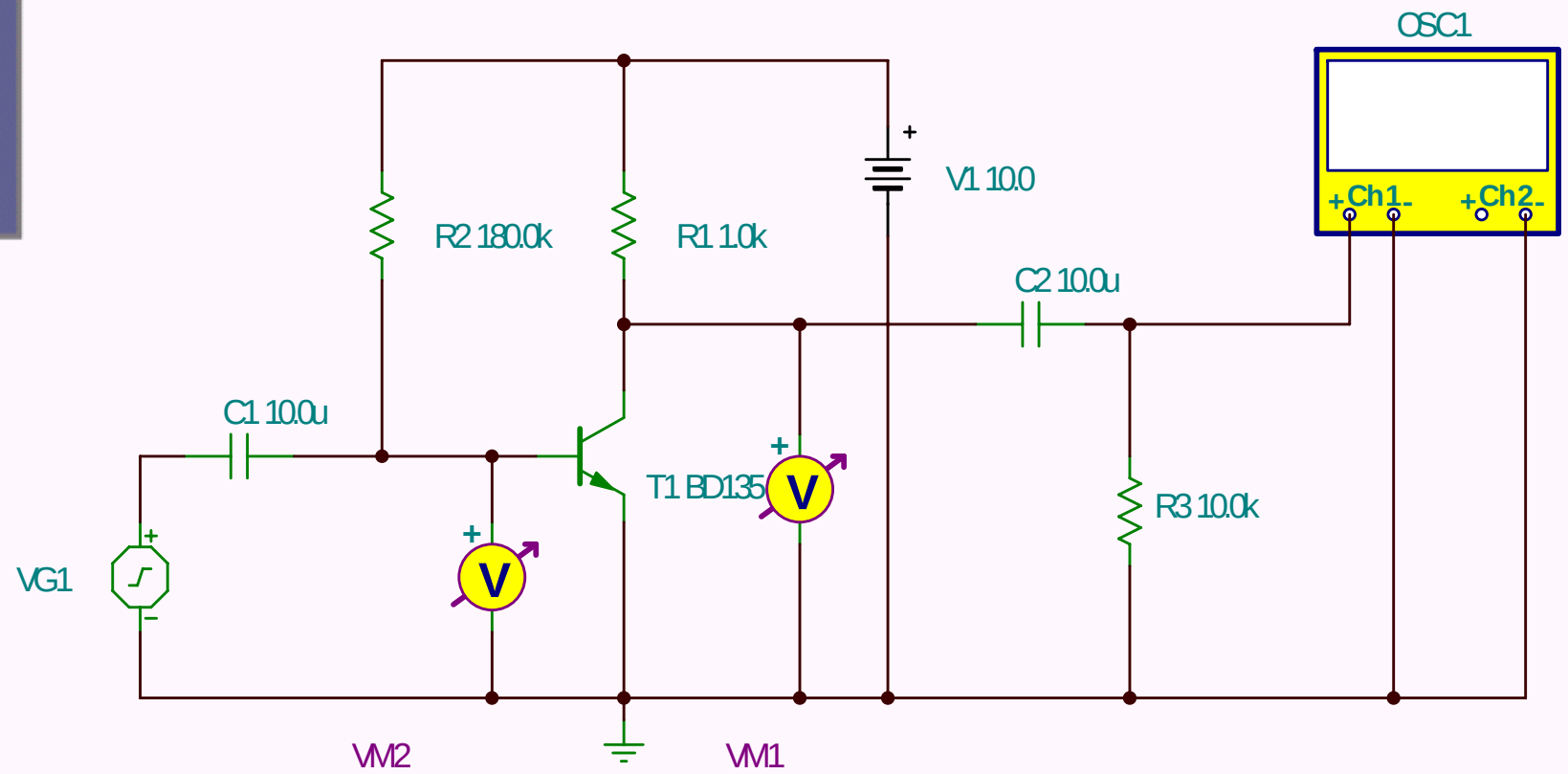
การต่อ RB เพื่อไบอัสให้ VBE = 0.6V



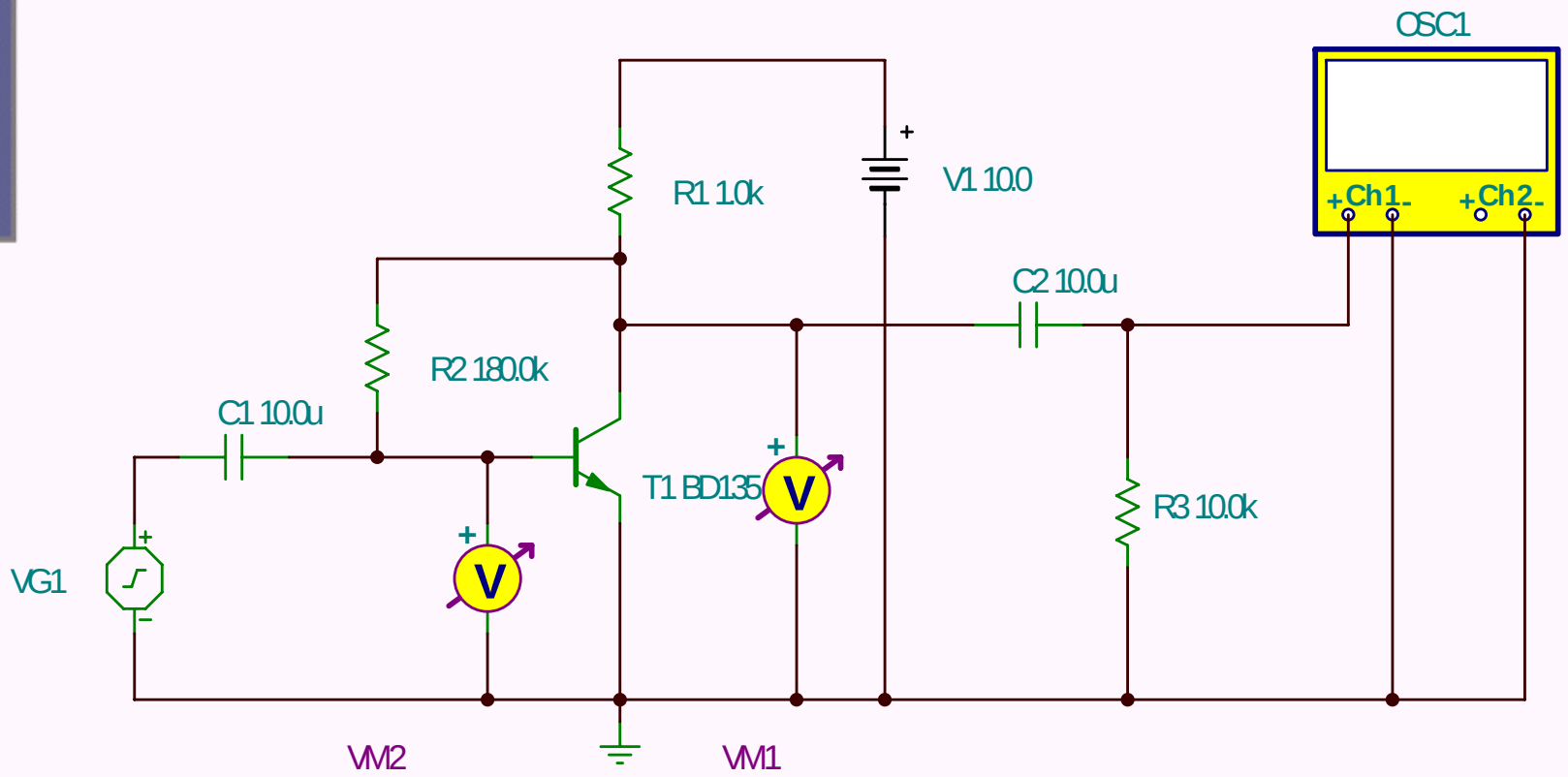
สัญญาณเอาท์พุตกลับเฟสกับสัญญาณอินพุต



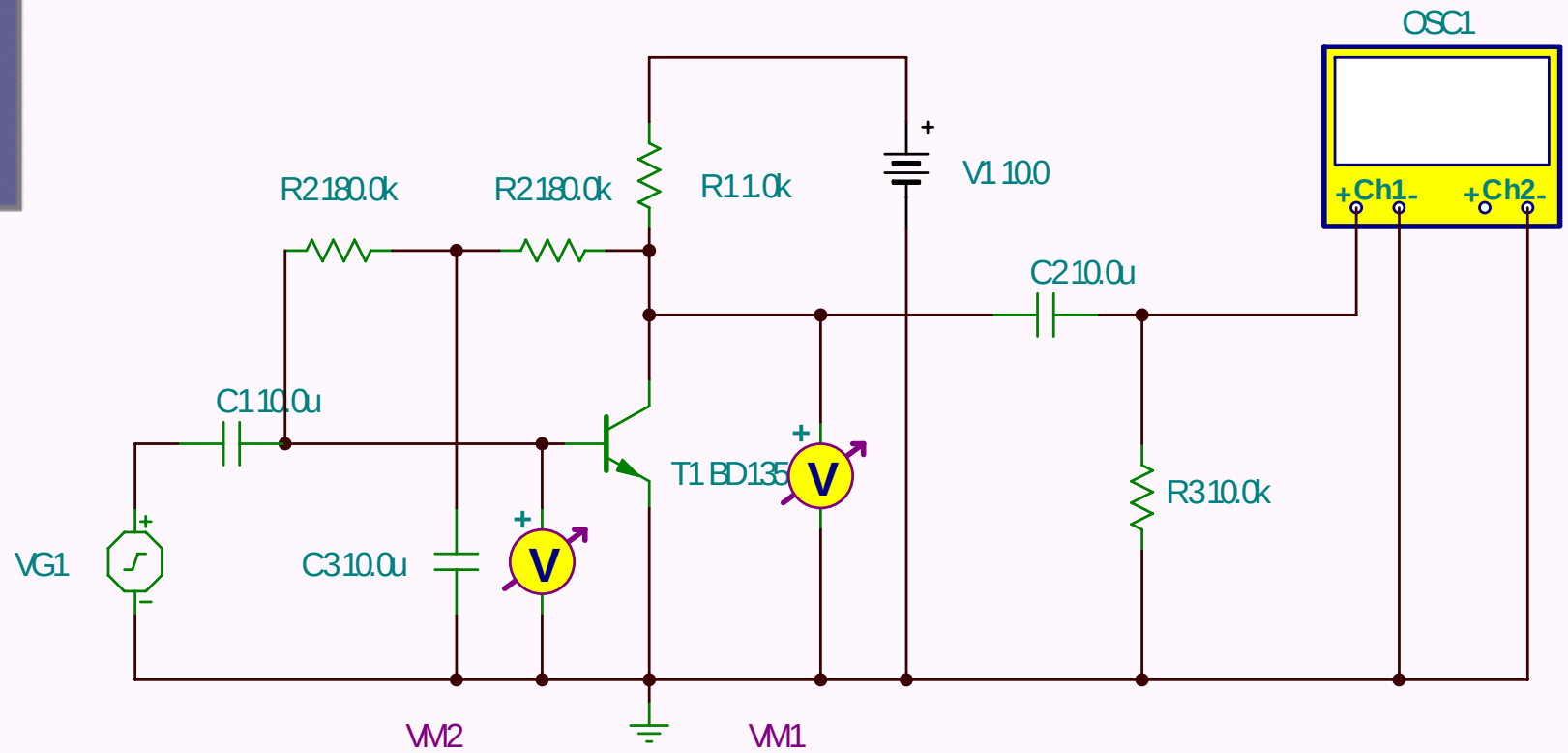
วงจรที่ต่อคร่อมทางอินพุตและเอาท์พุต



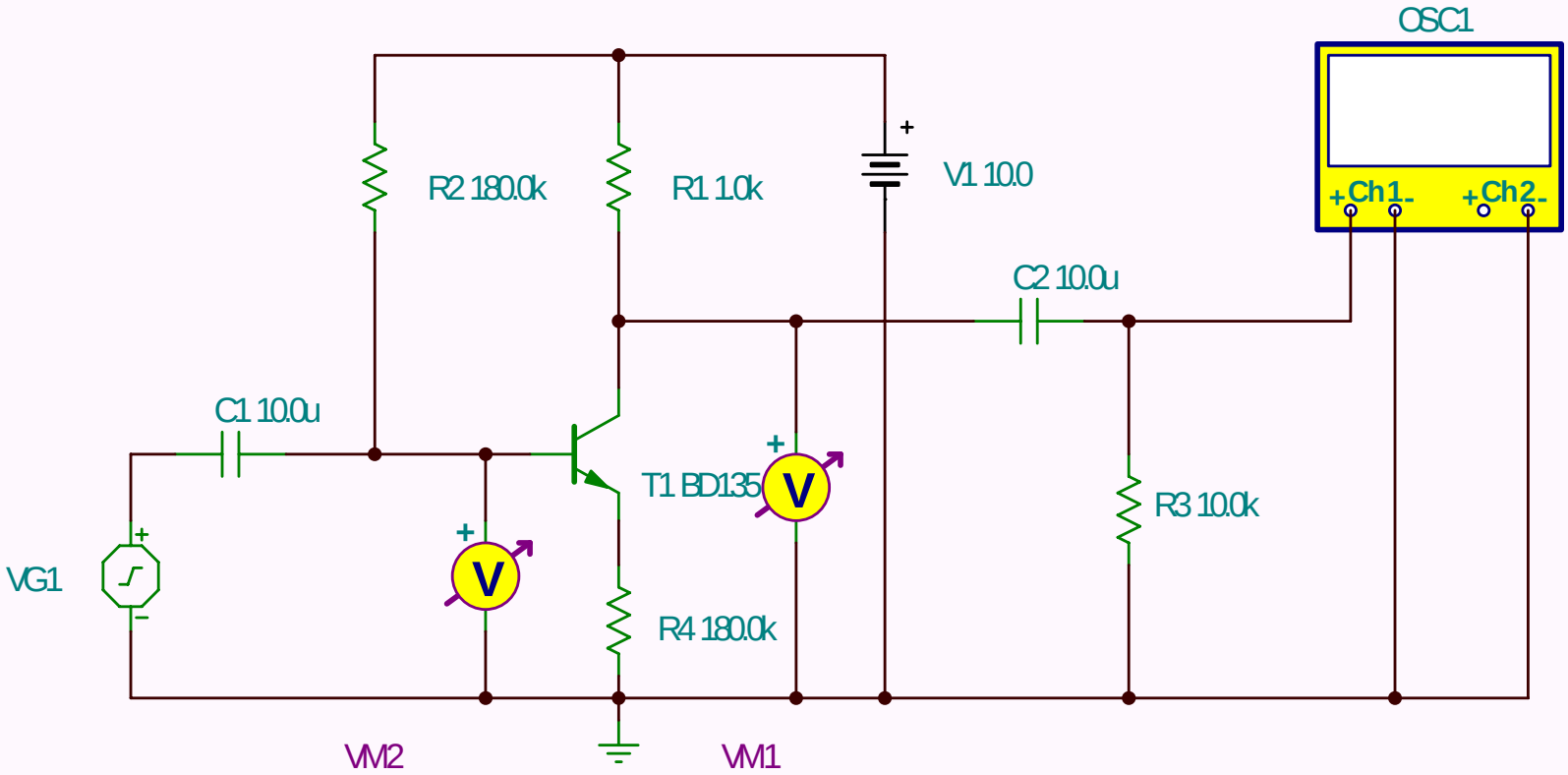
วงจรคอลเลคเตอร์ไบอัส



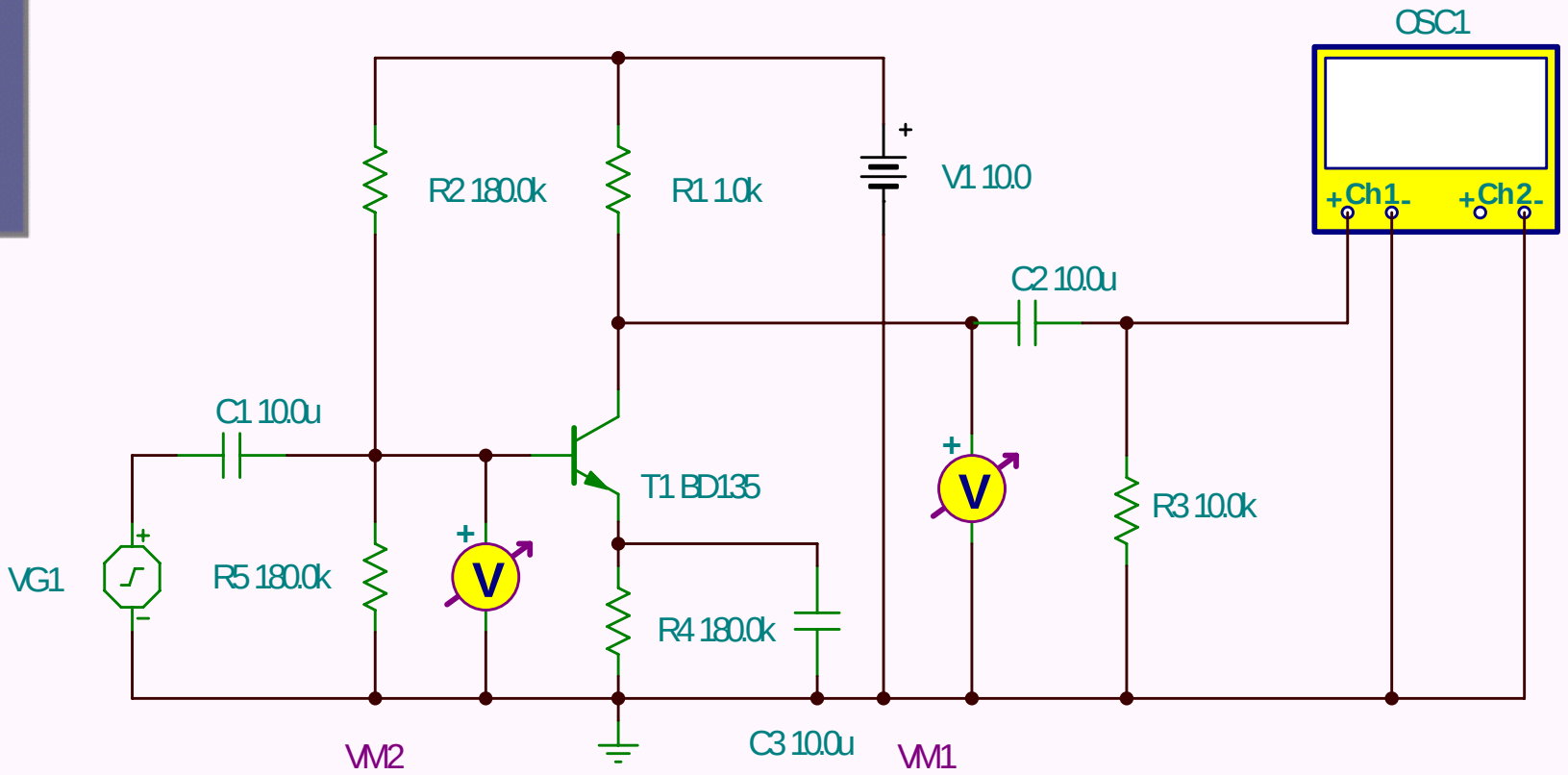
วงจรคอลเลคเตอร์ไบอัสที่มี CB



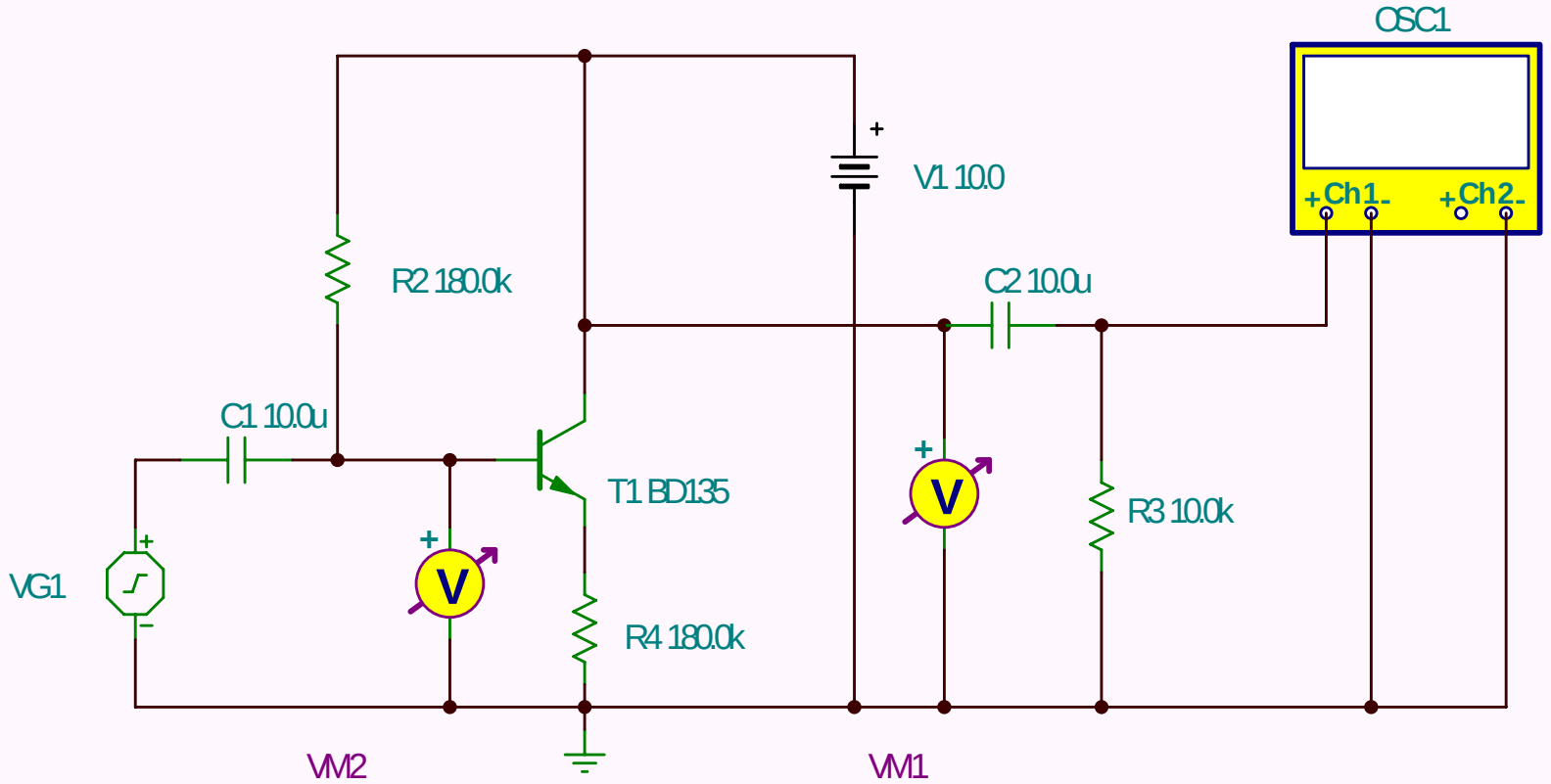
วงจรคอมมอนอีมิเตอร์ “อีมิเตอร์ไบอัส”



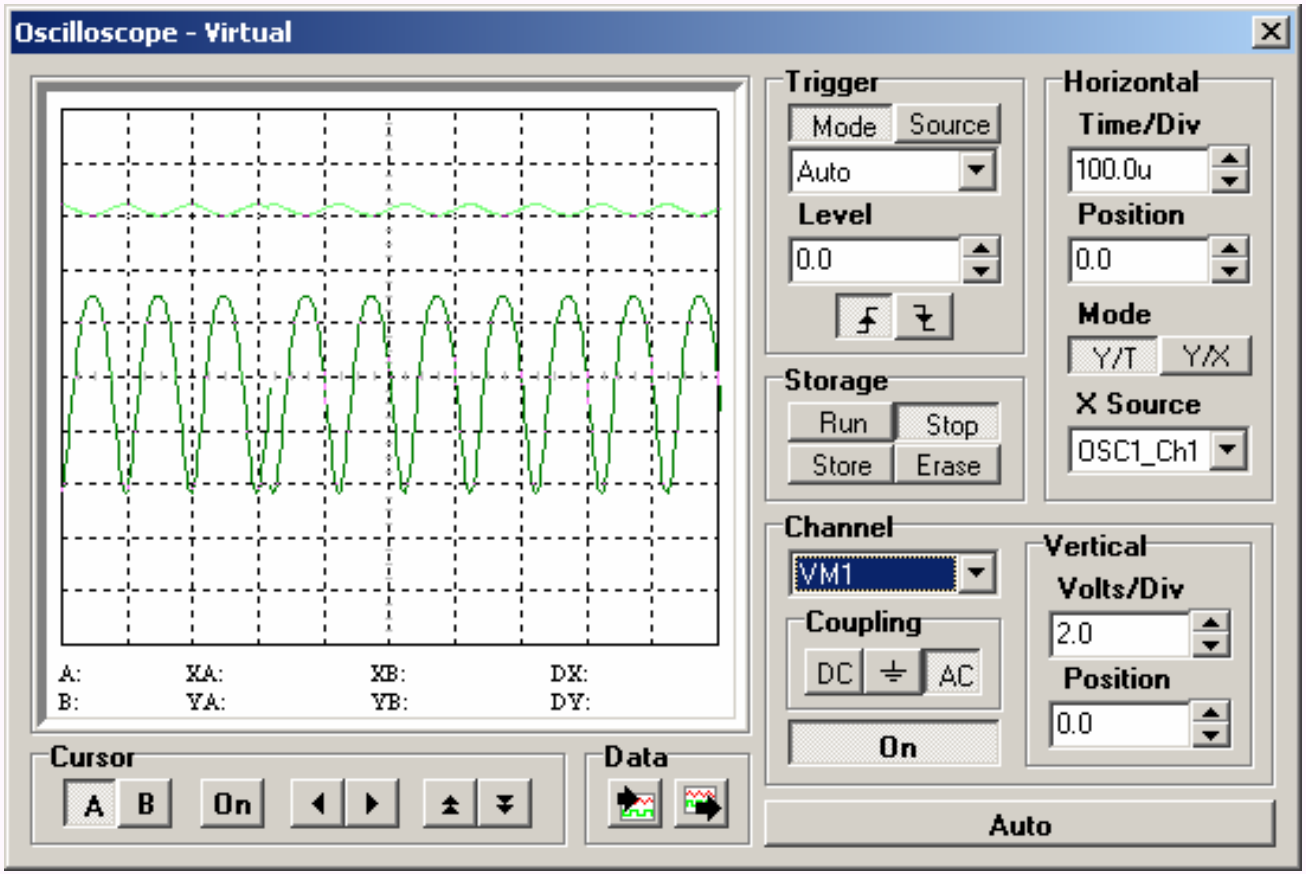
วงจรอีมิตเตอร์ไบอัส



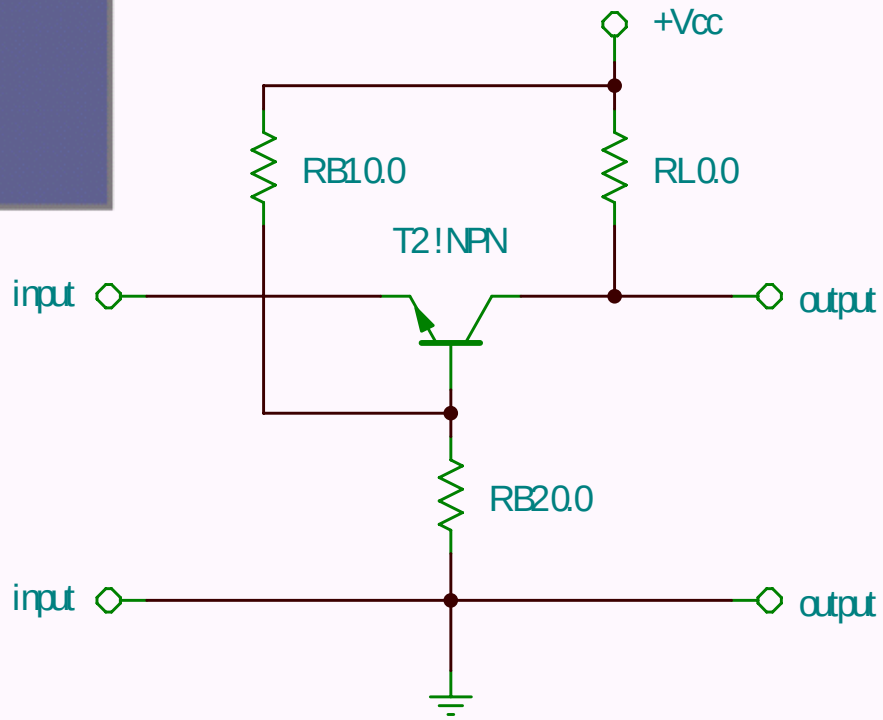
วงจรคอมมอนคอลเลคเตอร์ (อีมิตเตอร์ตาม)

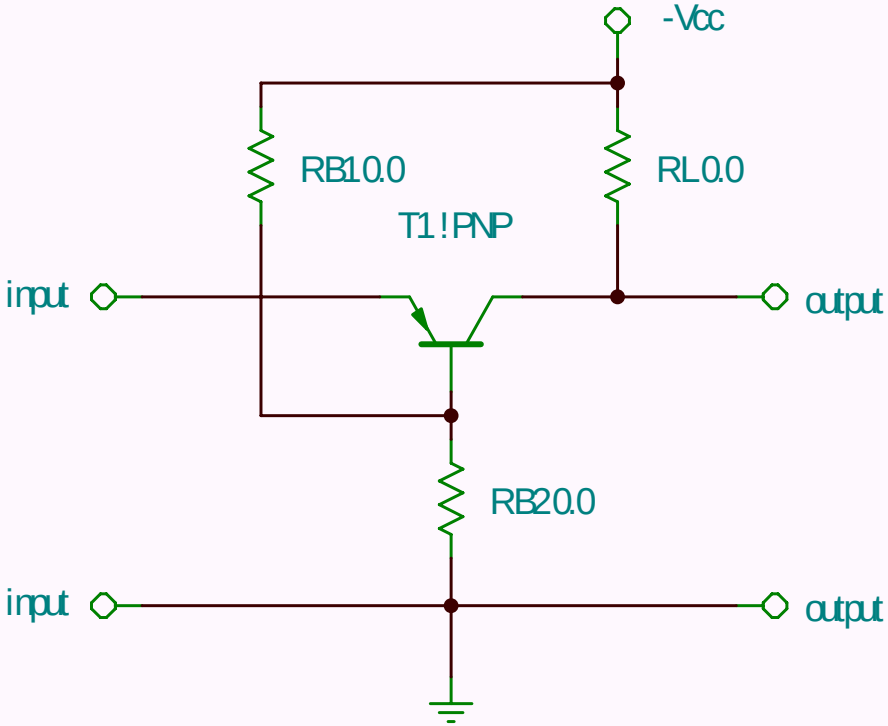


สัญญาณอินพุตและเอาท์พุตที่มีเฟสเดียวกัน



วงจรคอมมอนเบส

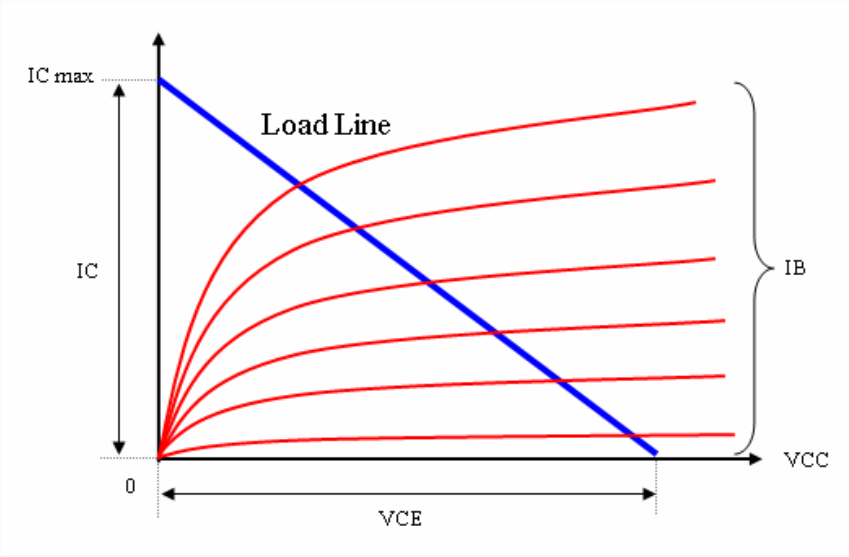




เส้นโหลดลายน์ (Load line)

1. แกนแนวนอนเป็นแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย (VCC) ในแนวแกนนี้จะมีข้อสังเกตุในการกำหนดจุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ (VCE)
2. แกนแนวตั้งเป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านทรานซิสเตอร์ที่ขา คอลเลคเตอร์ (IC)
3. เส้นแนวนอนเป็นค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านทรานซิสเตอร์ที่ขา เบส (IB)
4. เส้นในแนวกระแสสูงสุด (IC) ไปจนถึง แนวแรงดันของแหล่งจ่ายสูงสุด (VCC) จะเรียกว่า เส้นโหลดลายน์

กราฟโหลดลายน์ของทรานซิสเตอร์

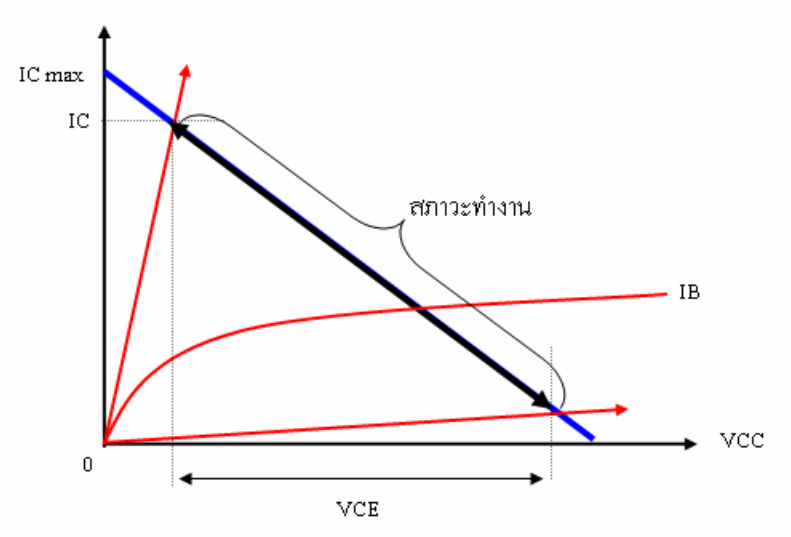


เมื่อต้องการทำการออกแบบวงจรขยายเสียงโดยใช้ทรานซิสเตอร์ สภาวะของการทำงานของทรานซิสเตอร์ถูกแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้

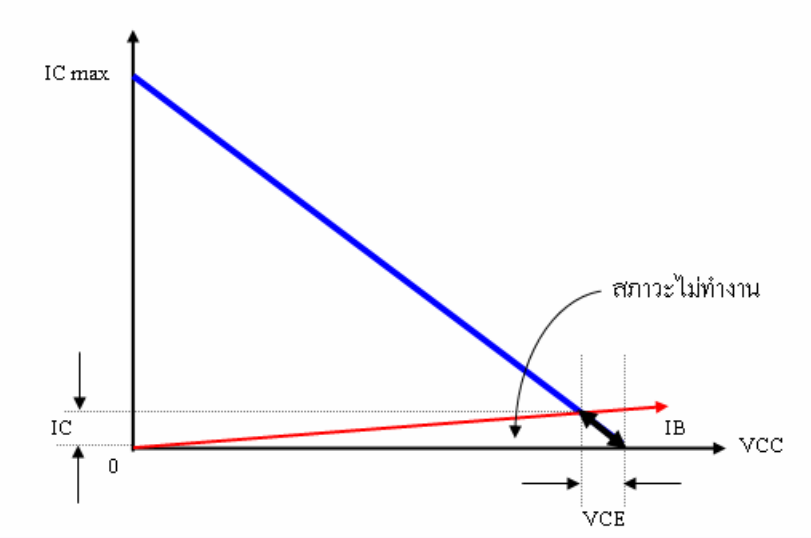
1. สภาวะทำงาน
2. สภาวะไม่ทำงาน
3. สภาวะอิ่มตัว

การทำงานในสภาวะทำงานของทรานซิสเตอร์จะอยู่ในช่วงตั้งแต่ทรานซิสเตอร์ได้รับไบอัส ที่ 0.7 V ที่แรงดัน VBE ไปจนถึงค่ากระแส ที่ 80 % ของค่ากระแส IC max

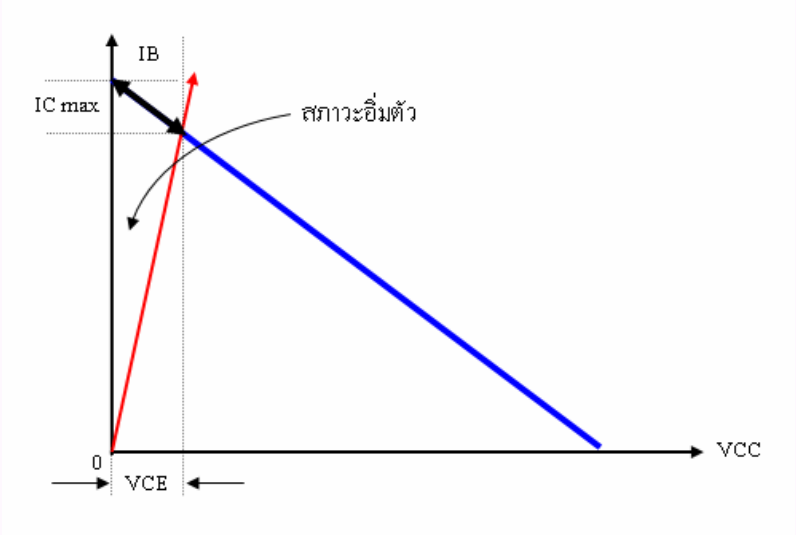
กราฟเส้นโหลดลายน์ในสภาวะทำงานของทรานซิสเตอร์



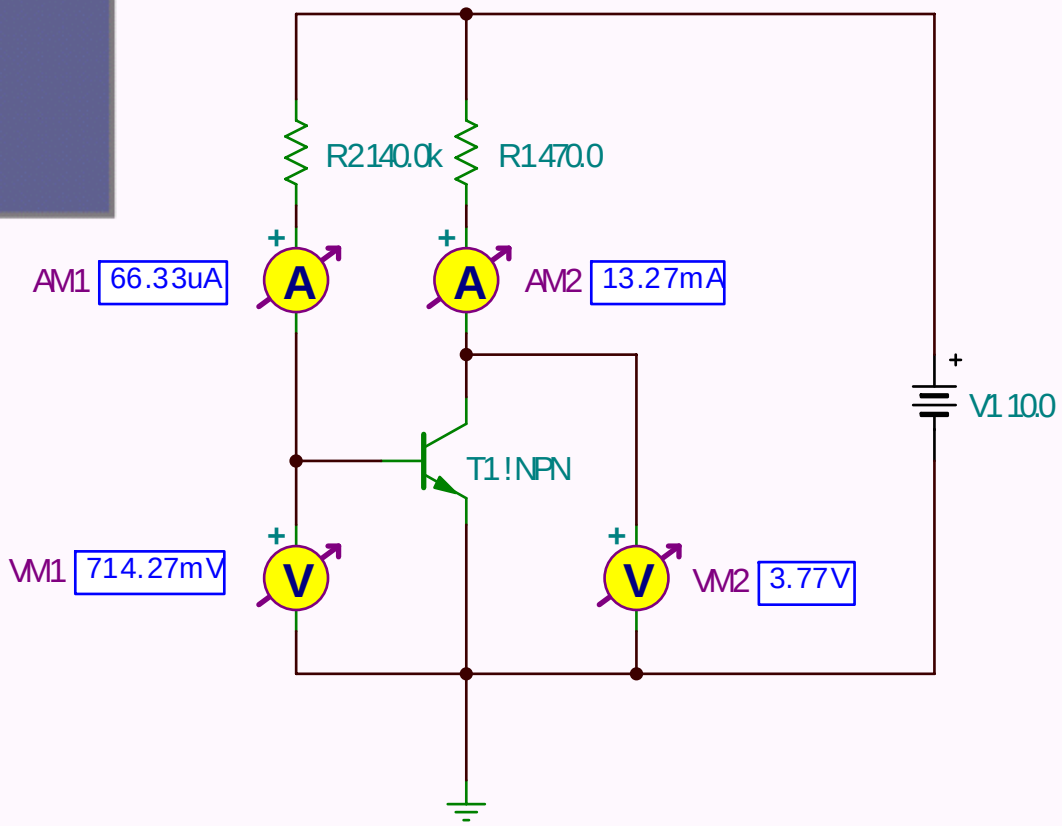
กราฟเส้นโหลดลายน์ในสภาวะไม่ทำงานของทรานซิสเตอร์

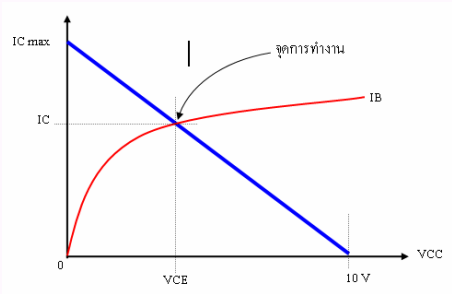


กราฟเส้นโหลดลายน์ในสภาวะไม่ทำงานของทรานซิสเตอร์

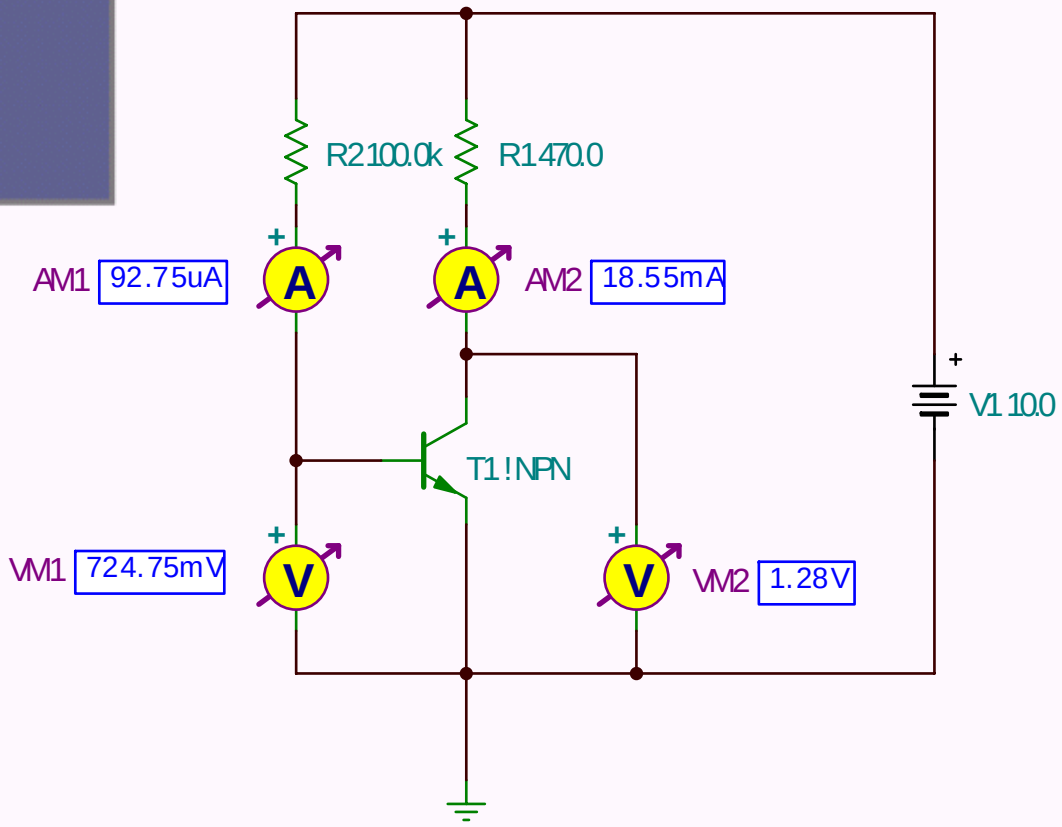


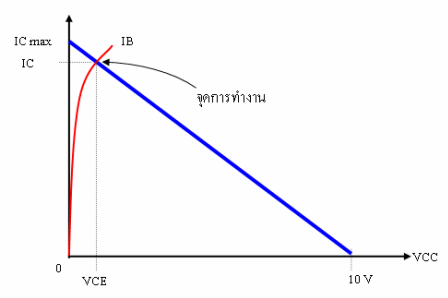
วงจรขยายโดยจัดไบอัสให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะทำงาน



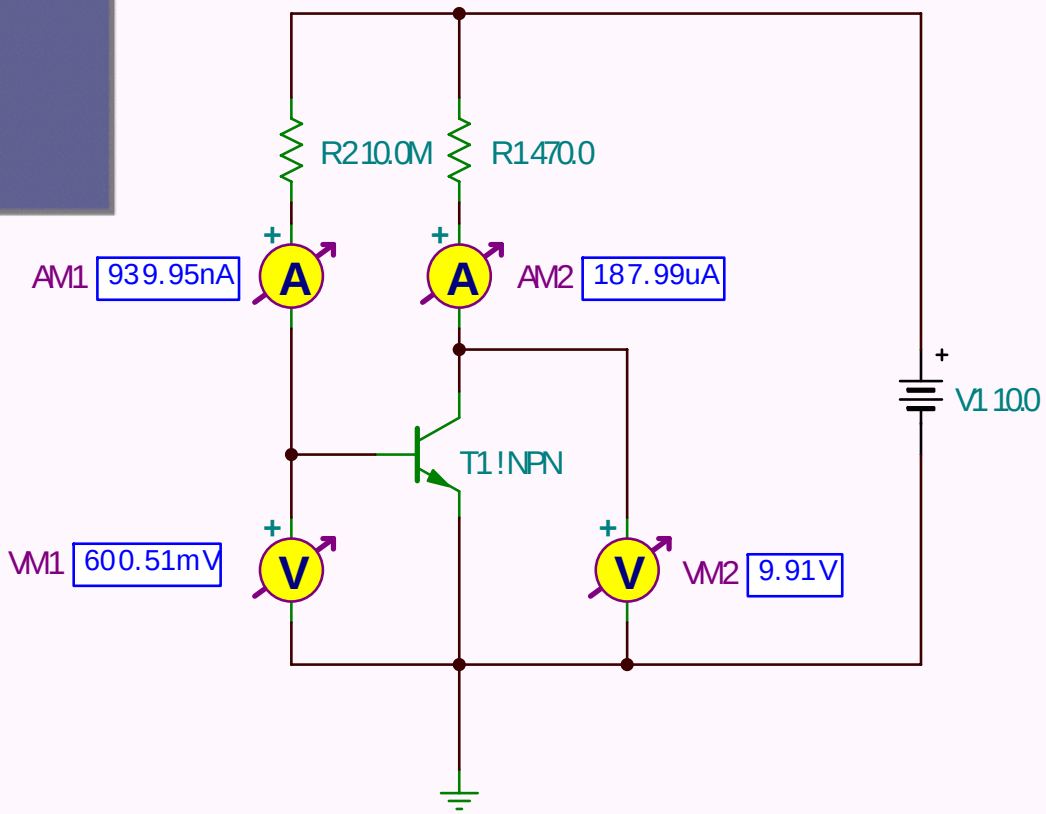


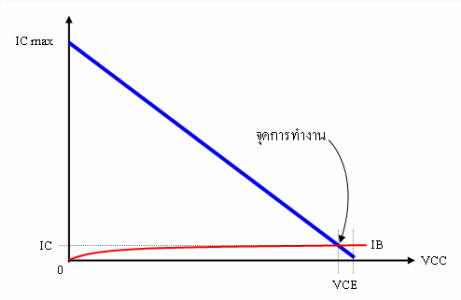
วงจรขยายโดยจัดไบอัสให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะอิ่มตัว



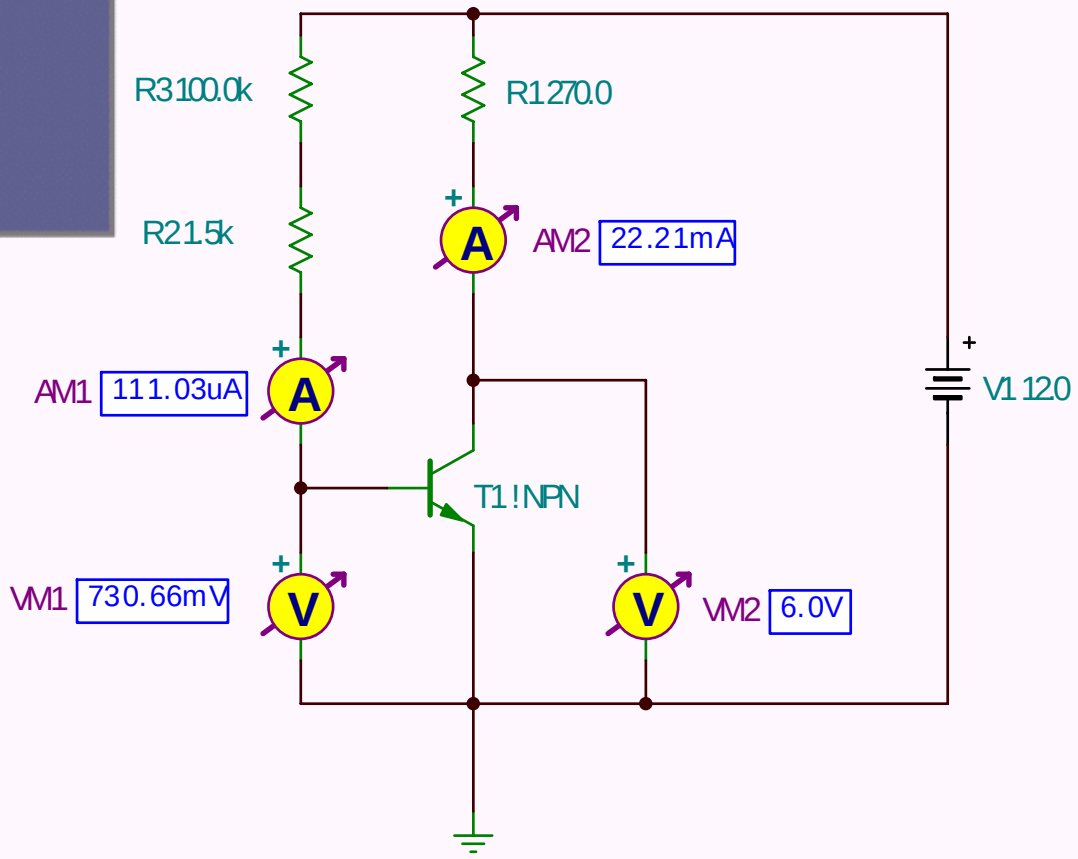


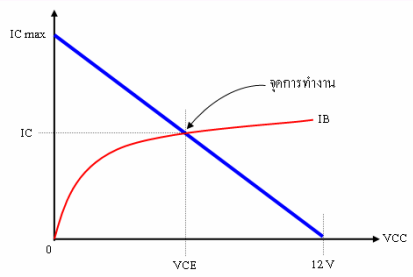
วงจรขยายโดยจัดไบอัสให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะไม่ทำงาน

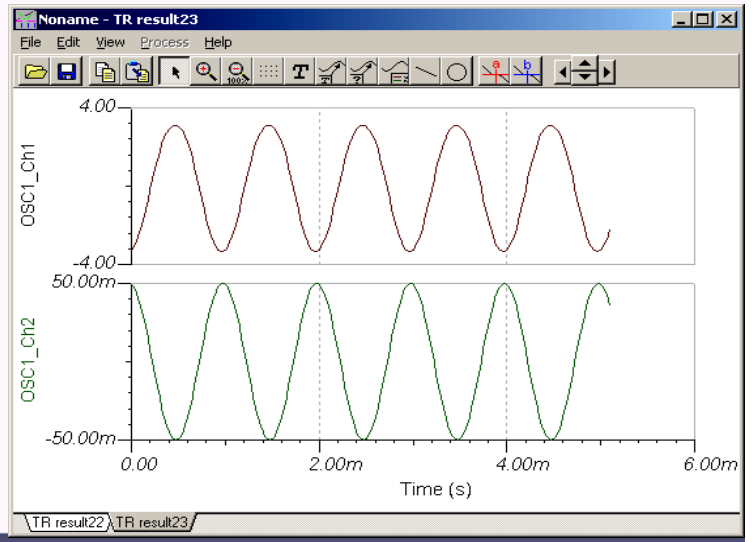




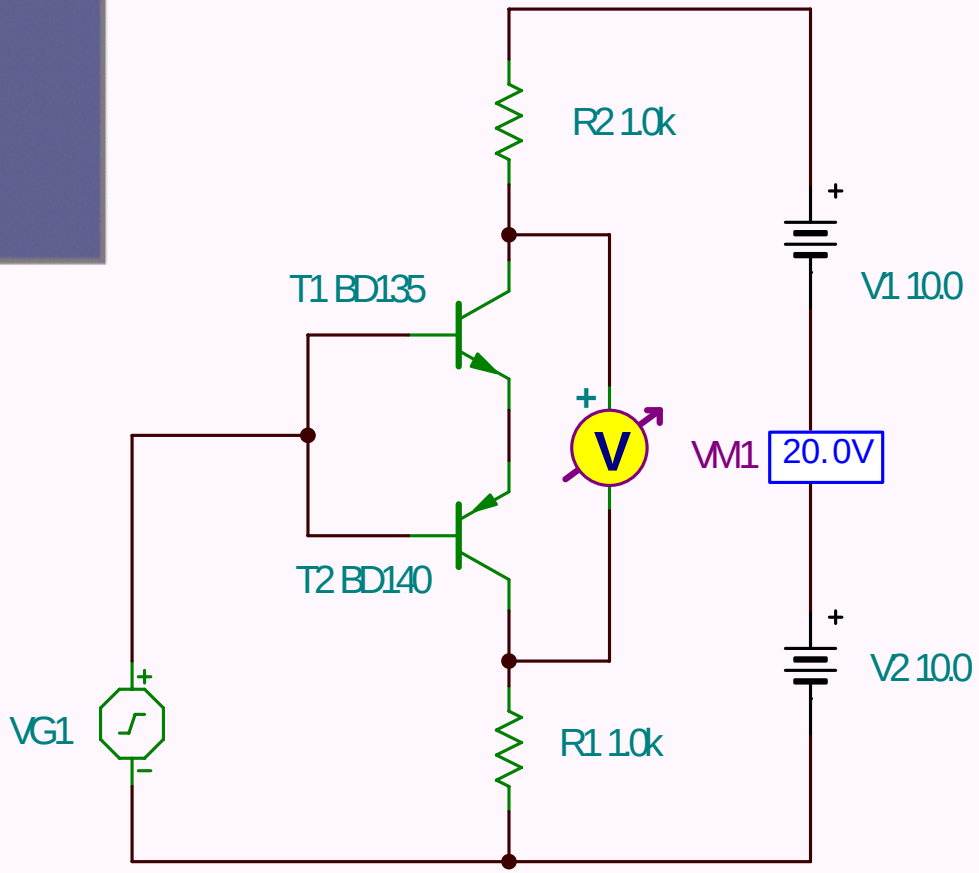
วงจรขยายคลาส เอ

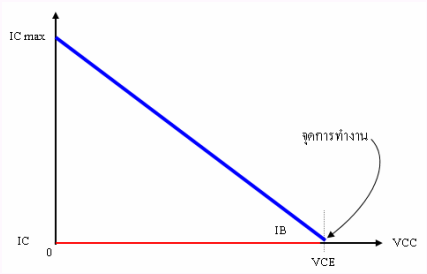


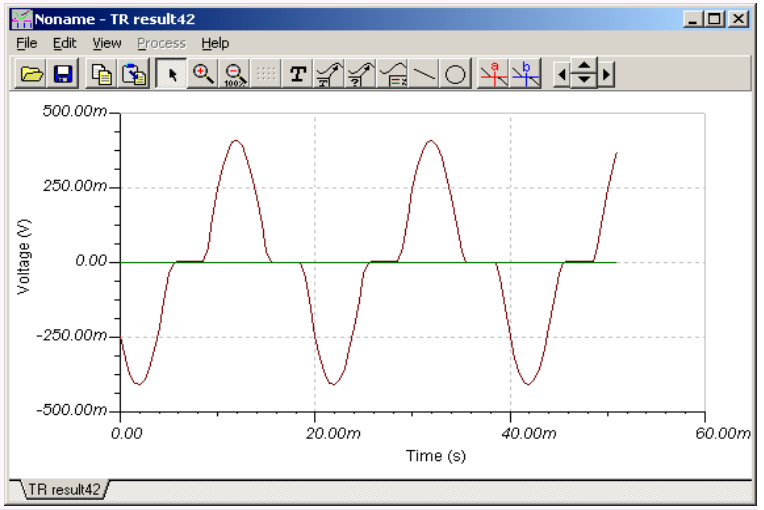




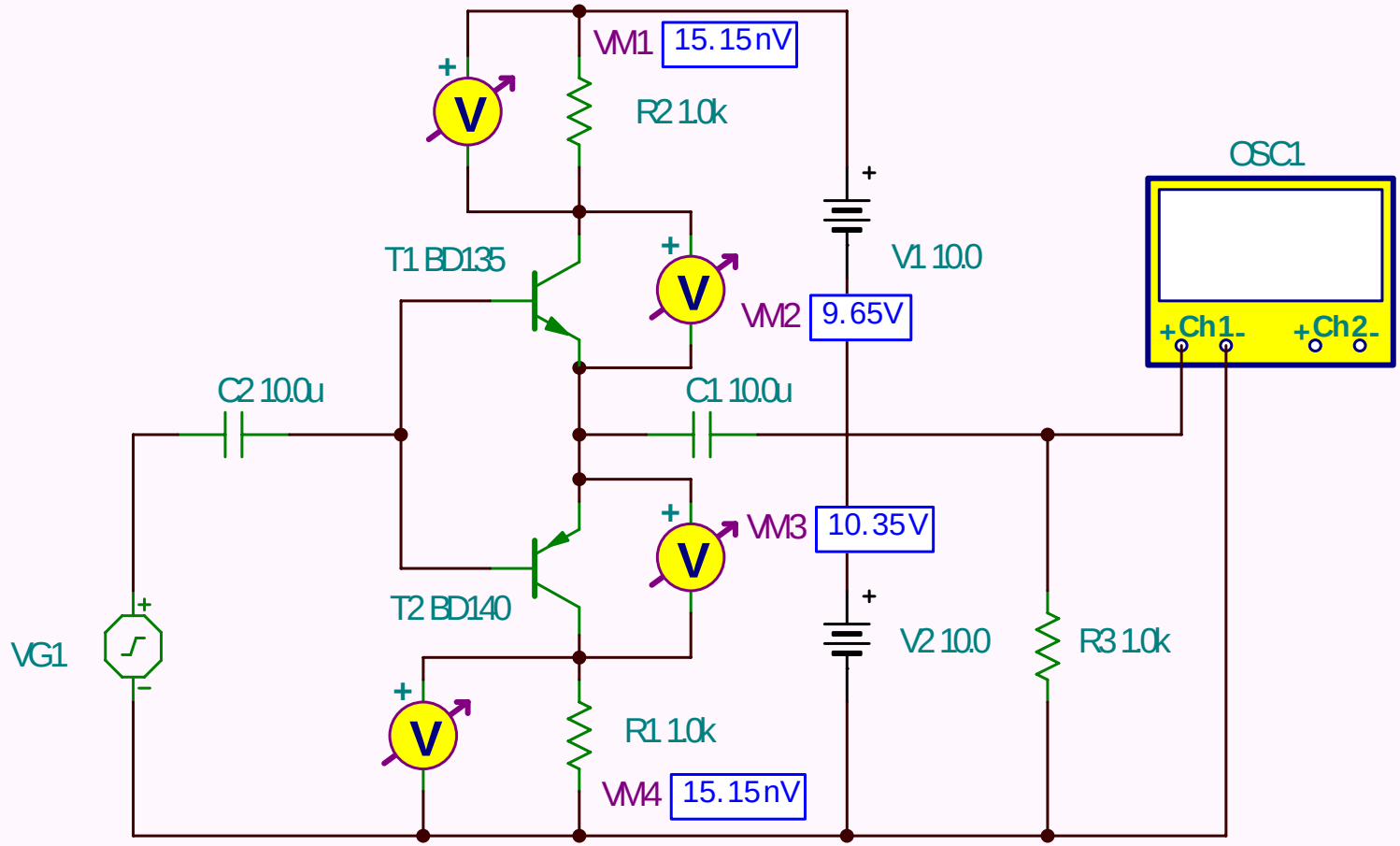
วงจรขยายคลาส บี



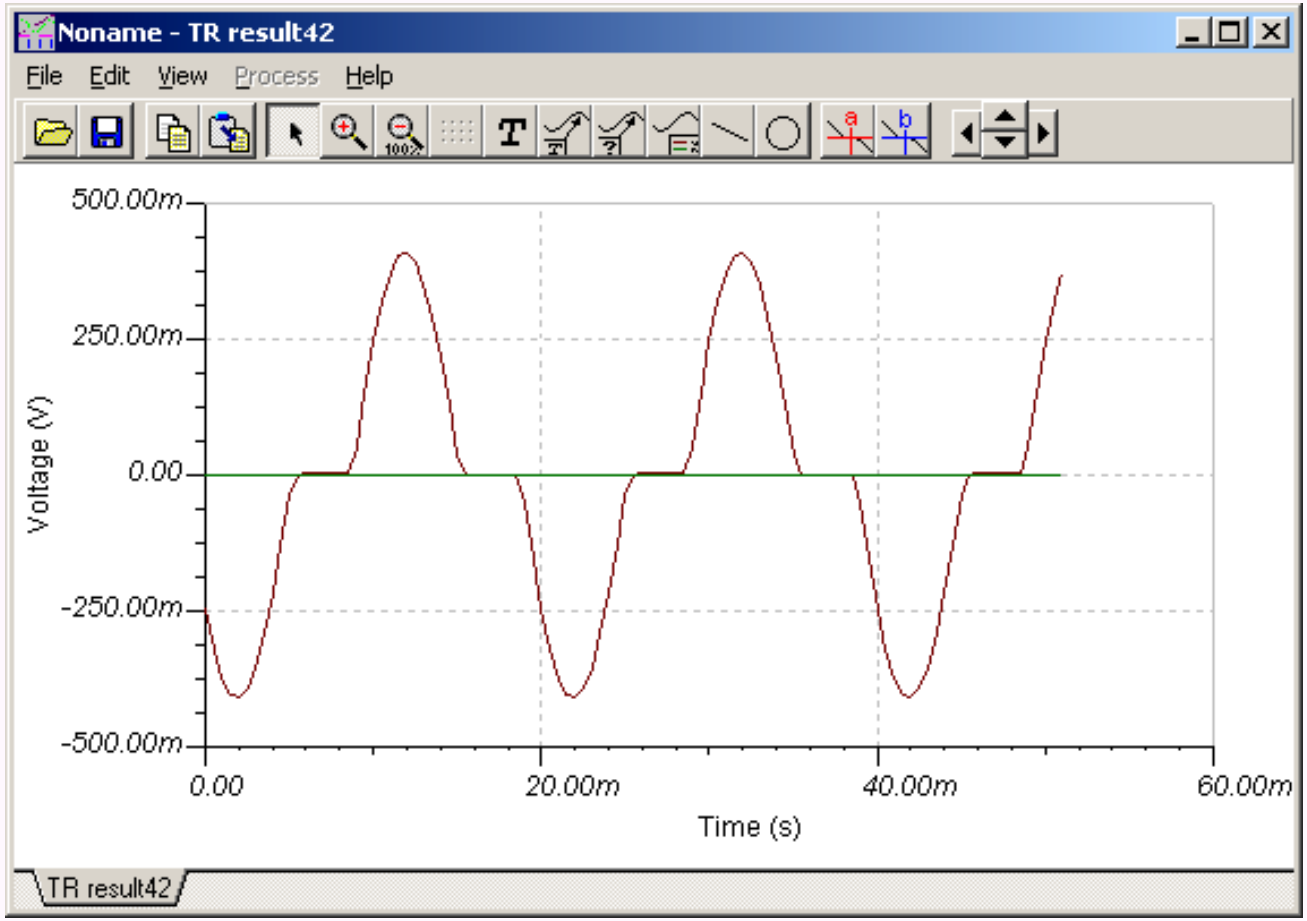




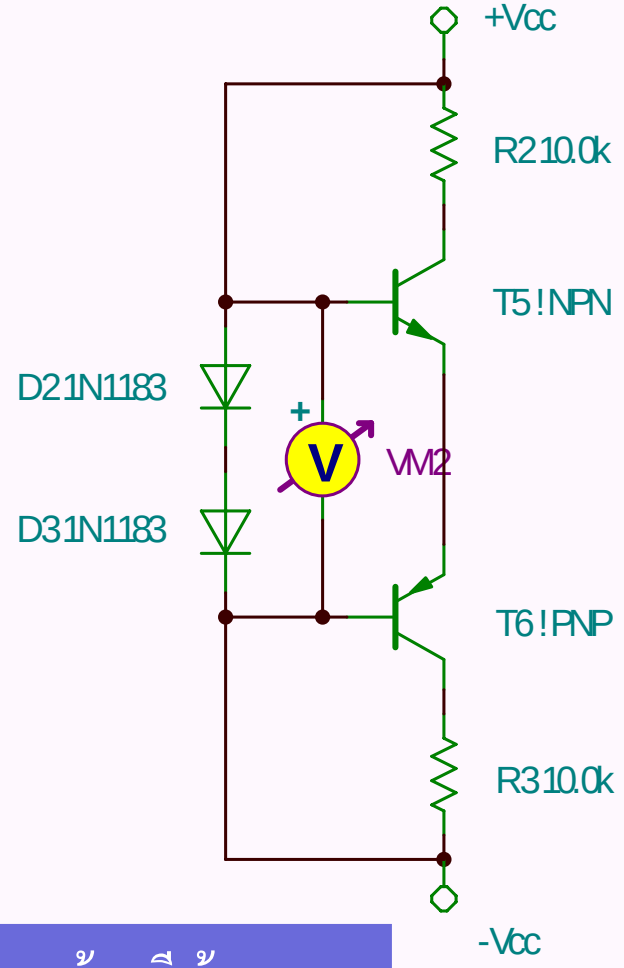
ค่าแรงดันของวงจรขยายคลาส บี

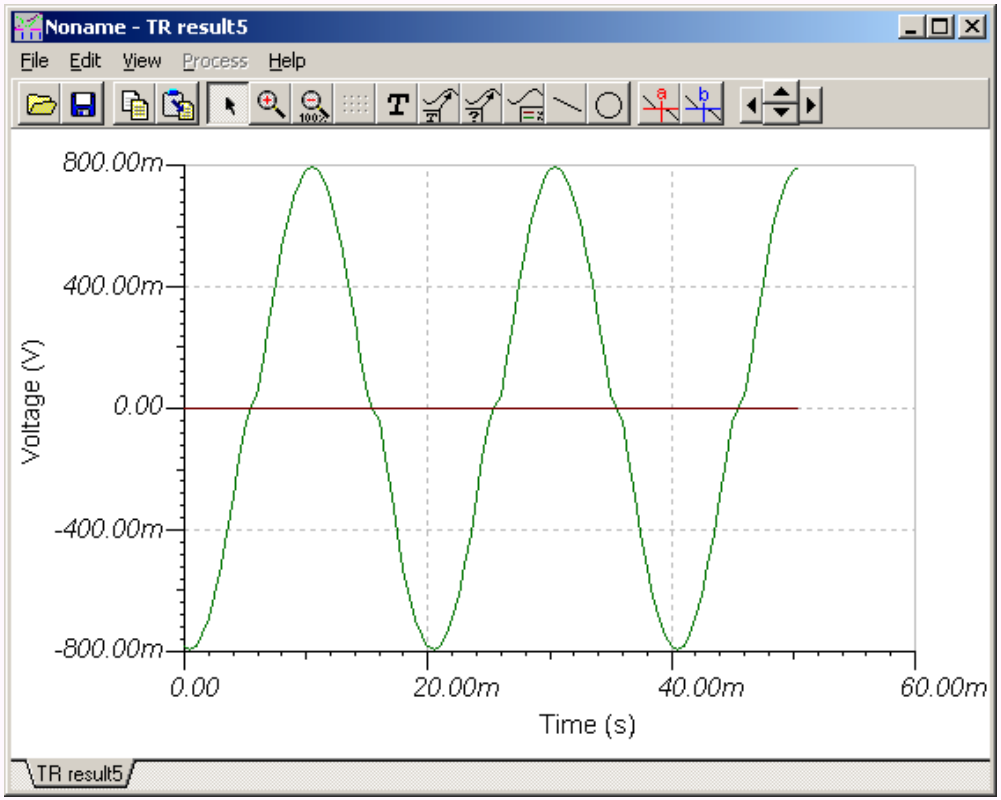


การผิดเพี้ยนของสัญญาณทางเอาท์พุทของวงจรขยายคลาส บี

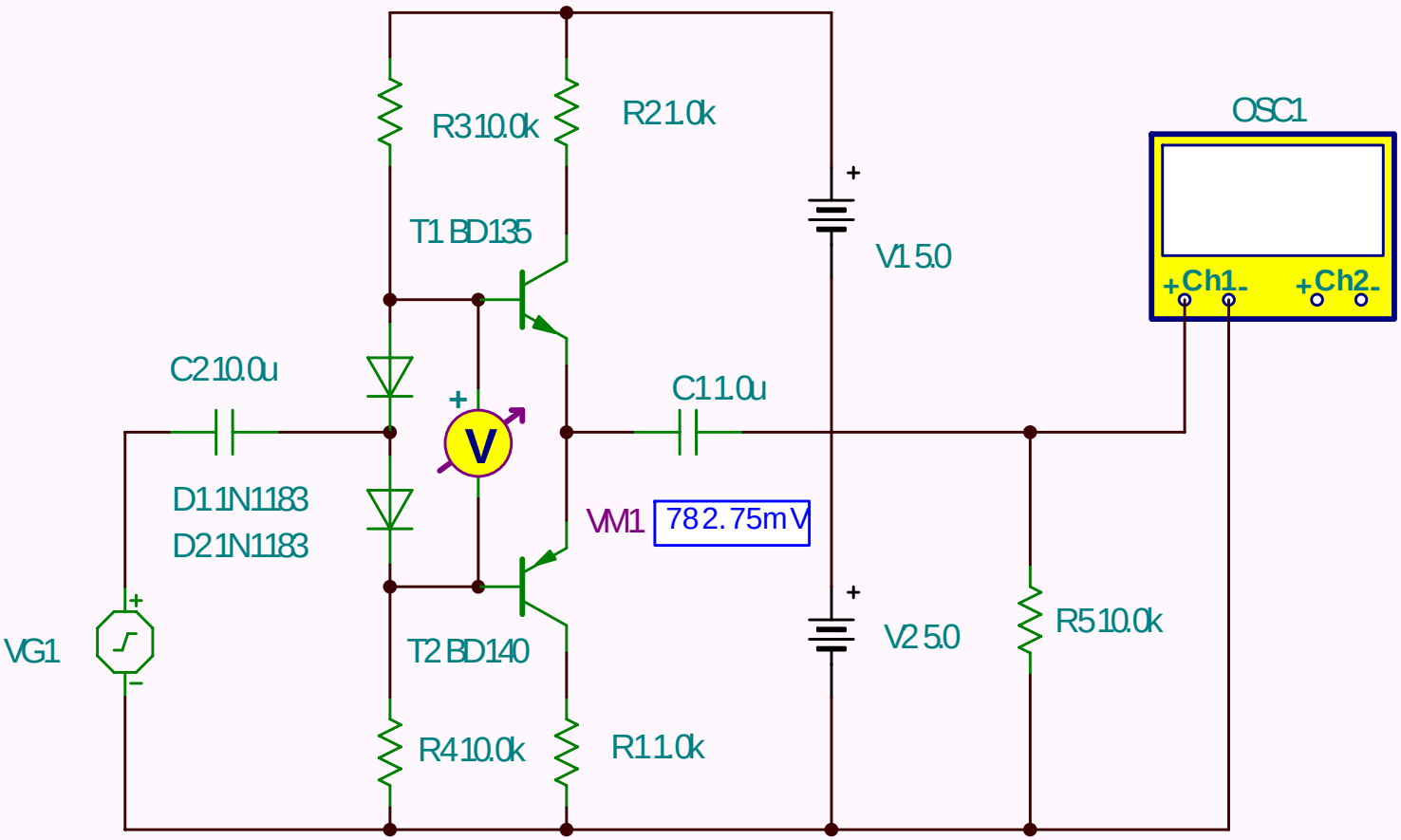


วงจรขยายคลาส เอ บี

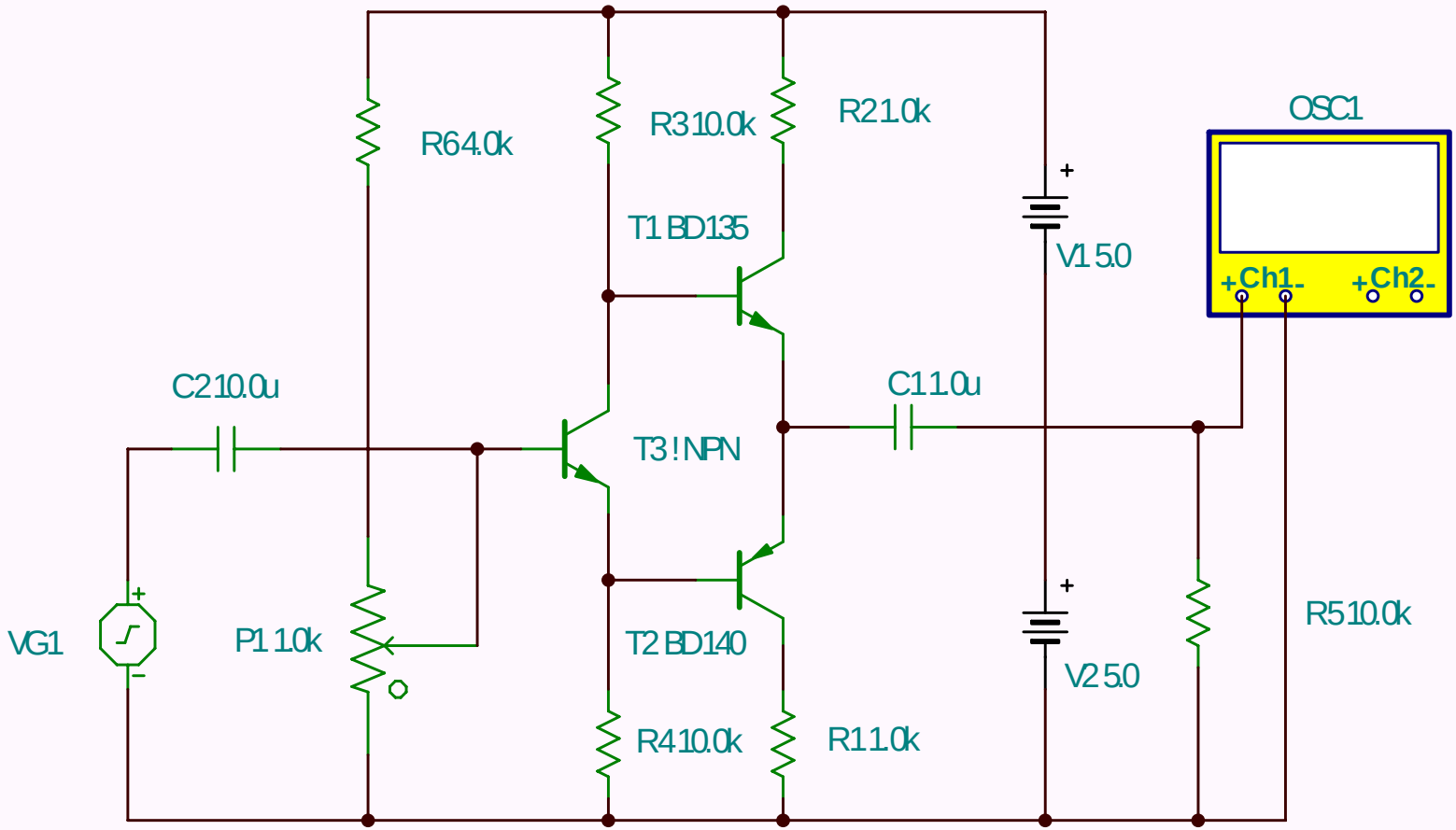




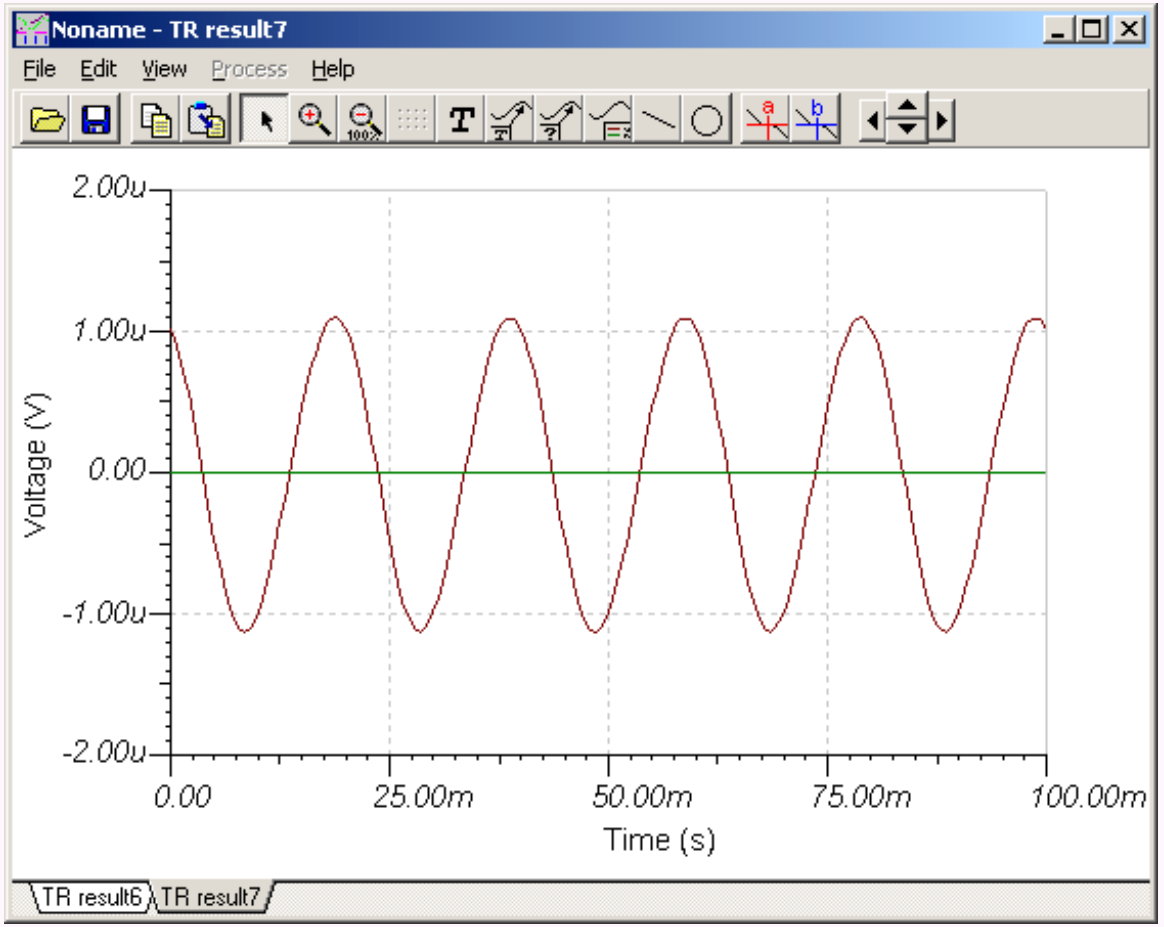
วงจรขยายคลาส เอ บี ที่ใช้ไดโอดชดเชย



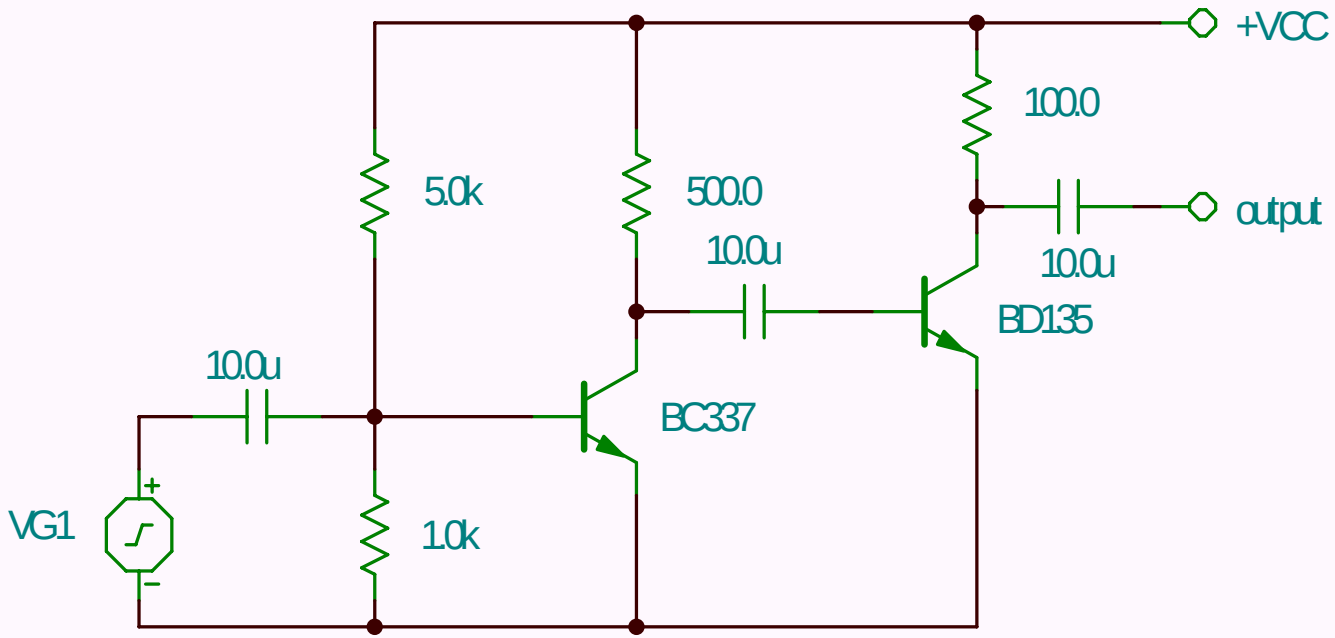
วงจรขยายคลาส เอ บี ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ชดเชย



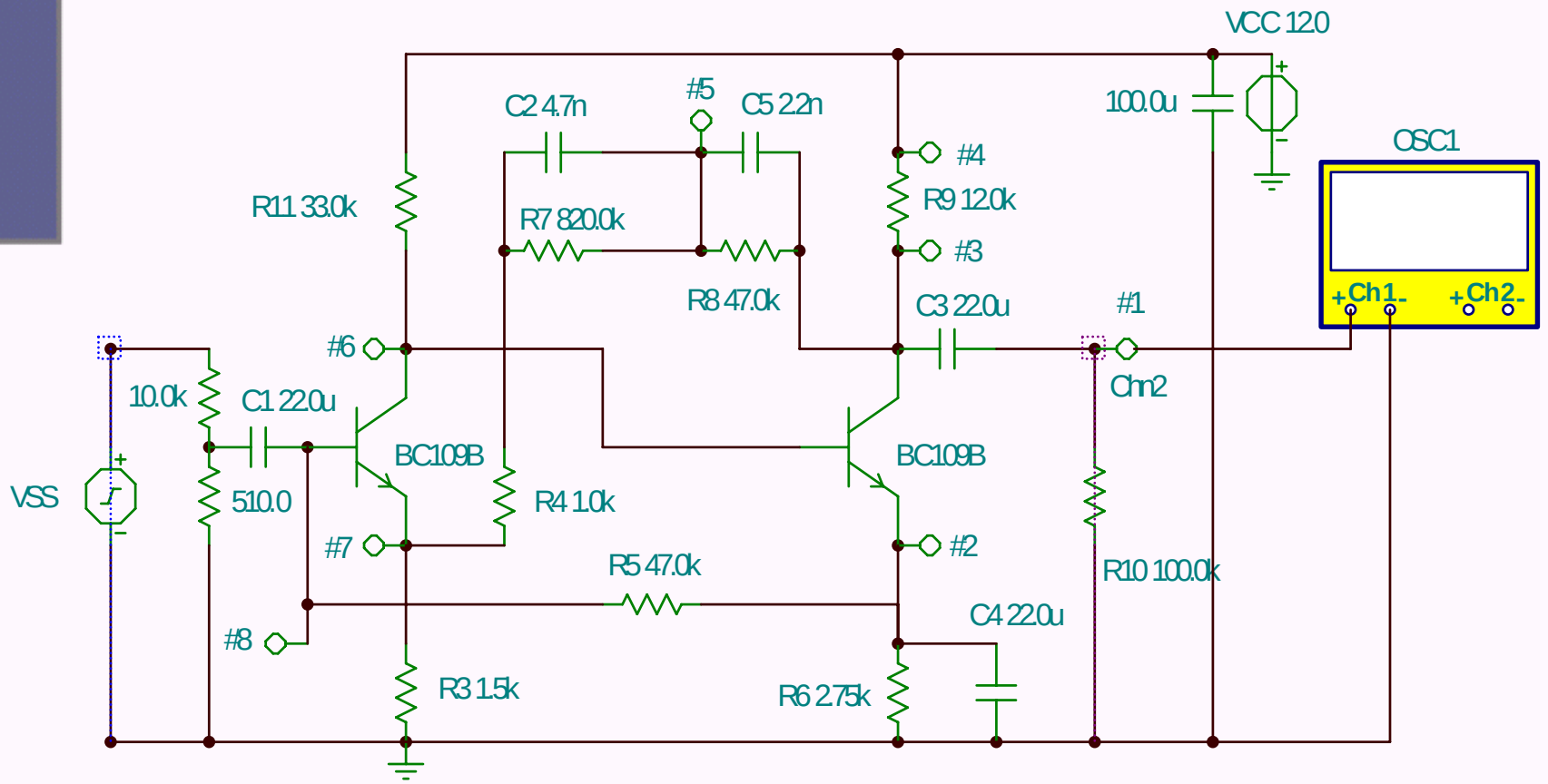
รูปสัญญาณที่ถูกแก้ไขการผิดเพี้ยนตรงรอยต่อโดยใช้ทรานซิสเตอร์

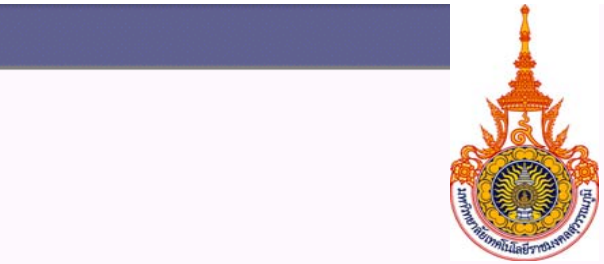


วงจรขยายหลายภาคแบบคลาส เอ

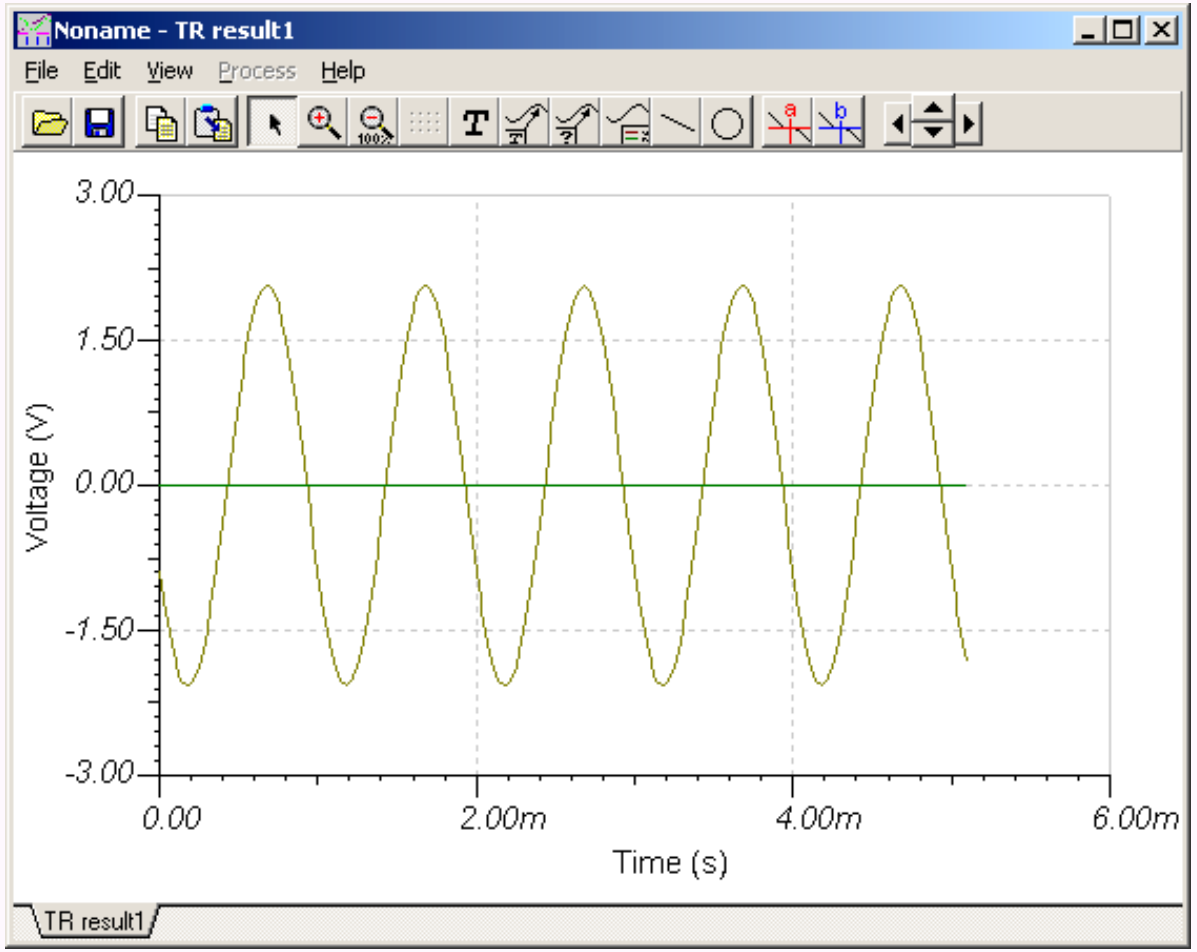


วงจรขยายหลายภาคแบบมีวงจรชดเชยสัญญาณ

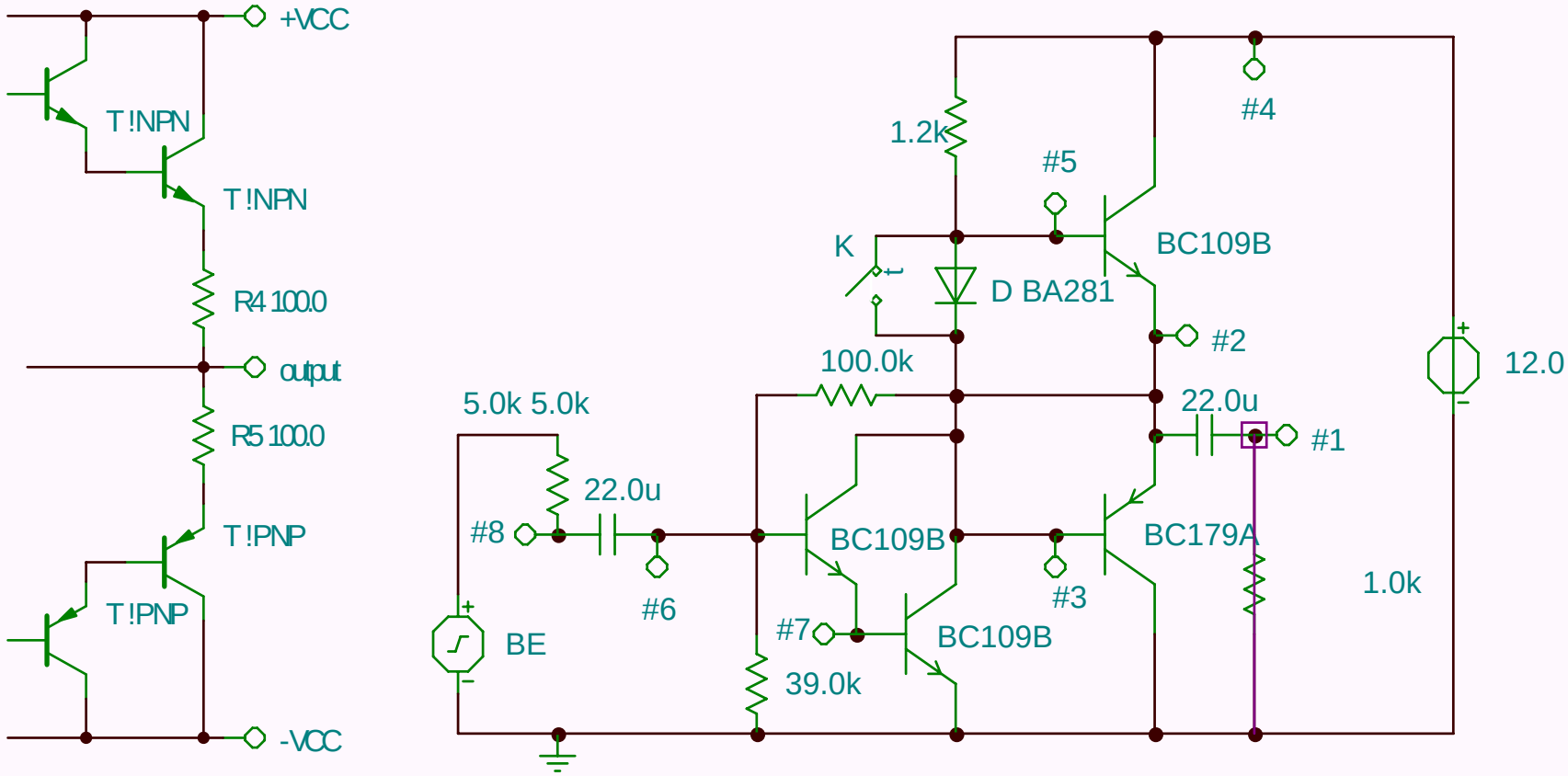




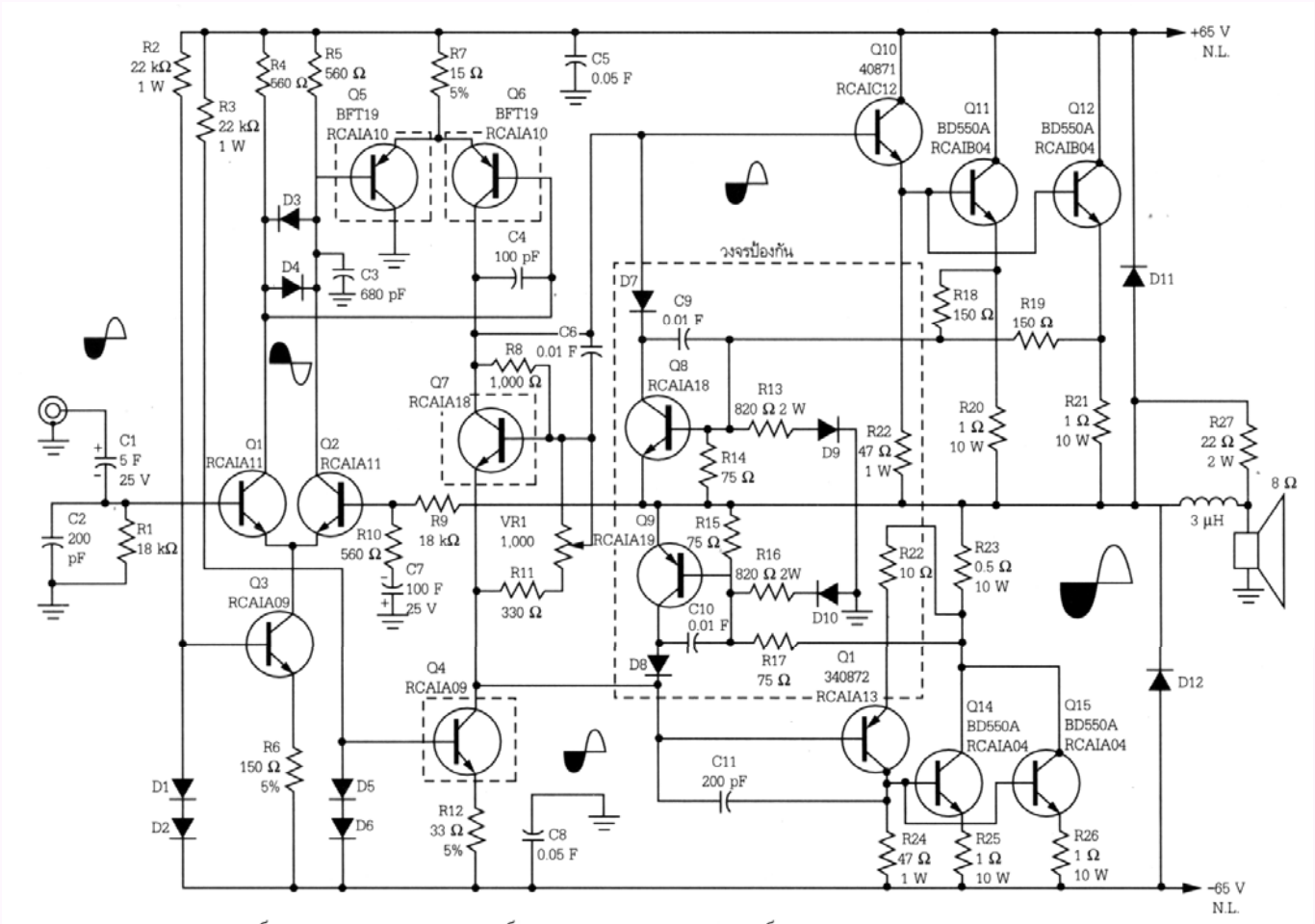
รูปสัญญาณที่ได้ทางเอาท์พุทของวงจรขยายหลายภาคแบบมีวงจรชดเชยสัญญาณ



ตัวอย่างวงจรขยายหลายภาคแบบขยายภาคสุดท้าย

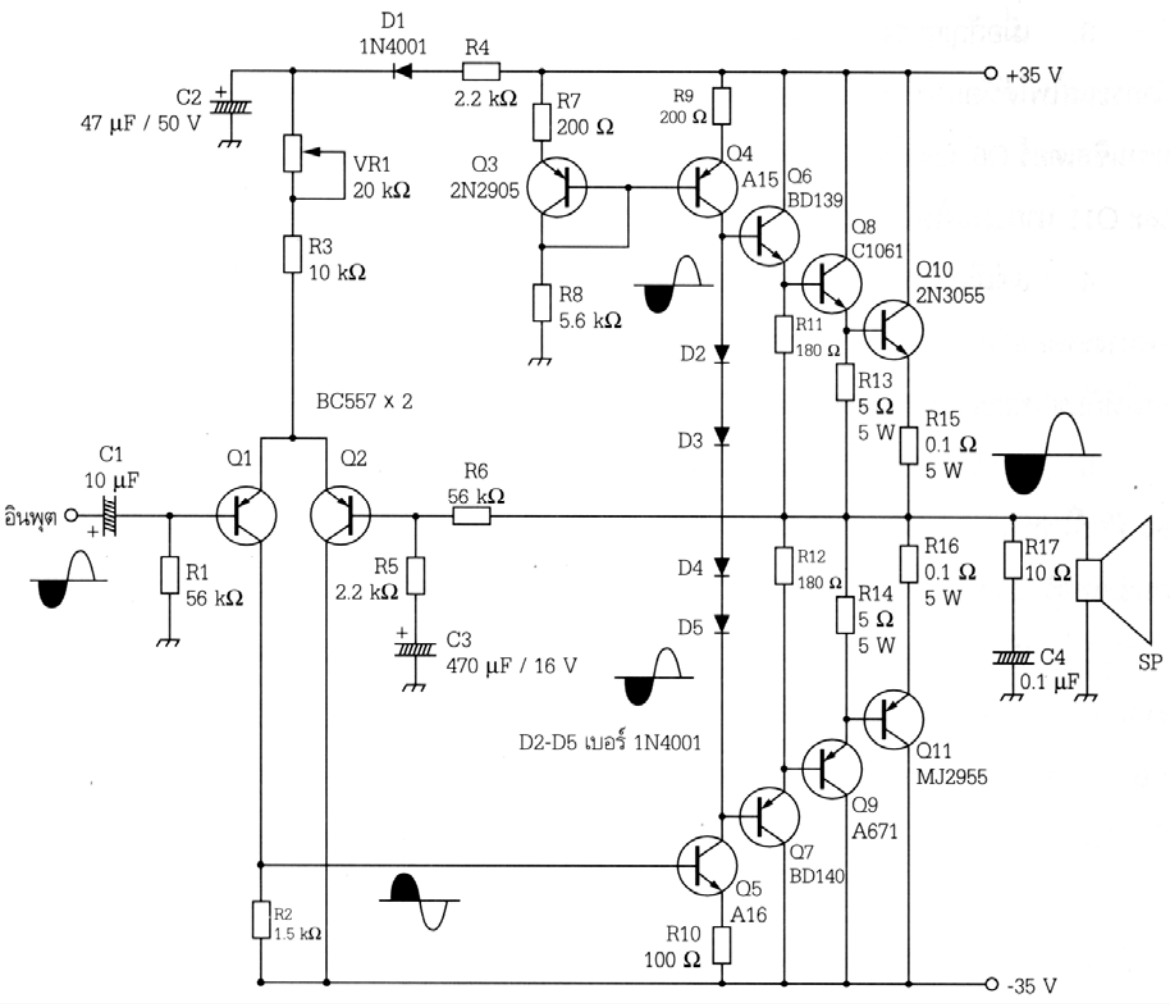


ตัวอย่างวงจรขยายหลายภาคแบบขยายภาคสุดท้าย



หมายเหตุ : D1-D8 เบอร์ 1N5391, D9-D10 เบอร์ 1N4148, D11-D12 เบอร์ 1N5393

ตัวอย่างวงจรขยายหลายภาคแบบขยายภาคสุดท้าย



Thank you !

Contact: 089-216-6020

Email:dumrong@rmutsb.ac.th

URL: www.rmutsb.ac.th

หน่วยที่ 2

วงจรขยายเสียง

1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับทรานซิสเตอร์

การเรียนรู้ที่ดีจำเป็นต้องมีความเข้าใจทฤษฎีพื้นฐานของสิ่งที่เราจะเรียนรู้พอสมควร การปฏิบัติจึงจะได้ผล การมุ่งเน้นการปฏิบัติอย่างเดียวโดยละทิ้งทฤษฎีโดยสิ้นเชิง นั้นเป็นสิ่งที่ไม่ถูกต้อง และจะไม่แตกฉานลึกซึ้งในงานที่ปฏิบัติ เปรียบเสมือนการเล่นกีตาร์ ถ้าสักแต่จะเล่นกีตาร์ตามเพลงที่เราชอบ เพียงแต่จำทำนองเพลงที่ได้ยินเท่านั้น การทำเช่นนั้นไม่อาจเป็นนักกีตาร์ที่ดีได้ นักดนตรีที่ดีนั้นจะต้องมีความรู้พื้นฐานของดนตรีและตัวโน๊ตสากล และถ้าเรารู้พื้นฐานสากลของดนตรี เราก็สามารถเล่นเพลงได้ทุกเพลง แม้แต่จะไม่เคยได้ยินเพลงนั้นมาก่อนก็ตาม การที่จะเป็นนักอิเล็กทรอนิกส์ที่ดีนั้นไม่ใช่เริ่มจากจับหัวแร้งต่อเครื่องขยายเสียงเลย การทำเช่นนั้นจะพบปัญหาจะแก้ปัญหาได้ยากเย็น จะทำให้เกิดการท้อแท้และล้มเหลวได้ในที่สุด

พื้นฐานของอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

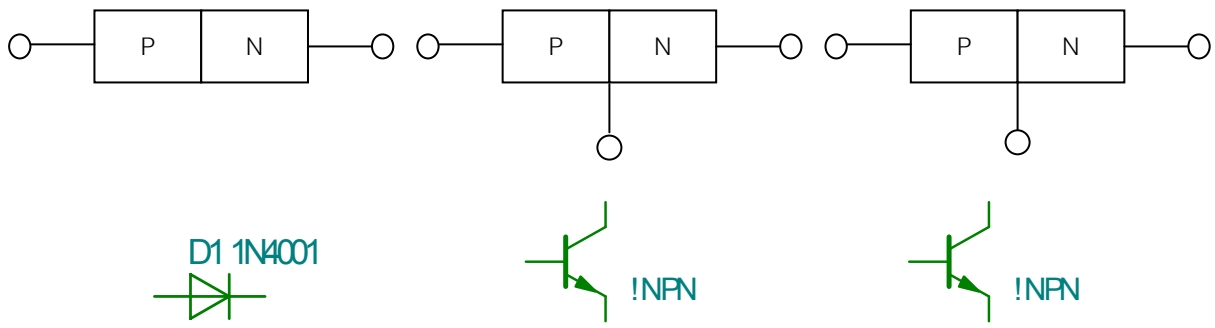
<u>ประการแรก</u> ได้แก่การทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัว เช่น ทรานซิสเตอร์, ตัวต้านทาน, หม้อแปลง, ตัวเก็บประจุ เป็นต้น

<u>ประการที่สอง</u> คือหลักการทำงานของวงจรเมื่อมีอุปกรณ์หลายตัวต่อรวมกันเป็นวงจร เช่น วงจรปรีแอมป์, วงจรเพาเวอร์แอมป์ เป็นต้น

พื้นฐานการทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์เป็นวงจรพื้นฐานสากลของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเข้าใจการทำงานของทรานซิสเตอร์แล้ว จะเข้าใจการทำงานสิ่งประดิษฐ์ที่เป็น “เซมิคอนดัคเตอร์” อื่น ๆ เช่น เฟท, มอสเฟท, เอสซีอาร์, ไทรแอค, ไอซี เป็นอย่างดี

1.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ P และสาร N เหมือนไดโอด เพียงแต่มีหัวต่อสองหัว ส่วนไดโอดนั้นมีหัวต่อเดียว



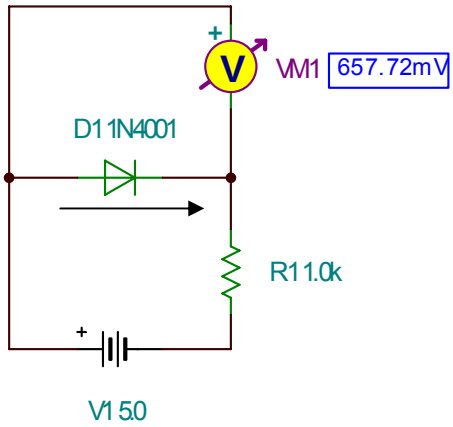
รูปที่ 1 เปรียบเทียบจังชั่นของไดโอดกับทรานซิสเตอร์

1.2 ความหมายของสัญลักษณ์, ทิศทางการไหลของกระแส

หัวลูกศรที่ใช้เป็นสัญลักษณ์ของไดโอดและทรานซิสเตอร์นั้น จะมีทิศทางการไหลของกระแส ดังนี้

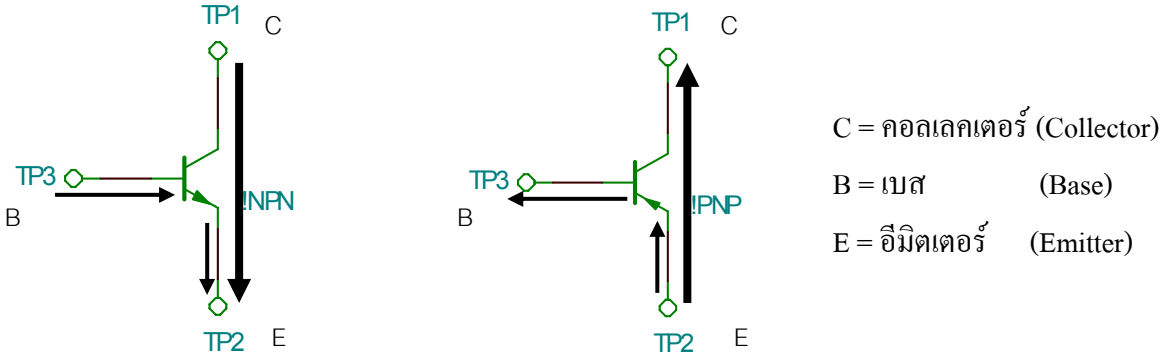
A = อาโนด (Anode)

K = คาโถด (Cathode)



รูปที่ 2 แสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านไดโอด

ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า (กระแสไฟฟ้าที่กล่าวถึงนี้ไหลในทิศทางตรงกันข้ามกับกระแสอีเลคตรอน) ผ่านไดโอดกระแสจะไหลในทิศทางตามลูกศรที่เป็นสัญลักษณ์ของไดโอด การที่เราต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าในทิศทางตามลูกศรของไดโอดนี้เรียกว่า “ไบอัสตรง” (FORWORD BIAS) ถ้าเรากลับขั้วของแหล่งจ่ายไฟ กระแสจะไหลไม่ได้เพราะกระแสจะพยายามไหลย้อนลูกศรเรียกว่า “ไบอัสกลับ” (REVERSE BIAS)



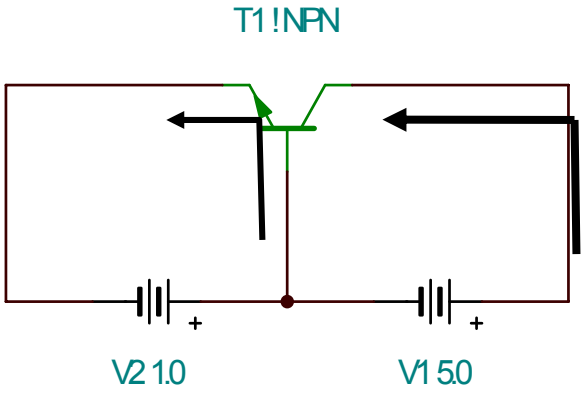
C = คอลเลคเตอร์ (Collector)

B = เบส (Base)

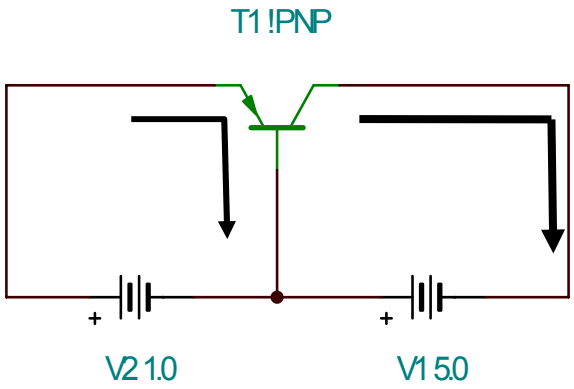
E = อีมิตเตอร์ (Emitter)

รูปที่ 3 แสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านทรานซิสเตอร์

หลักการของทรานซิสเตอร์เหมือนไดโอด คือลูกศรสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์อยู่ที่อีมิตเตอร์ ดังนั้นชนิด NPN กระแสจะไหลออกจากขา E ส่วนชนิด PNP กระแสจะไหล



(ก) ชนิด NPN



(ข) ชนิด PNP

รูปที่ 4 แสดงทิศทางการไหลของกระแสทรานซิสเตอร์

กระแสที่ไหลผ่านจากขา B ไปขา E (NPN) หรือจากขา E ไปขา B (PNP) เรียกว่า “กระแสเบส” (I_B) กระแสที่ไหลจากขา C ผ่านหัวต่อ C – B และหัวต่อ B – E (NPN) หรือไหลจากขา E ผ่านหัวต่อ E – B และหัวต่อ B – C เรียกว่า “กระแสคอลเลคเตอร์” (I_C) และผลรวมกระแส I_B และ I_C ที่ขา E เรียกว่า “กระแสอีมิตเตอร์” (I_E)

โดยปกติ I_B มีค่าน้อยมาก และประมาณ 1 ใน 100 ของ I_C เท่านั้น และ I_E มากกว่า I_C อยู่เล็กน้อยตามสมการ

$$I_E = I_C + I_B$$

และอัตราส่วนระหว่าง I_C ต่อ I_B คืออัตราการขยายกระแสทรานซิสเตอร์ (β หรือ hfe)

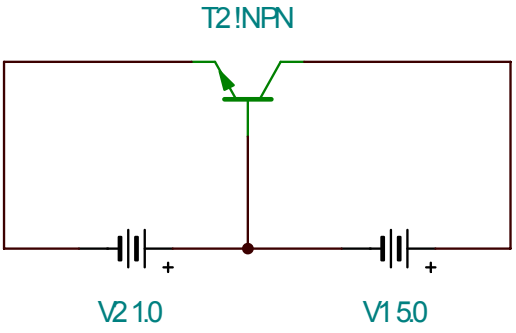
$$\beta = I_C / I_B$$

ค่า β ของทรานซิสเตอร์แต่ละตัวมีค่าไม่เท่ากันตั้งแต่ 2 เท่าขึ้นไปถึง 1000 เท่า

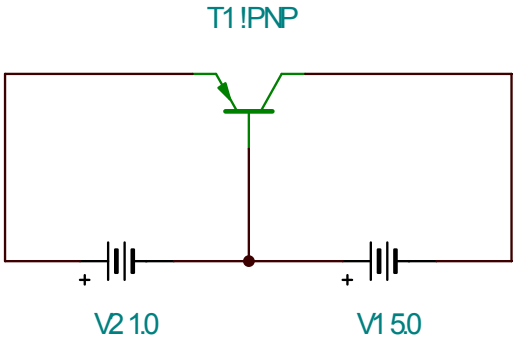
ตามที่ได้กล่าวมานั้นถ้าเรานำเอากระแสของสัญญาณใด ๆ ป้อนเข้าทางขา B แล้วเอากระแสเอาท์พุตออกทางขา E หรือขา C จะได้กระแสของสัญญาณใหญ่กว่าเดิม β เท่า จะเห็นว่าทรานซิสเตอร์สามารถขยายกระแสได้ เพราะกระแสออกใหญ่กว่ากระแสเข้า เรานำเอาหลักการนี้ไปใช้ในการขยายสัญญาณในเครื่องขยายเสียงต่อไป

1.2.1 แรงดันไฟฟ้าที่ขาทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ประเภทแอคทีฟ เนื่องจากมันสามารถขยายกระแสหรือสัญญาณได้ (อุปกรณ์ที่ขยายสัญญาณไม่ได้เรียกว่า อุปกรณ์ Passive เช่น ตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ, คอยล์ ฯลฯ การที่จะให้ทรานซิสเตอร์ขยายสัญญาณได้นั้น จำเป็นที่จะต้องป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าที่ขา B, C, E ของทรานซิสเตอร์อย่างเหมาะสม คือต้องป้อนแรงดันให้หัวต่อ E – B เป็นไบอัสตรง และหัวต่อ C – B เป็นไบอัสกลับดังกล่าวมาแล้วนั้นก็คือ ทรานซิสเตอร์ NPN จะต้องรับแรงดันไบอัสต่างจากชนิด PNP



(ก) ชนิด NPN



(ข) ชนิด PNP

รูปที่ 5 แสดงการจัดแรงดันให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้

ตามรูปที่ 5 จะเห็นว่าแรงดันระหว่างขา C และขา E (V_{CE}) มีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันระหว่างขา B และขา E (V_{BE}) กับแรงดันระหว่างขา C และขา B (V_{CB}) ตามสมการ

$$V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$$

สมการนี้ใช้กับทรานซิสเตอร์ทั้งสองชนิด ข้อแตกต่างกัน คือชนิด NPN แรงดันที่ขา C จะเป็นบวกเมื่อเทียบกับขา E ส่วนชนิด PNP แรงดันที่ขา C จะเป็นลบเมื่อเทียบกับขา E ส่วนขา B ของทั้งสองชนิดจะมีศักย์ไฟฟ้าอยู่ระหว่าง C กับ E เสมอ

เงื่อนไขทางเทคนิคอีกประการหนึ่งที่ทำให้ทรานซิสเตอร์แอคทีฟ หรือในสภาวะที่จะทำงานขยายสัญญาณได้ก็คือ ทรานซิสเตอร์ชนิดซิลิกอน V_{BE} จะเท่ากับ 0.6V โดยประมาณ ส่วนชนิดเยอรมันเนียม จะเท่ากับ 0.2V โดยประมาณ เงื่อนไขนี้ใช้ได้กับทรานซิสเตอร์ทั้ง PNP และ NPN ต่างกันที่ว่าชนิด NPN แรงดันที่ขา B จะบวกเมื่อเทียบกับ E ส่วนชนิด PNP แรงดันที่ขา B จะเป็นลบเมื่อเทียบกับขา E

สรุป แรงดันระหว่างขาทรานซิสเตอร์ที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะการทำงาน

1. V_{BE} = 0.2V (Ge) หรือ 0.6V (Si)
2. V_{CE} มีค่าเท่าไรก็ได้ตั้งแต่ 1V ขึ้นไป แต่ต้องไม่เกินขอบเขตที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์พัง
3. V_{BE} ต้องเป็นไบอัสตรงเท่านั้น VBC เป็นไบอัสกลับ

1.2.2 การตรวจสอบชนิด, ความต้านทานระหว่างขาของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์มีรูปร่างลักษณะแตกต่างกันหลายร้อยแบบ การจะทราบว่าขาทรานซิสเตอร์ขาใดเป็นขาใดนั้น ไม่อาจจะดูจากรูปร่างหรือตัวถังของทรานซิสเตอร์ได้ เนื่องจากโดยทั่วไปผู้ผลิตจะไม่เขียนหรือพิมพ์ดีดไว้บนตัวทรานซิสเตอร์ วิธีที่จะรู้ขาทรานซิสเตอร์มี 2 วิธีคือ วิธีแรกเปิดคู่มือทรานซิสเตอร์ (ต้องศึกษาวิธีใช้คู่มือทรานซิสเตอร์ให้ดี) วิธีที่สอง โดยใช้โอห์มมิเตอร์วัดความต้านทานระหว่างขาของทรานซิสเตอร์ วิธีที่สองถือว่าเป็นวิธีที่ดีกว่าวิธีแรก เนื่องจากว่าการวัดความต้านทานระหว่างขาของทรานซิสเตอร์นั้น นอกจากจะรู้ขา, รู้ชนิด PNP หรือ NPN ของทรานซิสเตอร์แล้ว ยังรู้ได้ว่าทรานซิสเตอร์นั้นยังใช้งานได้อีกหรือไม่ (ดีหรือเสีย) ดังนั้นการวัดความต้านทานระหว่างขาทรานซิสเตอร์จึงจำเป็นอย่างยิ่งโดยเฉพาะท่านที่จะเป็นช่างซ่อม ผู้สร้างเครื่องขยายเสียงไม่สามารถที่จะหนีความสำคัญข้อนี้ได้เลย

การวัดขาทรานซิสเตอร์นั้นใช้วิธีวัดทีละคู่ และแต่ละคู่จะวัดสองครั้ง (กลับขั้วมิเตอร์) จึงต้องวัดทั้งหมด 6 ครั้ง และการวัดทั้ง 6 ครั้งจะทำให้รู้ชนิด รู้ขาของทรานซิสเตอร์ได้ และรู้ด้วยว่าดีหรือเสีย การวัดต้องคำนึงถึงเรื่อง ไบอัสตรง และ ไบอัสกลับ ให้ดี เพราะถ้าไบอัสตรงจะได้ความต้านทานน้อย แต่ไบอัสกลับจะได้ความต้านทานมาก และต้องคำนึงถึงขั้วของมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดให้ดี

สรุปสาระสำคัญดังนี้

1. การวัด 6 ครั้งจะได้ความต้านทานน้อยเพียง 2 ครั้ง และความต้านทานมาก 4 ครั้ง ถ้าได้ความต้านทานมากและความต้านทานน้อยผิดไปจากนี้ แสดงว่าทรานซิสเตอร์เสีย

2. การวัดความต้านทานระหว่างขา B กับ C และระหว่างขา B กับ E จะได้ค่าใกล้เคียงกันมากหรือน้อยเหมือนกัน (ไบอัสตรง)

3. ความต้านทานระหว่างขา C กับ E จะสูงเสมอ

4. การวัดความต้านทานระหว่างขา B กับ E และ B กับ C จะทำให้รู้ชนิดของทรานซิสเตอร์ได้ทันทีว่าเป็นชนิด NPN หรือ PNP

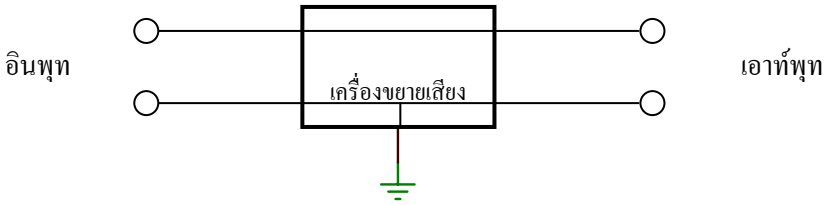
อย่างไรก็ตามท่านที่ยังไม่มีทักษะในการวัดขาทรานซิสเตอร์นี้มักจะงงอยู่มากทีเดียว และอาจจะสรุปผลผิดไปเป็นตรงกันข้ามก็ได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นเนื่องจากยังทำความเข้าใจผิดเรื่องขั้วโอห์มมิเตอร์ที่ใช้วัดและเรื่องไบอัสตรง ไบอัสกลับไม่ชัดเจน ดังนั้นถ้าไม่แน่ใจควรเปิดคู่มือทรานซิสเตอร์เทียบกับผลของการวัดเสมอ จะช่วยให้มีความเข้าใจชัดเจนดีขึ้น

1.3 การทำงานของทรานซิสเตอร์

จะเห็นได้ว่าทรานซิสเตอร์มีหน้าที่ขยายสัญญาณที่อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า เช่น ทรานซิสเตอร์ในเครื่องขยายเสียง ก็ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้า ที่มีความถี่เท่ากับความถี่เสียง การขยายสัญญาณนั้นอาจจะขยายกระแสเพียงอย่างเดียว หรือแรงดันเพียงอย่างเดียว หรือขยายกระแสและแรงดันไปพร้อมกันที่เรียกว่าขยายกำลัง

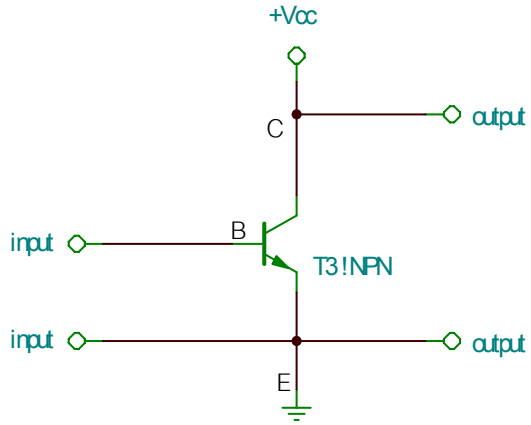
การจะให้ทรานซิสเตอร์ขยายสัญญาณได้จำเป็นจะต้อง “ป้อนแรงดันที่เหมาะสม” หรือที่เรียกว่า “จัดไบอัส” ให้ทรานซิสเตอร์ การจัดไบอัสให้ทรานซิสเตอร์มีหลายวิธี ซึ่งแล้วแต่ว่าเราต้องการให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเน้นหนักไปทางไหน เช่น เน้นหนักในการขยายกระแสเพียงอย่างเดียว โดยไม่ขยายแรงดันซึ่งมีวิธีจัดไบอัสแบบหนึ่ง หรือเน้นหนักทั้งขยายกระแสและแรงดันไปพร้อมกันก็มีวิธีการจัดไบอัสอีกอย่างหนึ่ง ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

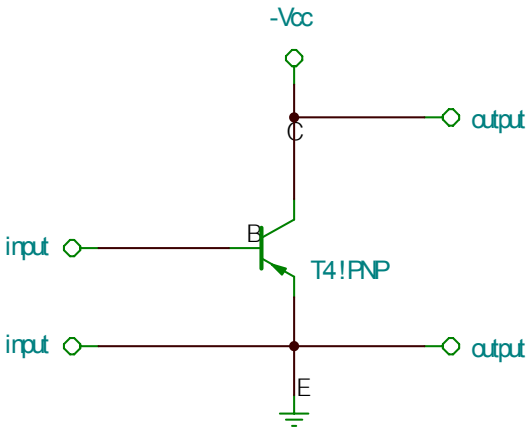
ทรานซิสเตอร์ในเครื่องขยายเสียง จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียง (AF) โดยทั่วไปแล้วสัญญาณออกหรือเอาท์พุท จะใหญ่กว่าสัญญาณเข้าหรืออินพุทตามรูป



รูปที่ 6 แสดงอินพุทและเอาท์พุทเครื่องขยายเสียง

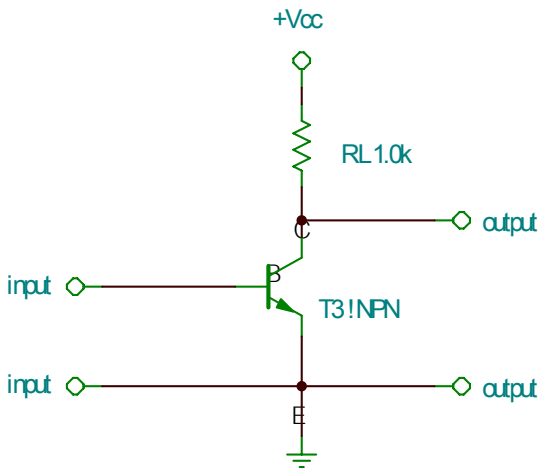
สมมติว่าเราแทนเครื่องขยายเสียงตามรูปที่ 6 ด้วยทรานซิสเตอร์หนึ่งตัวโดยจัดไบอัสชนิด “คอมมอนอีมิตเตอร์” ซึ่งเราต้องป้อนสัญญาณอินพุทเข้าทางขา B และ E และได้เอาท์พุทออกทางขา C และ E ตามรูป





รูปที่ 7 แสดงอินพุทและเอาท์พุทจากทรานซิสเตอร์ “คอมมอนอีมิตเตอร์”

ตามรูป 7 นั้นเป็นเพียงแสดงจุดป้อนสัญญาณอินพุท กับจุดนำสัญญาณอินพุทที่ขยายแล้วออกทางทรานซิสเตอร์เท่านั้น แต่ถ้าสังเกตให้ดีจะเห็นว่าการต่อวงจรตามรูปที่ 8 นั้น ไม่สามารถขยายสัญญาณได้เลย เนื่องจากขา C ต่อกับ V_{CC} โดยตรง ดังนั้นแรงดันที่ขา C จะเท่ากับ V_{CC} ซึ่งคงที่เสมอ การที่จะได้สัญญาณออกมาจากขา C นั้นจะต้องมีโหลด ต่อขั้น ระหว่างขา C และ V_{CC} เพื่อให้เอาท์พุทหรืองานออกมา โหลดที่ใช้จะเป็นตัวต้านทานหรืออุปกรณ์อื่นก็ได้ที่ความต้านทานในตัวเอง เช่น คอยล์, หม้อแปลง เป็นต้น ในที่นี้จะใช้ตัวต้านทานเป็นโหลด ซึ่งเรียกว่า “ความต้านทานโหลด” ใช้อักษรย่อว่า R_L ตามรูป



รูปที่ 8 แสดงการใส่โหลด เพื่อให้ได้เอาท์พุทออกมา

ตามรูปที่ 8 R_L จะแยกแรงดันที่ขา C ออกจาก V_{CC} และเมื่อมีกระแสไหลเข้าทางอินพุท จะมีกระแส I_C ซึ่ง I_C จะขึ้นอยู่กับ I_B ตามที่กล่าวมาตั้งต้น เนื่องจาก I_C ไหลผ่านโหลด R_L จึงมีแรงดันตกคร่อม R_L อยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งตามกฎของโอห์มจะมีค่าเท่ากับ $I_C R_L = I_C R_L$ และตามกฎของเคอร์ชอฟจะได้ผลตามแรงดันตามสมการ

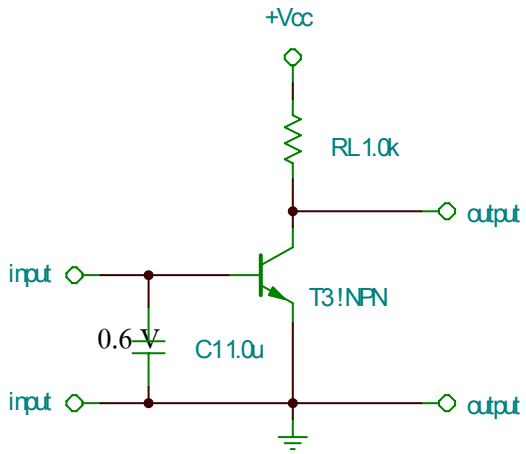
$$V_{CC} = I_C R_L + V_{CE}$$

ตามสมการ V_{CE} ก็คือ เอาท์พุทนั่นเอง R_L จะมีค่าคงที่และ V_{CC} จะมีค่าคงที่ด้วยกันทั้งนั้น $I_C R_L + V_C$ จึงมีค่าคงที่ ดังนั้นถ้า $I_C R_L$ มีค่าเพิ่มขึ้น V_{CE} จะมีค่าลดลง $I_C R_L$ มีค่าลดลง V_{CE} จะมีค่าเพิ่มขึ้น พูดอีกนัยหนึ่งถ้า $I_C R_L$ มีค่ามาก V_{CE} จะมีค่าน้อย $I_C R_L$ มีค่าน้อย V_{CE} จะมีค่ามากนั่นเอง

แต่ $I_C R_L$ จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ I_C และ I_C ขึ้นอยู่กับ I_B หรือขึ้นอยู่กับกระแสทางอินพุท

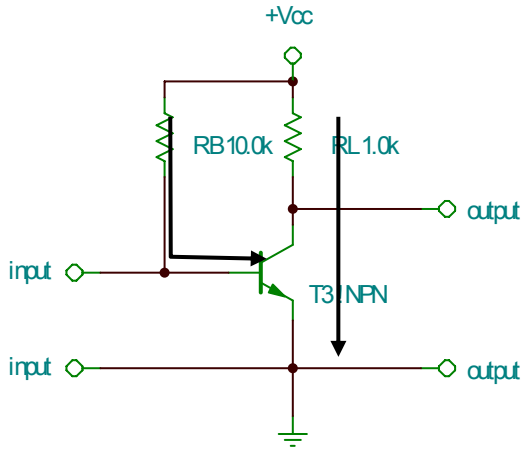
ตามรูปที่ 8 เห็นได้ชัดว่า R_L เป็นตัวที่ทำให้เอาท์พุทออกมา แต่การที่จะได้เอาท์พุทออกมาหรือไม่นั้นจะขึ้นอยู่กับทรานซิสเตอร์ได้รับการป้อนแรงดันที่ขาต่างๆ ตามหลักการ “ไบอัส” ถูกต้องหรือยัง ซึ่งในวงจรที่ใช้งานจริงนั้นนอกจากจะมีโหลด แล้วยังความต้านทานตัวอื่น ๆ อีกเพื่อใช้ในการไบอัสให้แรงดันที่ขาต่างๆ ของทรานซิสเตอร์ตามหลักการของการทำงานทรานซิสเตอร์ดังกล่าวในตอนนั้น

โดยหลักการแล้วเราอาจจะใช้แบตเตอรี่ที่มีแรงดัน 0.6V ต่อไว้ระหว่างขา B และ E ของทรานซิสเตอร์ในรูปที่ 8 เพื่อเป็นการไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ทำงานได้ตามรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงการใช้แบตเตอรี่ในการไบอัสให้ $V_{BE} = 0.6V$

การทำงานตามรูปที่ 9 นั้นไม่สะดวกอย่างยิ่ง และวิธีที่ให้ได้ $V_{BE} = 0.6V$ ที่ง่ายและสะดวกกว่าคือหาความต้านทานที่ R_B มาต่อตามรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงการต่อ R_B เพื่อไบอัสให้ $V_{BE} = 0.6V$

รูปที่ 10 เราสามารถคำนวณหาค่า RB ได้ตามสมการ

$$R_B = V_{CC} - V_{BE} / I_B = V_{CC} - 0.6 / I_B$$

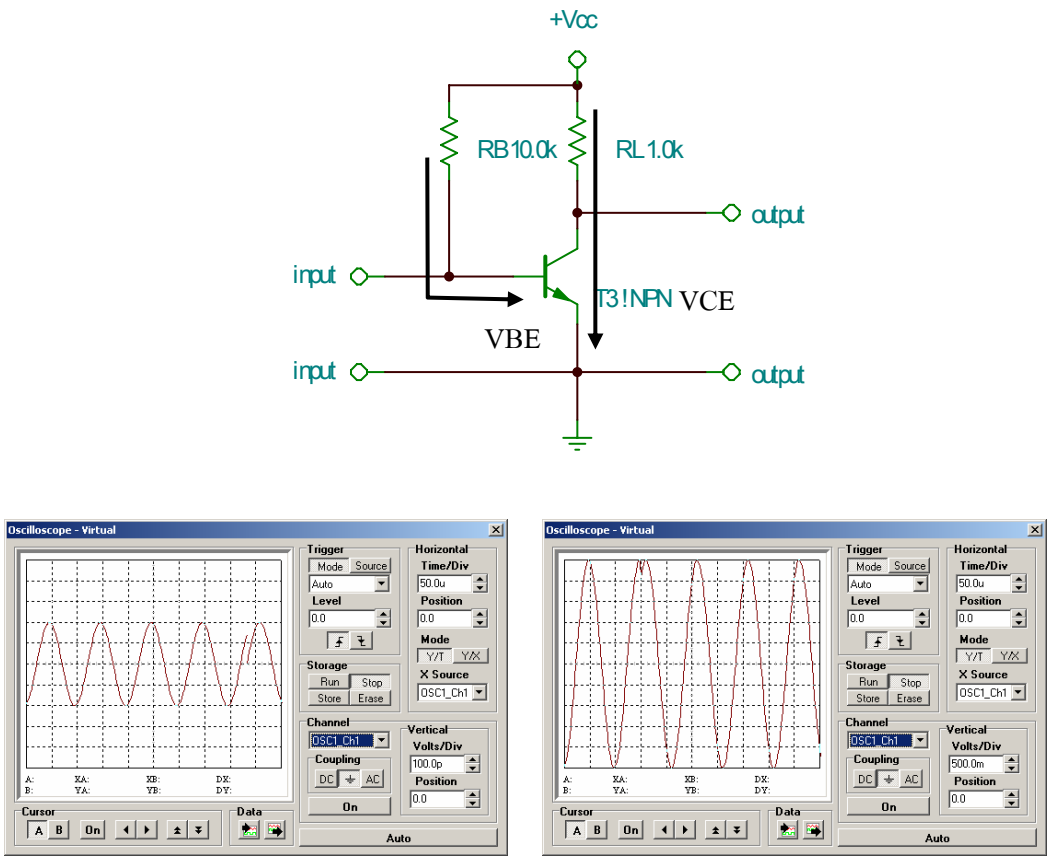
วงจรในรูปที่ 10 นี้เป็นวงจรชนิดคอมมอนอีมิตเตอร์และไบอัสแบบ “ไบอัสคงที่” ใช้ความต้านทานช่วยในการไบอัส (R_B) นี้มีหลายวิธี ซึ่งจะได้ผลแตกต่างกันในด้านเสถียรภาพทางอุณหภูมิ และผลทางด้านความต้านทานของวงจร ดังจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

1.4 วงจรทรานซิสเตอร์พื้นฐาน

การนำทรานซิสเตอร์มาขยายสัญญาณนั้น จะต้องมีจุดสัญญาณป้อนเข้าและจุดที่สัญญาณออก ตามที่ได้อธิบายไว้ในตอนต้น จุดที่ได้เอาท์พุทออกมานั้นมีหลายจุด ซึ่งแล้วแต่วิธีการจัดวงจร ซึ่งจะจัดได้ 3 รูปแบบคือ คอมมอนอีมิตเตอร์, คอมมอนคอลเลคเตอร์, คอมมอนเบส

1.4.1 วงจรคอมมอนอีมิตเตอร์

คำว่าคอมมอนอีมิเตอร์ มีความหมายว่าให้อีมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์เป็นจุดร่วมกันระหว่างอินพุทกับเอาท์พุท (การต่อสัญญาณให้ครบวงจรต้องมีจุดต่อ 2 จุด) คือ อินพุทต่อเข้าทางขา B กับขา E เอาท์พุทต่อออกจากขา C และขา E ซึ่งก็คือในวงจรดังรูปที่ 11 นั่นเอง วงจรคอมมอนอีมิตเตอร์ให้สัญญาณทางด้านเอาท์พุทมีเฟสตรงกันข้ามกับเอาท์พุท

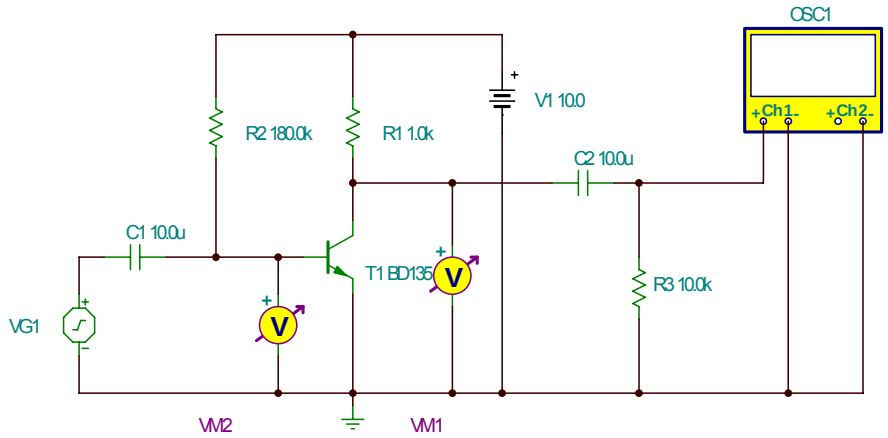


รูปที่ 11 แสดงสัญญาณเอาท์พุทกับเฟสกับสัญญาณอินพุท

เมื่อสัญญาณอินพุทเพิ่มขึ้นจะทำให้ V_{BE} เพิ่มขึ้นและ I_B เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ I_C ไหลมากขึ้น เมื่อ I_C เพิ่มขึ้นแรงดันตกคร่อม R_L เพิ่มขึ้นแต่ $V_{CC} = I_C R_L + V_{CE}$ = คงที่ ดังนั้น V_{CE} จึงลดลงนั่นเอง

วงจรคอมมอนอีมิตเตอร์มีความต้านทานอินพุทต่ำ (ประมาณ 300 – 200 โอห์ม) และมีความต้านทานเอาท์พุทสูง (ประมาณ 30 เคโอห์ม 300 เคโอห์ม) จึงมีการขยายกำลังให้สูงมากจึงนิยมใช้ในภาคปรีแอมป์ และภาคต้น ๆ ของเพาเวอร์แอมป์ แต่มีข้อเสียที่ต่อกับภาคอินพุทที่มีอิมพีแดนซ์สูงไม่ได้ และต่อกับโหลดที่มีความต้านทานต่ำไม่ได้ เช่น ไม่ใช้เป็นเอาท์พุทของเพาเวอร์แอมป์ เนื่องจากลำโพงเป็นโหลดที่มีความต้านทานต่ำ

ตามรูปที่ 12 วงจรทางอินพุทต้องมีความต้านทานต่ำ และทางเอาท์พุทต้องมีความต้านทานสูง จึงจะต่อร่วมกับวงจรคอมมอนอีมิตเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

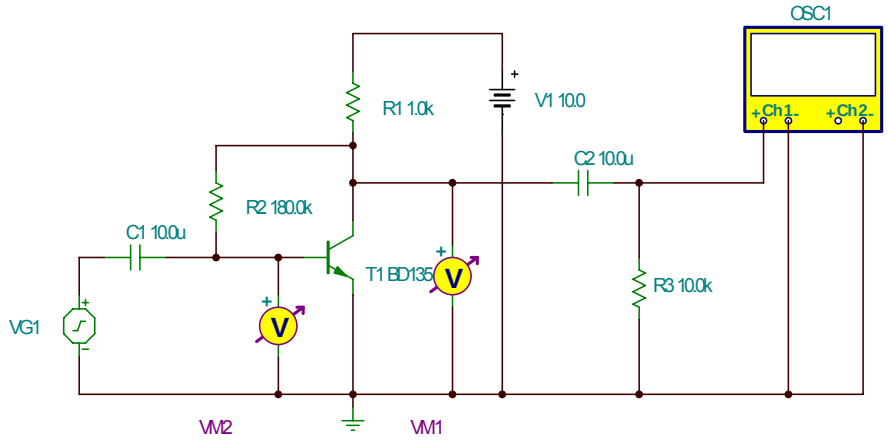


รูปที่ 12 แสดงวงจรที่ต่อคร่อมทางอินพุทและเอาท์พุท

วงจรคอมมอนอีมิตเตอร์ชนิดไบอัสคงที่นี้มีข้อเสียทางด้านเสถียรภาพทางอุณหภูมิ คือเมื่อ I_C ไหลมากจะทำให้หัวต่อของทรานซิสเตอร์ร้อน และเป็นธรรมชาติของหัวต่อ P – N ที่ว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นความต้านทานจะลดลง ซึ่งจะช่วยให้ I_C เพิ่มมากขึ้นไปอีกและยิ่ง I_C เพิ่มมากขึ้นอุณหภูมิก็ยิ่งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จนทรานซิสเตอร์พังในที่สุด วงจรไบอัสคงที่จึงไม่นิยมใช้ในทางปฏิบัติจริง และสามารถแก้โดยการออกแบบวงจรชนิดที่สามารถชดเชยอุณหภูมิได้

1.4.2 วงจรคอลเลคเตอร์ไบอัส

วงจรนี้เป็นวงจรคอมมอนอีมิตเตอร์ที่มีเสถียรภาพทางอุณหภูมิดี เนื่องจากมีการชดเชยกันทางอุณหภูมิ



รูปที่ 13 วงจรคอลเลคเตอร์ไบอัส

ขบวนการชดเชยอุณหภูมิของหัวต่อ P – N สูงขึ้นจะทำให้ IC เพิ่มขึ้น เมื่อ I_C, V_{RL} เพิ่มขึ้น และทำให้ V_{CE} ลดลง นั่นก็คือแรงดันที่ขา C (V_C) ลดลง V_C จะไปกระทบกับ V_{BE} เนื่องจาก R_B ต่อมาจากขา C โดยตรง เมื่อ V_C ลดลง แรงดันตกคร่อม R_B จะลดลงด้วย และเมื่อแรงดันตกคร่อม R_B (V_{RB}) ลดลงจะทำให้ I_B ลดลงเนื่องจาก I_C / I_B = ค่าคงที่ ดังนั้นในที่สุด เมื่อ I_B ลดลงจะทำให้ I_C ลดลงตามไปด้วย เมื่อ I_C ลดลงอุณหภูมิของหัวต่อ P – N ก็ลดลงไปด้วย

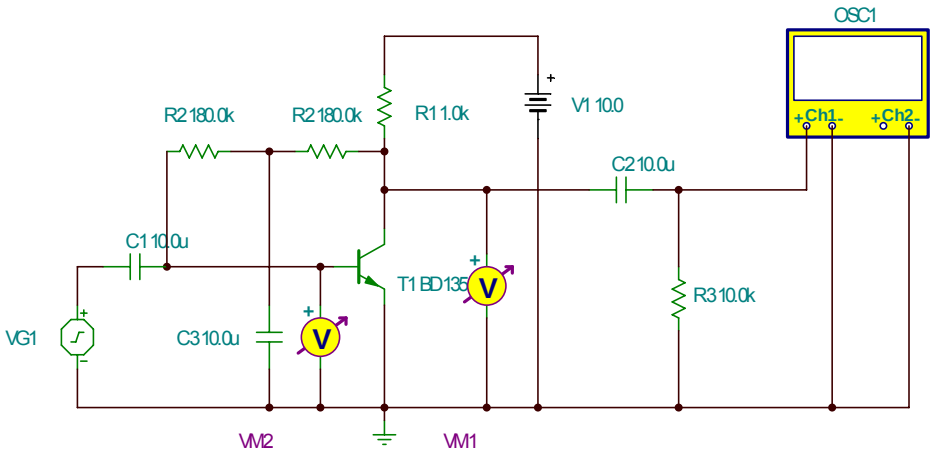
การคำนวณค่า R_L และ R_B ในวงจรตามรูปที่ 13 ได้จากสมการ

$$R_L = V_{CC} - V_{CE} / I_C$$

$$R_B = V_C - V_{BE} / I_B \; (V_C = \text{แรงดันที่ขา C} = V_{CE}) I_C / I_B = \beta$$

ของทรานซิสเตอร์ การเกิดผลชดเชยอุณหภูมิเช่นนี้เป็นการป้อนกลับทางลบแบบหนึ่ง เนื่องจากถ้ากระแสทางเอาท์พุทเพิ่ม จะมีผลให้กระแสอินพุทลดลง และการป้อนกลับตามรูป 13 นั้นจะป้อนกลับทั้งแรงดันไฟตรงและแรงดันจากสัญญาณที่นำมาขยาย (ไฟสลับ) ทำให้เกิดผลตามมาอีกอย่างที่เราไม่ต้องการ คืออัตราการขยายสัญญาณลดลงเรียกว่าได้อย่างก็ต้องเสียอย่าง ธรรมชาติมักเป็นเช่นนี้เสมอ

การแก้ปัญหามิให้อัตราขยายลดลง คือให้ป้อนกลับทางลบเฉพาะไฟตรงแต่ไฟสลับไม่ให้ป้อนกลับ (เครื่องขยายเสียงจะเน้นขยายสัญญาณไฟสลับเท่านั้น) ตามรูป



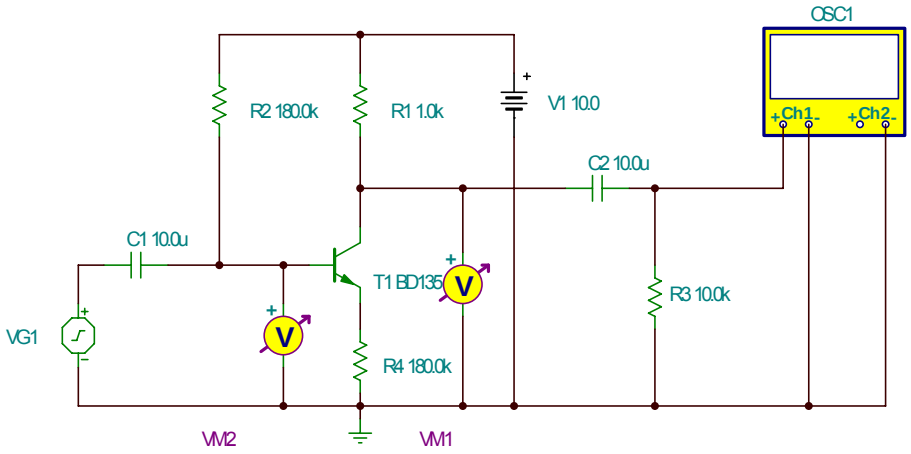
รูปที่ 14 วงจรคอลเลคเตอร์ไบอัสที่มี C_B

C_B ตามรูป 14 ต้องมีค่ามากพอที่จะทำให้ค่ารีแอคแตนท์มีค่าต่ำกว่า R_B ที่ความถี่ต่ำสุด สมมติว่าความถี่ AF ต่ำสุด 20 Hz จะได้ C_B ตามสมการ

$$\frac{1}{2\pi(20C_B)} < R_B \quad \text{หรือ} \quad \frac{1}{126C_B} < R_B$$

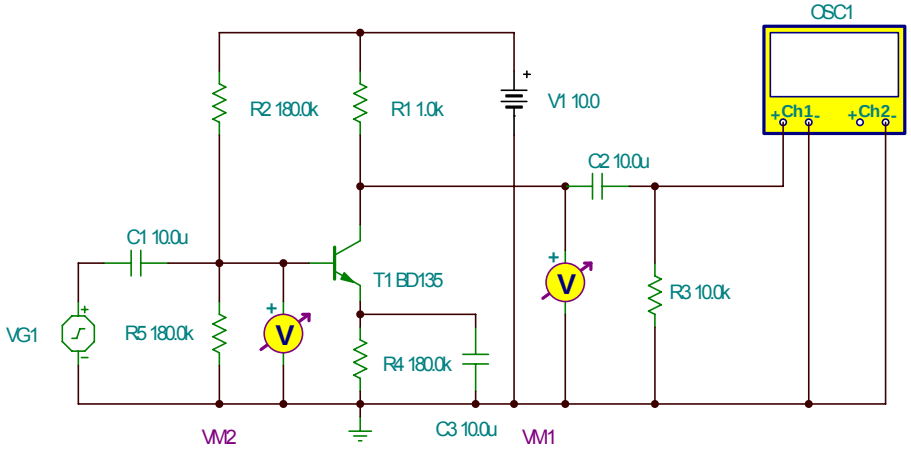
1.4.3 วงจรอีมิตเตอร์ไบอัส

เป็นวงจรคอมมอนอีมิเตอร์อีกแบบหนึ่งที่ใช้แก้ปัญหา “เทอร์มัลรันอะเวย์” หรือวงจรชดเชยอุณหภูมิ คือใส่ความต้านทานที่อีมิตเตอร์เพิ่ม เข้าไปในวงจรไบอัสคงที่ตามรูป



รูปที่ 15 วงจรคอมมอนอีมิเตอร์ “อีมิตเตอร์ไบอัส”

ขนาดของ R_E น้อยกว่า R_L เกิน 10 เท่า ($R_L > 10\ R_E$) แต่วงจรอีมิเตอร์ไบอัสที่มีเสถียรภาพดีกว่าวงจรในรูปที่ 15 จะเป็นวงจรที่มี R_B สองตัว แบ่งแรงดันให้ขา B ตามรูป



รูปที่ 16 วงจรอีมิตเตอร์ไบอัส

วงจรตามรูปที่ 16 เพิ่ม R_{B2} และ CE เข้ามาโดย CE จะช่วยผ่านสัญญาณเอซี เพื่อให้สัญญาณไม่ป้อนกลับทางลบอันจะเป็นผลให้อัตราการขยายสัญญาณลดลง การที่ CE ผ่านสัญญาณไฟสลับหรือเรียกว่า “บายพาส” ได้เนื่องจากความต้านทานของตัวเก็บประจุมีค่าลดลงเมื่อความถี่ของสัญญาณเพิ่มขึ้นตามสมการ

ดังนั้นเมื่อสัญญาณไฟสลับผ่านมาที่ขา E สัญญาณนั้นจะผ่าน C_E ไปโดยง่ายเหมือนไม่มีความต้านทานอยู่จึงไม่ทำให้ V_{RE} เพิ่มขึ้น (อันเป็นผลทำให้เกิดการป้อนกลับทางลบ) พูดอีกนัยหนึ่งก็คือ C_E ช่วยให้อัตราการขยายสัญญาณเอซีสูง เพราะไม่ต้องป้อนกลับทางลบแต่ไฟตรงที่จะทำให้เกิดความร้อนในตัวทรานซิสเตอร์ ยังป้อนกลับทางลบเหมือนเดิม

เพื่อให้วงจรมีเสถียรภาพดี เราจะจัดให้ R_{B1} และ R_{B2} มีกระแสผ่านตัวมันมากกว่า 10 เท่าของกระแสเบส ค่าของ R_{B1}, R_{B2}, R_L, R_E ของวงจรในรูปที่ 16 คำนวณได้จากสมการสมมติว่า $I_{RB} = 10\ I_B$

$$R_L = V_{CC} - V_{CE} - V_E / I_C$$

$$R_E = V_E / I_C \quad (V_E = \text{แรงดันที่ขา E})$$

$$R_{B1} = V_{CC} - V_B / 10\ I_B = V_{CC} - V_{BE} - V_E / 10\ I_B$$

$$R_{B2} = V_B / 9\ I_B = V_{BE} + V_E / 9\ I_B$$

ความต้านทานอินพุท ประมาณ R_{B1}

ความต้านทานเอาท์พุท ประมาณ R_L

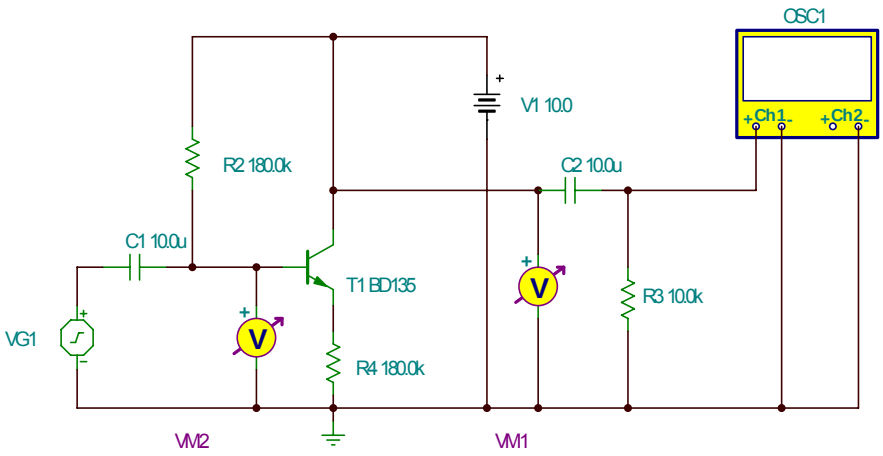
อัตราขยายกระแส ประมาณ R_B / R_E

อัตราขยายแรงดัน ประมาณ R_L / R_E

1.4.4 วงจรคอมมอนคอลเลคเตอร์

คำว่าคอมมอนคอลเลคเตอร์ มีความหมายว่า ให้คอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์เป็น “จุดร่วมกัน” ระหว่างอินพุทกับเอาท์พุท ดังนั้นสัญญาณอินพุทป้อนเข้าที่ขาเบส และสัญญาณเอาท์พุทป้อนเข้าที่ขาอีมิตเตอร์ วงจรชนิดนี้เรียกอีกว่าวงจร “อีมิตเตอร์ตาม”

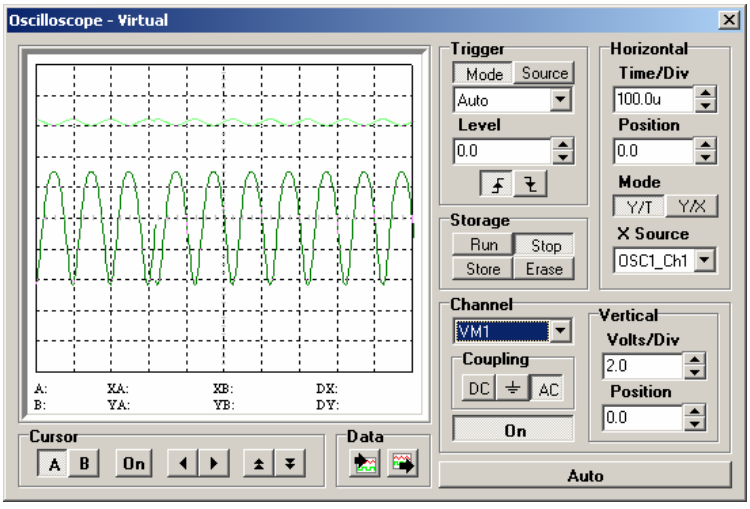
วงจรคอมมอนคอลเลคเตอร์ใช้ R_E เป็นโหลดของวงจร คือได้สัญญาณเอาท์พุทจากสัญญาณที่คร่อม R_E โดยปกติแรงดันที่ขา B และแรงดันที่ขา E จะต่างกันประมาณ 0.6 V เสมอ ดังนั้นวงจรชนิดนี้จึงไม่ได้ขยายแรงดันเลย หรือ “อัตราขยายแรงดันเท่ากับ 1” แต่กระแสอีมิตเตอร์จะใหญ่กว่ากระแสเบสมาก ดังนั้นวงจรนี้จึงขยายกระแสได้ดีที่สุด การขยายกระแสได้ดีนั้น เราสามารถมองอีกมุมหนึ่งในรูปของ “ความต้านทานอินพุท” และ “ความต้านทานเอาท์พุท” เกี่ยวกับหลักที่ว่าความต้านทานน้อยกระแสไหลมาก ความต้านทานมากกระแสไหลน้อย



รูปที่ 17 วงจรคอมมอนคอลเลคเตอร์ (อีมิตเตอร์ตาม)

วงจรชนิดนี้มีความต้านทานอินพุทสูงที่สุด และมีความต้านทานเอาท์พุทต่ำที่สุด จึงเหมาะเป็นวงจรขับหลอดต่ำ ๆ เช่นเป็นภาคเอาท์พุทของเครื่องขยายเสียง (ลำโพงเป็นโหลดที่มีความต้านทานต่ำจึงกินกระแสมาก)

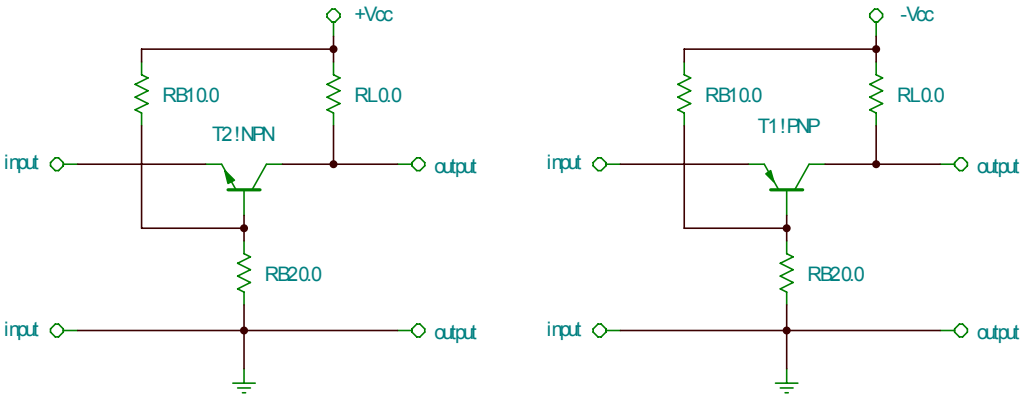
คุณสมบัติอีกอย่างของวงจรคอมมอนอีมิตเตอร์ คือ สัญญาณอินพุทและสัญญาณเอาท์พุทจะมีเฟสเดียวกัน



รูปที่ 18 สัญญาณอินพุทและเอาท์พุทที่มีเฟสเดียวกัน

1.4.5 วงจรคอมมอนเบส

วงจรคอมมอนเบสป้อนสัญญาณอินพุทเข้าทางอีมิตเตอร์และเอาท์พุทออกทางคอลเลคเตอร์ โดยให้เบสเป็นจุดร่วมกันของสัญญาณตามรูป



รูปที่ 19 วงจรคอมมอนเบส

วงจรคอมมอนเบสจะมีอัตราการขยายกระแสน้อยกว่า 1 เสมอ เนื่องจาก I_E มากกว่า I_C เสมอ เหตุผลเดียวกันนี้ถ้ามองในแง่ความต้านทานวงจรชนิดนี้มีความต้านทานอินพุทต่ำ (ต่ำที่สุด) และมีความต้านทานเอาท์พุทสูง (สูงที่สุด) และสามารถขยายแรงดันได้มากที่สุด

วงจรคอมมอนเบสที่ใช้ในเครื่องขยายเสียงน้อย

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบวงจร C_E, C_C, C_B

คุณสมบัติของวงจร	C_E	C_C	C_B
อัตราขยายแรงดัน	สูง = 270 เท่า	ต่ำมาก = 1 เท่า	สูงมาก = 380 เท่า
อัตราขยายกระแส	สูง = 35 เท่า	สูงมาก = 36เท่า	ต่ำมาก = 1 เท่า
อัตราขยายกำลัง	สูงมาก = 40 dB	ต่ำ = 15 dB	ปานกลาง = 26 dB
ความต้านทานอินพุต	ต่ำ = 1500 โอห์ม	สูงมาก = 350 K	ต่ำมาก = 35 โอห์ม
ความต้านทานเอาท์พุต	สูง = 50 K	ต่ำมาก = 500 โอห์ม	สูงมาก = 1 M
ข้อดี	ขยายกำลังได้สูง	ขับโหลดได้ดี	ขยายแรงดันได้สูง
ข้อเสีย	สัญญาณรบกวนสูง	ขยายแรงดันได้ต่ำ	ขยายแรงดันได้ต่ำ
ใช้ในเครื่องขยายเสียง	ใช้มาก	ภาคเอาท์พุต	-

C_E = คอมมอนอีมิตเตอร์

C_C = คอมมอนคอลเลคเตอร์

C_B = คอมมอนเบส

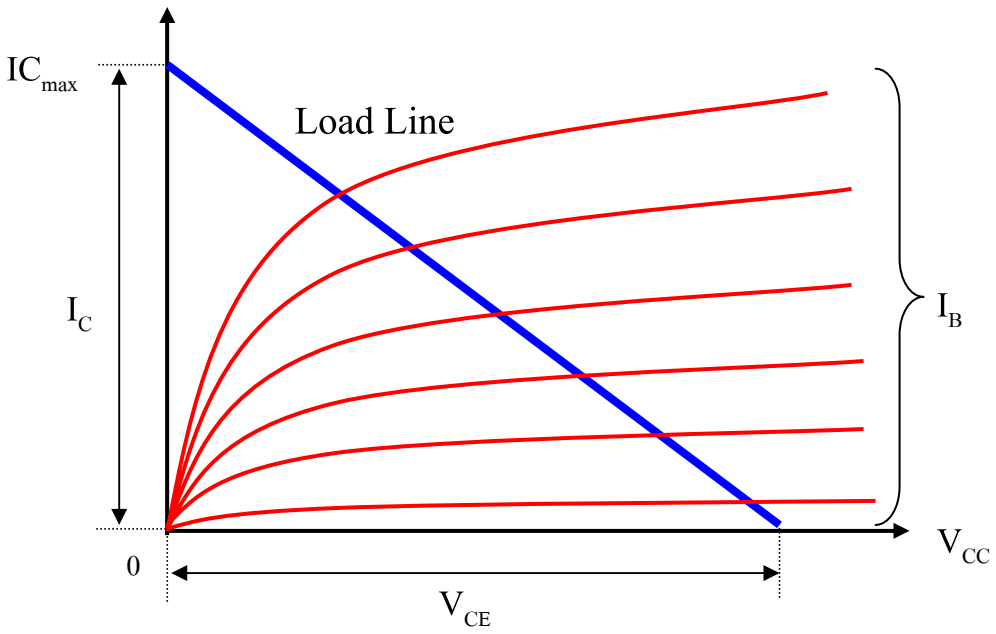
2. เส้นโหลดลายน์ (Load line)

การกำหนดการทำงานของทรานซิสเตอร์โดยทั่วไปแล้วจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ที่นำมาใช้ โดยจะต้องศึกษารายละเอียดของการจัดไบอัสให้กับตัวทรานซิสเตอร์ ค่าที่ควรทราบนั้นจะเกี่ยวข้องกับค่ากระแส ค่าแรงดัน และอัตราขยาย ค่าต่างๆที่ได้จากโรงงานผู้ผลิตจะถูกนำมาออกแบบให้ต่อประกอบร่วมกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อให้สามารถนำมาขยายสัญญาณเสียง

2.1 องค์ประกอบของเส้นโหลดลายน์

การออกแบบและคำนวณค่าอุปกรณ์ต่อร่วมจำเป็นที่จะต้องทราบถึงแนวทางและวิธีการออกแบบ โดยการออกแบบนั้นจะต้องใช้กราฟเส้นโหลดลายน์ (Load line) เข้ามาช่วยในการออกแบบในการกำหนดจุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ กราฟเส้นโหลดลายน์จะประกอบไปด้วย

1. แกนแนวนอนเป็นแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย (V_{CC}) ในแนวแกนนี้จะมีข้อสังเกตุในการกำหนดจุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ (V_{CE})
2. แกนแนวตั้งเป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านทรานซิสเตอร์ที่ขา คอลเลคเตอร์ (I_C)
3. เส้นแนวนอนเป็นค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านทรานซิสเตอร์ที่ขา เบส (I_B)
4. เส้นในแนวกระแสสูงสุด (I_C) ไปจนถึง แนวแรงดันของแหล่งจ่ายสูงสุด (V_{CC}) จะเรียกว่าเส้นโหลดลายน์



รูปที่ 20 แสดงกราฟโหลดลายน์ของทรานซิสเตอร์

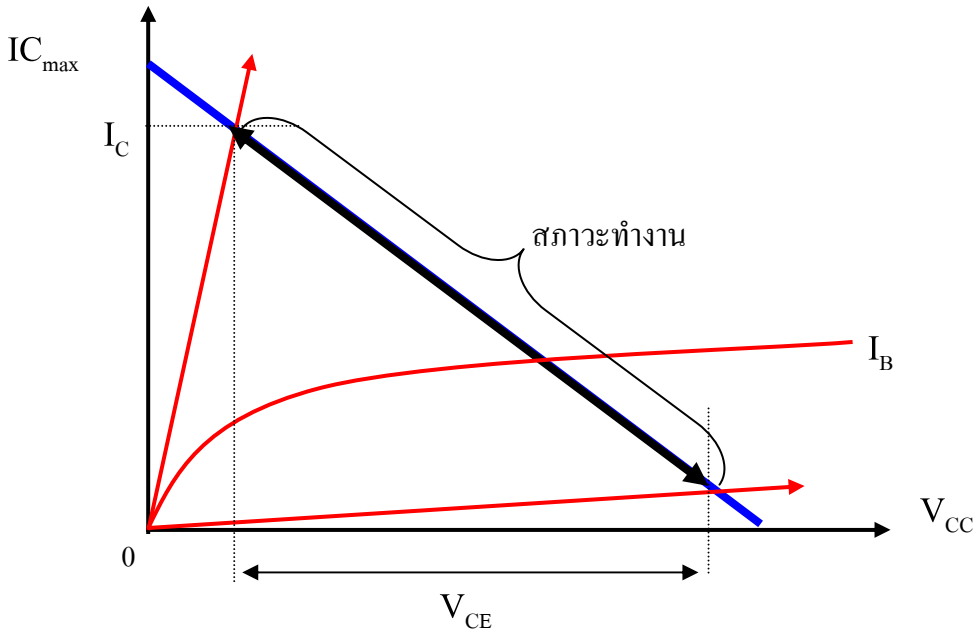
2.2 สภาวะจุดการทำงานบนเส้นโหลดลายน์

เมื่อต้องการทำการออกแบบวงจรขยายเสียงโดยใช้ทรานซิสเตอร์ สภาวะของการทำงานของทรานซิสเตอร์ถูกแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้

1. สภาวะทำงาน
2. สภาวะไม่ทำงาน
3. สภาวะอิ่มตัว

2.2.1 สภาวะทำงานของทรานซิสเตอร์

การทำงานในสภาวะทำงานของทรานซิสเตอร์จะอยู่ในช่วงตั้งแต่ทรานซิสเตอร์ได้รับไบอัสที่ 0.7 V ที่แรงดัน V_{BE} ไปจนถึงค่ากระแส ที่ 80 % ของค่ากระแส I_C max



รูปที่ 21 แสดงกราฟเส้นโหลดลายน์ในสภาวะทำงานของทรานซิสเตอร์

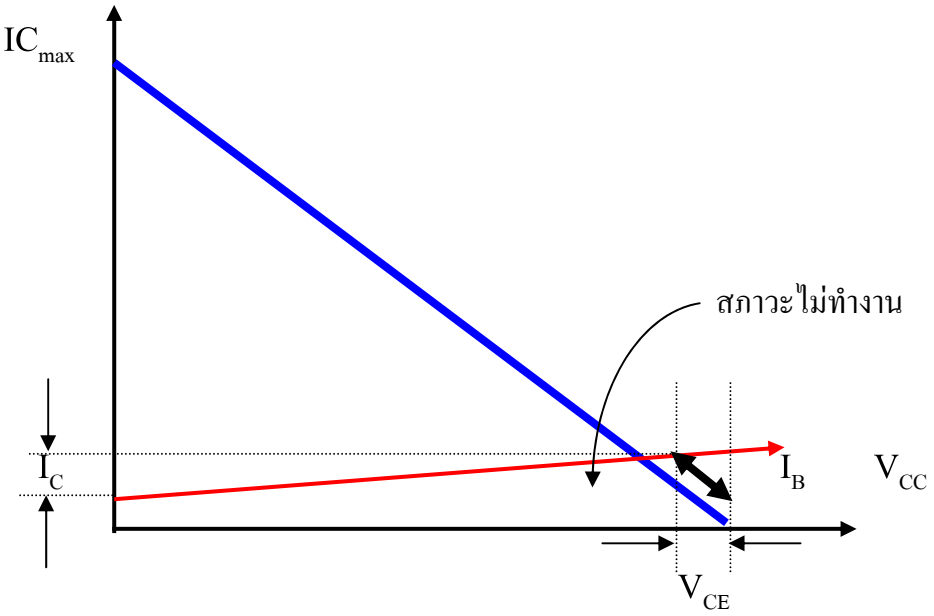
การทำงานในสภาวะนี้จะถูกควบคุมโดยคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ที่นำมาออกแบบ โดยจะทราบค่ากระแส I_{Cmax} และกำหนดค่าแรงดันของแหล่งจ่ายในวงจรที่ออกแบบ จากนั้นคำนวณองค์ประกอบของวงจรเพื่อจัดไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ โดยทำการควบคุมค่ากระแส I_B ซึ่งค่าที่คำนวณจะต้องมีค่ากระแส I_B สูงสุดที่ 80% ของ I_{Cmax} และค่าแรงดัน V_{BE} ต้องมีค่าอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 0.7V

ทรานซิสเตอร์ที่ออกแบบให้อยู่ในสภาวะทำงานจะมีค่าแรงดัน V_{CE} ที่เปลี่ยนแปลง ค่าแรงดัน V_{CE} จะเป็นการบอกการทำงานของทรานซิสเตอร์ กรณีที่ค่าแรงดัน V_{CE} มีค่าใกล้เคียงกับ

แหล่งจ่ายแสดงว่าทรานซิสเตอร์มีกระแสไหลผ่านตัวมันเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าค่าแรงดัน V_{CE} มีค่าเข้าใกล้ 0V แสดงว่าทรานซิสเตอร์มีค่ากระแสไหลผ่านตัวมันมาก (ทรานซิสเตอร์ทำงานเต็มที่)

2.2.2 สภาวะไม่ทำงานของทรานซิสเตอร์

การทำงานในสภาวะไม่ทำงานของทรานซิสเตอร์จะอยู่ในช่วงตั้งแต่ทรานซิสเตอร์ไม่ได้รับไบอัส แรงดันที่ V_{BE} จะเท่ากับ 0V ค่ากระแส I_C จะมีค่าเท่ากับ 0A ด้วย และค่าแรงดัน V_{CE} จะเท่ากับแหล่งจ่ายหรือ V_{CC} ในสภาวะนี้ทรานซิสเตอร์จะไม่มีกระแสไหลในวงจร



รูปที่ 22 แสดงกราฟเส้นโหลดลายน์ในสภาวะไม่ทำงานของทรานซิสเตอร์

การทำงานในสภาวะนี้จะถูกควบคุมโดยคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ที่นำมาออกแบบ โดยจะทราบค่ากระแส I_{Cmax} และกำหนดค่าแรงดันของแหล่งจ่ายในวงจรที่ออกแบบ จากนั้นคำนวณองค์ประกอบของวงจรเพื่อจัดไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ โดยทำการควบคุมค่ากระแส I_B ให้มีค่ากระแส I_B เท่ากับ 0A และค่าแรงดัน V_{BE} เท่ากับ 0V

ทรานซิสเตอร์ที่ออกแบบให้อยู่ในสภาวะไม่ทำงานจะมีค่าแรงดัน V_{CE} ใกล้เคียงหรือเท่ากับแหล่งจ่าย ค่าแรงดัน V_{CE} จะเป็นการบอกการทำงานของทรานซิสเตอร์ในกรณีนี้ทรานซิสเตอร์จะไม่ทำงาน เนื่องจากค่ากระแส I_C จะมีค่าต่ำมากหรือเท่ากับ 0A และค่ากระแส I_B ก็จะมีค่าต่ำมากหรือไม่มีค่ากระแสในวงจรเลย

ค่าสมการที่ได้ $V_{CE} = V_{CC}$

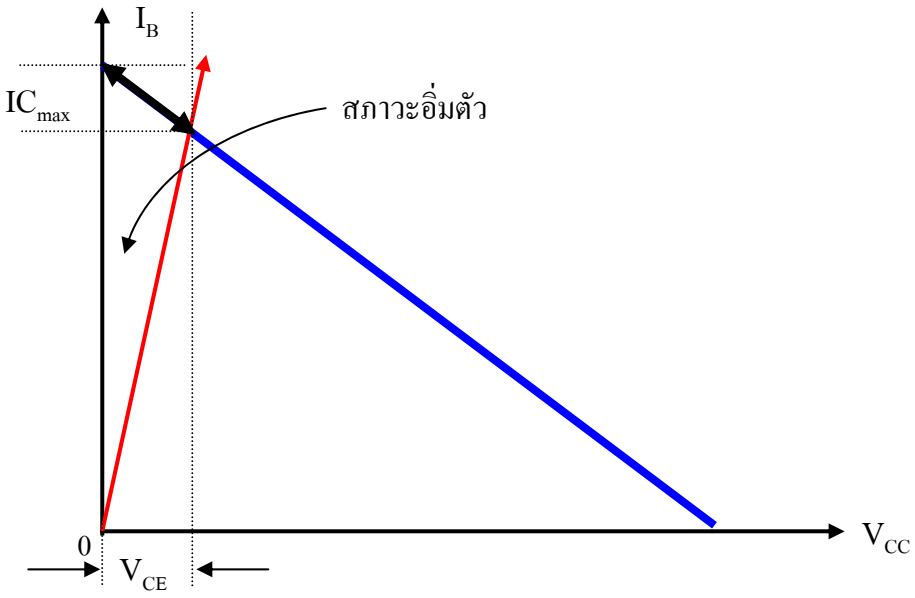
$I_B = 0A$

$I_C = 0A$

$V_{BE} = 0V$

2.2.3 สภาวะอิ่มตัวของทรานซิสเตอร์

การทำงานในสภาวะอิ่มตัวของทรานซิสเตอร์จะอยู่ในช่วงตั้งแต่ทรานซิสเตอร์ได้รับไบอัสเต็มที่ แรงดันที่ V_{BE} จะเท่ากับ 0.7V ค่ากระแส I_C จะมีค่าเท่ากับ I_{Cmax} ด้วย และค่าแรงดัน V_{CE} จะเข้าใกล้ 0V หรือเท่ากับ 0V แสดงว่าสภาวะนี้ทรานซิสเตอร์จะมีกระแสไหลในวงจรสูงสุด กล่าวคือ ทรานซิสเตอร์ทำงานเต็มที่



รูปที่ 23 แสดงกราฟเส้นโหลดลายน์ในสภาวะไม่ทำงานของทรานซิสเตอร์

การทำงานในสภาวะนี้จะถูกควบคุมโดยคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ที่นำมาออกแบบ โดยจะทราบค่ากระแส I_{Cmax} และกำหนดค่าแรงดันของแหล่งจ่ายในวงจรที่ออกแบบ จากนั้นคำนวณองค์ประกอบของวงจรเพื่อจัดไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ โดยทำการควบคุมค่ากระแส I_Bให้มีค่ากระแส I_B สูงสุด และค่าแรงดัน V_{BE} เท่ากับ 0.7V

ทรานซิสเตอร์ที่ออกแบบให้อยู่ในสภาวะอิ่มตัวจะมีค่าแรงดัน V_{CE} ใกล้เคียงหรือเท่ากับ 0V ค่าแรงดัน V_{CE} จะเป็นการบอกการทำงานของทรานซิสเตอร์ ในกรณีนี้ทรานซิสเตอร์จะทำงานเต็มที่

เนื่องจากค่ากระแส I_C จะมีค่าสูงมากหรือเท่ากับ I_{Cmax} และค่ากระแส I_B ก็จะมีค่าสูงมากหรือมีค่ากระแสในวงจรสูงสุด

ค่าสมการที่ได้ $V_{CE} = 0V$

$I_B = max$

$I_C = max$

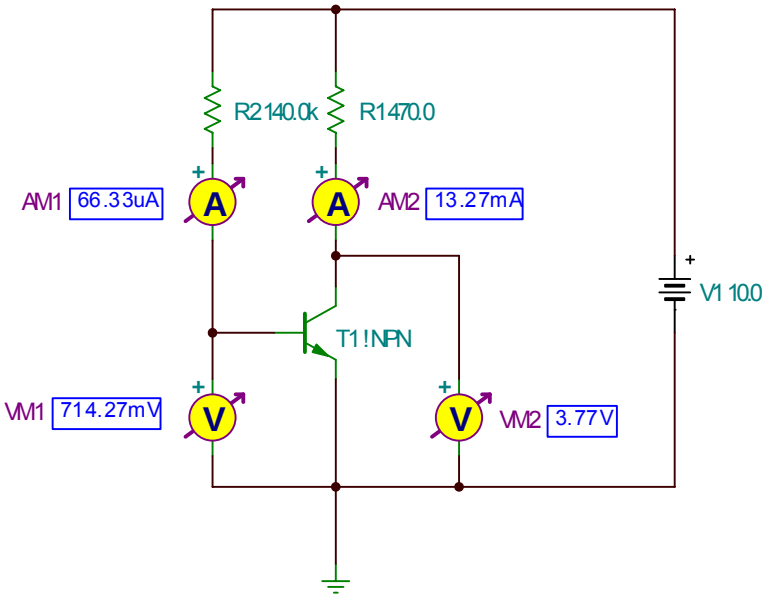
$V_{BE} = 0.7V$

3. ค่ากระแสและแรงดันในวงจรทรานซิสเตอร์

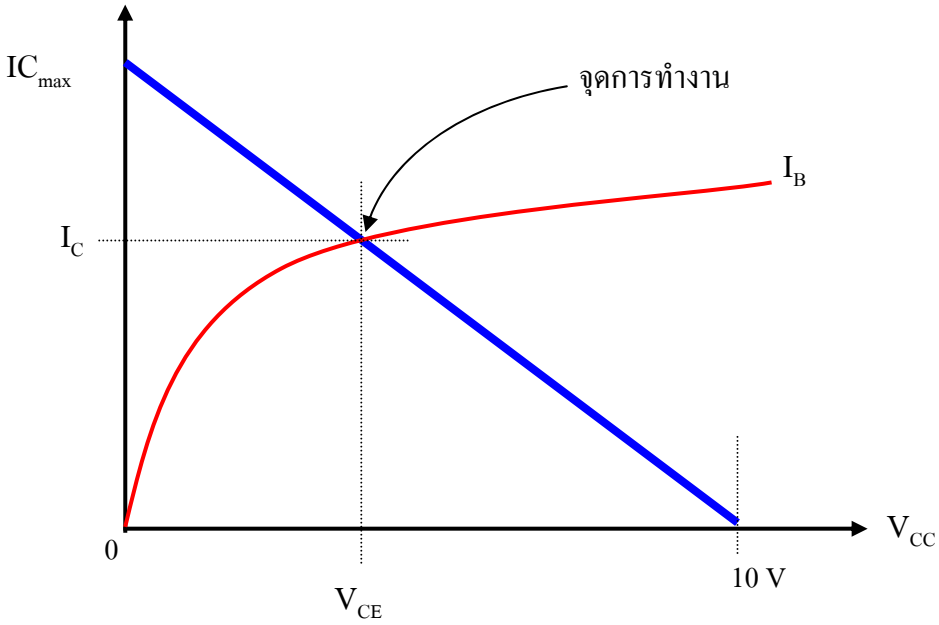
การออกแบบวงจรขยายเพื่อคำนวณหาค่ากระแสและแรงดันในวงจรทรานซิสเตอร์ จะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการออกแบบ ซึ่งจะทำให้สะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น และสามารถทำการออกแบบให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในจุดต่างๆได้ เพื่อเป็นการวิเคราะห์ค่ากระแส แรงดัน และรูปสัญญาณที่ได้จากการขยายของวงจรที่ทำการออกแบบ

3.1 การออกแบบวงจรทรานซิสเตอร์สภาวะทำงานโดยใช้โปรแกรม TINA

การจัดวงจรขยายใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN จุดการทำงานอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นโหลดลายน์ ค่าแรงดัน V_{CE} เท่ากับ 3.77 V ค่ากระแส I_C เท่ากับ 13.27 mA ค่ากระแส I_B เท่ากับ 66.33 uA และค่าแรงดัน V_{BE} เท่ากับ 0.7 V เมื่อนำมาเขียนกราฟโหลดลายน์จะได้ดังรูป



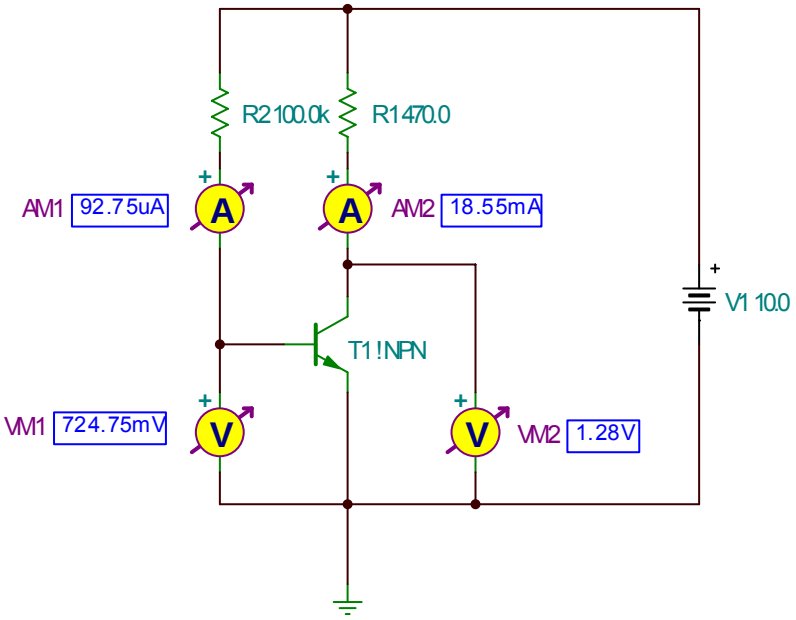
รูปที่ 24 แสดงวงจรขยายโดยจัดไบอัสให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะทำงาน



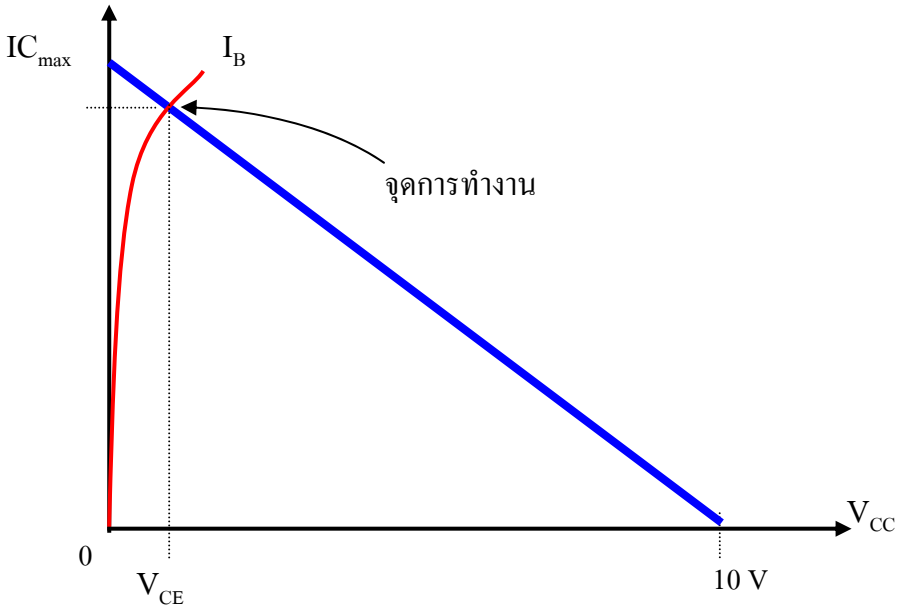
รูปที่25 แสดงจุดการทำงานทรานซิสเตอร์ในกราฟเส้นโหลดลายน์

3.2 การออกแบบวงจรทรานซิสเตอร์สภาวะอิ่มตัวโดยใช้โปรแกรม TINA

การจัดวงจรขยายใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN จุดการทำงานอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นโหลดลายน์ ค่าแรงดัน V_{CE}เท่ากับ 1.28 V ค่ากระแส I_C เท่ากับ 18.55 mA ค่ากระแส I_Bเท่ากับ 92.75 uA และค่าแรงดัน V_{BE} เท่ากับ 0.72 V เมื่อนำมาเขียนกราฟโหลดลายน์จะได้ดังรูป



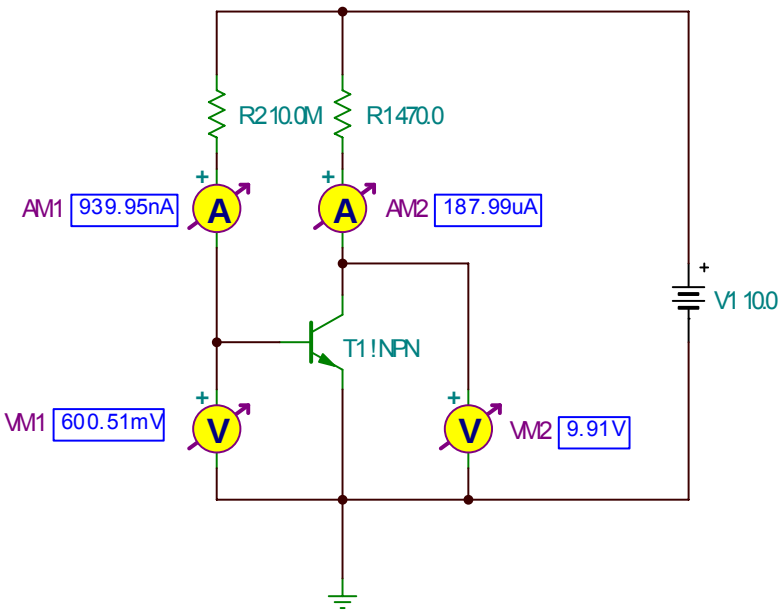
รูปที่ 26 แสดงวงจรขยายโดยจัดไบอัสให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะอิ่มตัว



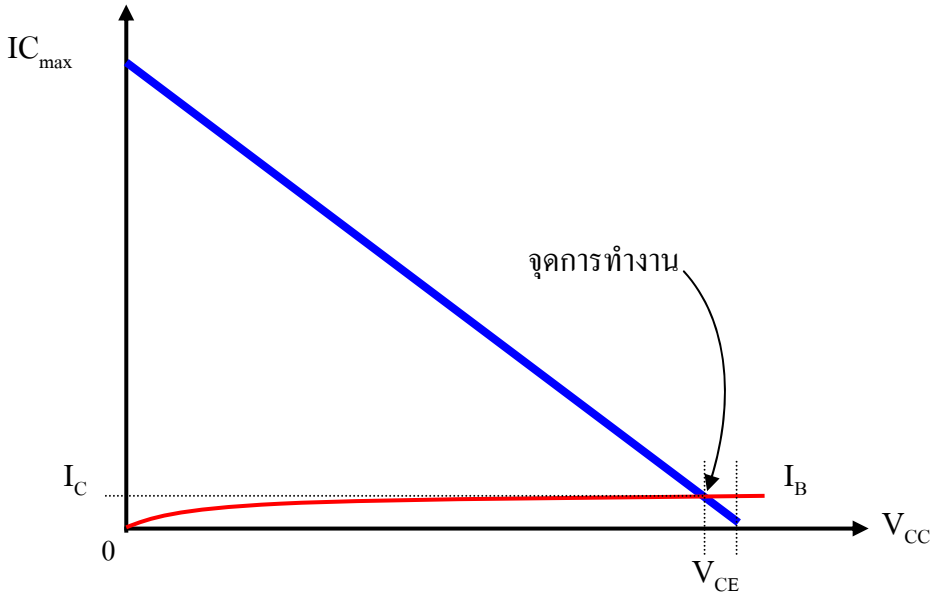
รูปที่ 27 แสดงจุดการทำงานทรานซิสเตอร์ในกราฟเส้นโหลดลายน์

3.3 การออกแบบวงจรทรานซิสเตอร์สภาวะไม่ทำงานโดยใช้โปรแกรม TINA

การจัดวงจรขยายใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN จุดการทำงานอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นโหลดลายน์ ค่าแรงดัน V_{CE} เท่ากับ 9.91 V ค่ากระแส I_C เท่ากับ 0.188 mA ค่ากระแส I_B เท่ากับ 0.93 uA และค่าแรงดัน V_{BE} เท่ากับ 0.6 V เมื่อนำมาเขียนกราฟโหลดลายน์จะได้ดังรูป



รูปที่ 28 แสดงวงจรขยายโดยจัดไบอัสให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะไม่ทำงาน

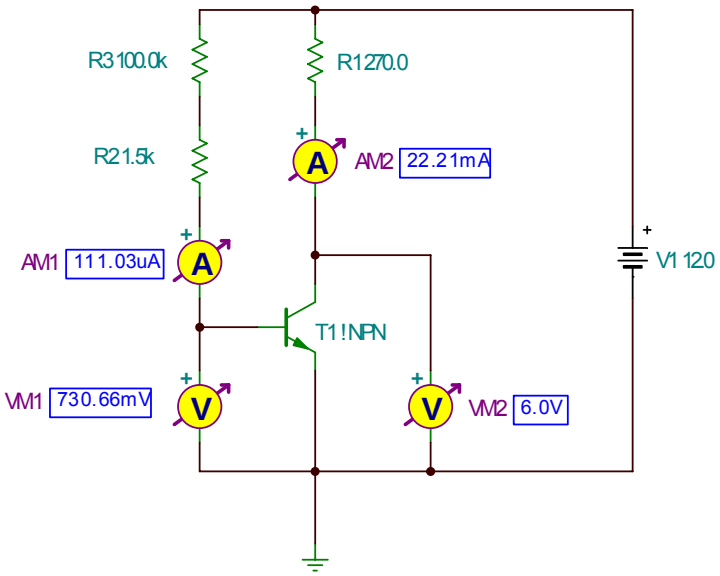


รูปที่ 29 แสดงจุดการทำงานทรานซิสเตอร์ในกราฟเส้นโหลดลายน์

4. วงจรขยายคลาส เอ

4.1 คุณสมบัติและหลักการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ

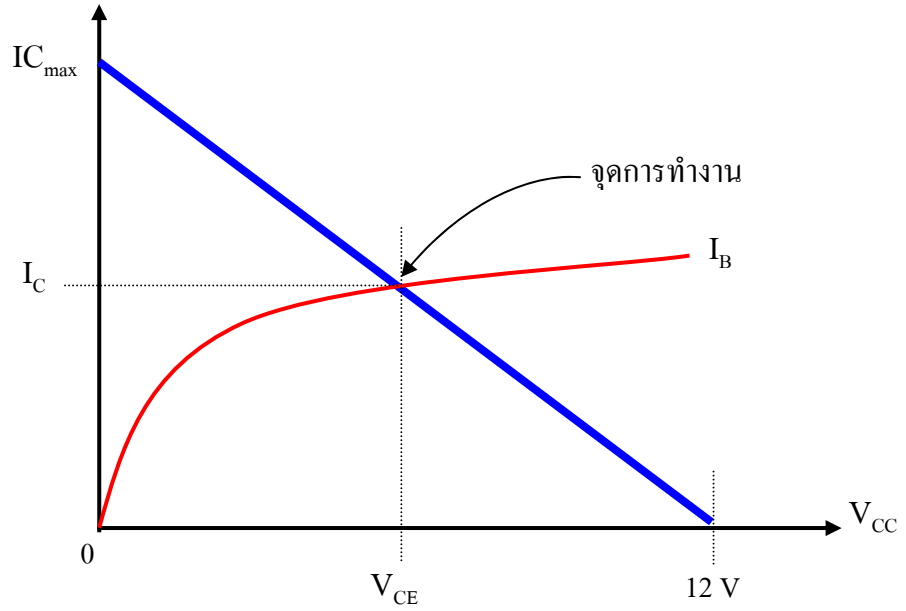
หลักการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ เป็นการจัดวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ให้มีจุดการทำงานอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นโหลดลายน์ คือค่าแรงดัน V_{CE} เท่ากับครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่าย หรือเป็นครึ่งหนึ่งของ V_{CC}



รูปที่ 30 แสดงวงจรขยายคลาส เอ

4.2 จุดการทำงานและการออกแบบวงจรขยายคลาส เอ

องค์ประกอบของวงจรและค่าต่างๆ ที่ได้จากการออกแบบคือ ตัวต้านทานที่ขา B มีค่าเท่ากับ 101.5 KΩ ตัวต้านทานที่ขา C มีค่าเท่ากับ 270 Ω ค่าแรงดัน V_{CE} เท่ากับ 6 V ซึ่งการออกแบบวงจรขยายได้กำหนดจุดการทำงานของแรงดัน V_{CE} ไว้ที่ครึ่งหนึ่งของ V_{CC}

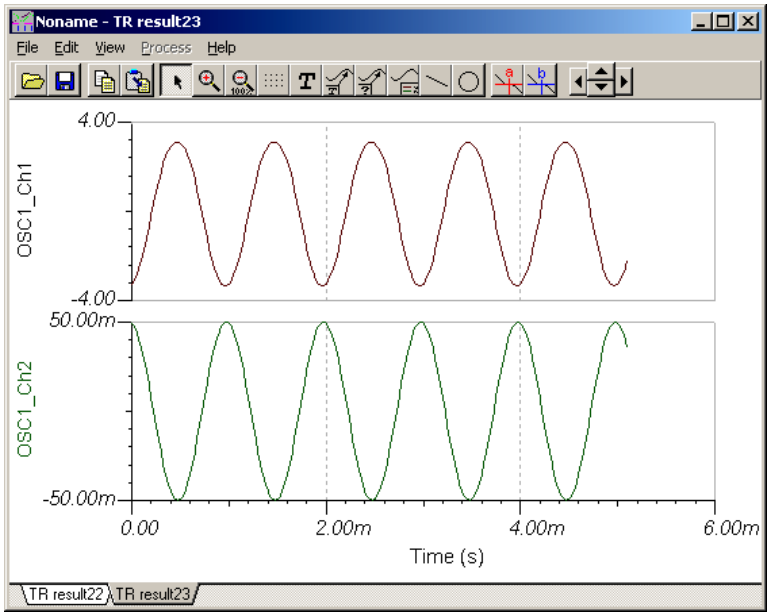


รูปที่ 31 แสดงจุดการทำงานของวงจรขยายแบบคลาส เอ

4.3 สัญญาณและข้อดีข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ

สัญญาณที่ได้จากการขยายของวงจรขยายคลาส เอ จะกลับเฟสกับสัญญาณอินพุท และสัญญาณที่ได้จะขยายได้ทั้งซีกบวกและซีกลบ เนื่องจากการกำหนดจุดการทำงานไว้ที่ครึ่งหนึ่งของ V_{CC} ทำให้การขยายสัญญาณเป็นได้ทั้ง ค่าบวกและค่าลบของสัญญาณอินพุท แต่การขยายสัญญาณที่ได้มีขีดจำกัดในการขยาย เพราะจุดการทำงานถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน ทำให้เกณฑ์การขยายจึงมีค่าไม่มากนัก แต่ก็ถือได้ว่าสัญญาณที่ป้อนเข้าวงจรขยายแบบคลาส เอ เอาท์พุทที่ได้ยังเป็นสัญญาณที่สมบูรณ์เหมือนกับอินพุท

วงจรขยายคลาส เอ นิยมใช้ทำเป็นวงจรขยายภาคแรกหรือภาคต้นๆ ของวงจรขยายเสียงกำลังที่ไม่ต้องการอัตราขยายมากนัก จากคุณสมบัติของวงจรขยายคลาส เอ จะสังเกตเห็นว่าเมื่อกำหนดจุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ไว้ที่ครึ่งหนึ่งของ V_{CC} ดังนั้นขณะที่ยังไม่มีสัญญาณอินพุทเข้ามาจะทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสอยู่ตลอดเวลา หรือเรียกง่ายๆว่า กินไฟฟ้าตลอดเมื่อเปิดเครื่อง แสดงว่าการจัดวงจรขยายคลาส เอจะสิ้นเปลืองพลังงานอยู่ตลอดเวลา

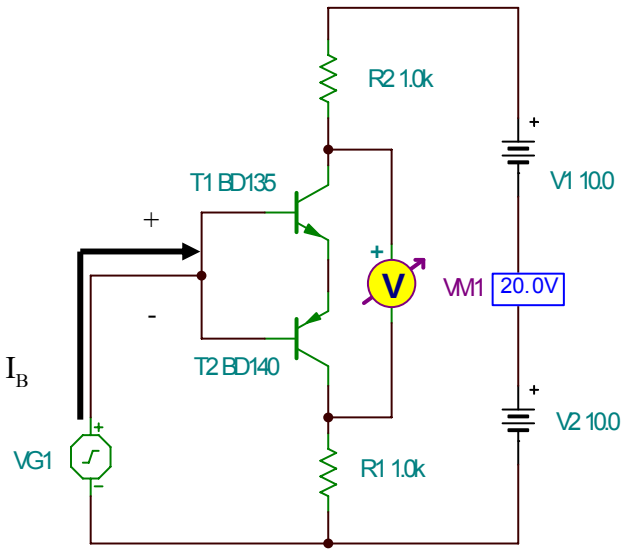


รูปที่ 32 แสดงสัญญาณของวงจรขยายแบบคลาส เอ

5. วงจรขยายคลาส บี

5.1 คุณสมบัติและหลักการทำงานของวงจรขยายคลาส บี

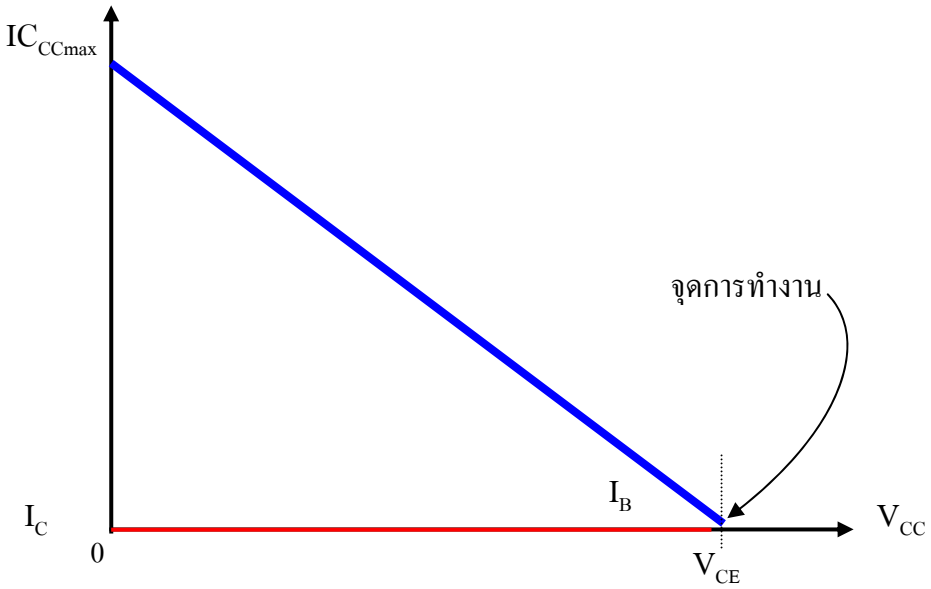
หลักการทำงานของวงจรขยายคลาส บี เป็นการจัดวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ให้มีจุดการทำงานอยู่ที่แกนแหล่งจ่ายที่จุด V_{CC} ของเส้นโหลดลายน์ คือค่าแรงดัน V_{CE} เท่ากับ V_{CC}



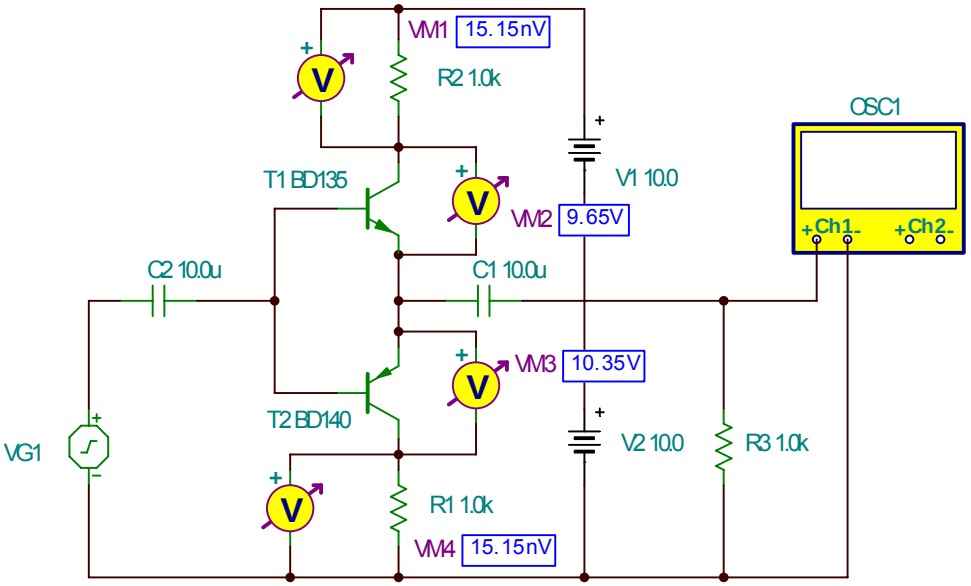
รูปที่ 33 แสดงวงจรขยายคลาส บี

5.2 จุดการทำงานและการออกแบบวงจรขยายคลาส บี

การจัดวงจรขยายคลาส บี ที่ขา B ของทรานซิสเตอร์จะไม่ต่อกับแหล่งจ่ายภายนอก เสมือนว่าขา B ลอยอยู่ ทำให้ไม่มีกระแส I_B ไหลเข้าที่ตัวทรานซิสเตอร์ จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน กระแส I_C ไม่ไหล แรงดัน V_{CE} เท่ากับแหล่งจ่าย แต่เมื่อมีสัญญาณทางอินพุทจ่ายให้กับขา B ค่าแรงดันและกระแสที่ได้จากสัญญาณจะเป็นตัวกำหนดการทำงานของทรานซิสเตอร์



รูปที่ 34 แสดงจุดการทำงานของวงจรขยายแบบคลาส บี

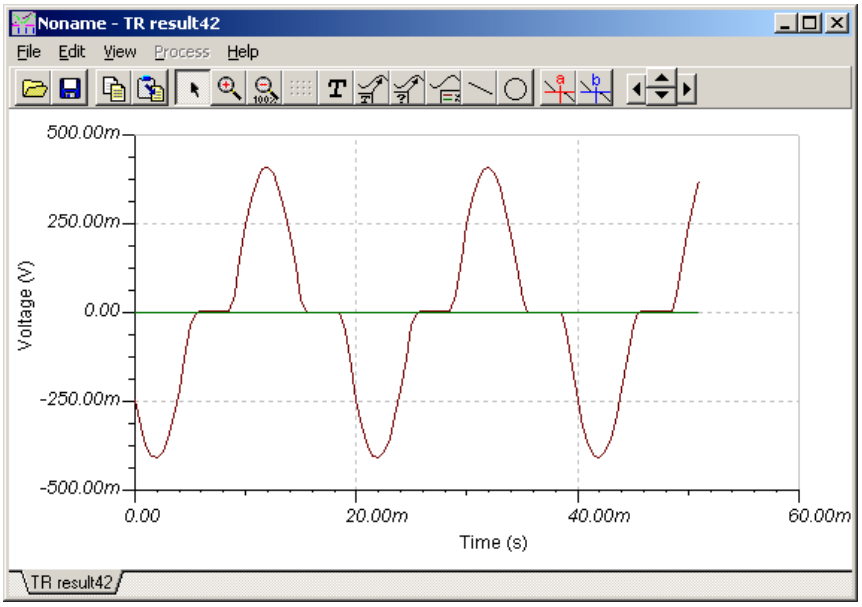


รูปที่ 35 แสดงค่าแรงดันของวงจรขยายคลาส บี

5.3 สัญญาณและข้อดีข้อเสียของวงจรขยายคลาส บี

องค์ประกอบของวงจรและค่าต่างๆ ที่ได้จากการออกแบบคือ ตัวต้านทานที่ขา C ของทรานซิสเตอร์ NPN มีค่าเท่ากับ 1 KΩ ตัวต้านทานที่ขา C ของทรานซิสเตอร์ PNP มีค่าเท่ากับ 1 KΩ จากการจัดไบอัสแบบนี้จำเป็นที่จะต้องใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว และ 2 ชนิด เพื่อให้สัญญาณที่ได้ทางเอาท์พุทมีทั้งซีกบวกและซีกลบ เหมือนกับสัญญาณอินพุทที่เข้าวงจรขยาย ข้อดีของวงจรขยายคลาส บี สัญญาณที่ได้ทางเอาท์พุทมีขนาดใหญ่กว่าวงจรขยายคลาส เอ ถึง 2 เท่า เนื่องจากทำการขยายแบบแยกสัญญาณและใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว และการทำงานของวงจรขยายคลาส บี จะไม่สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากกรณีที่ไม่มีสัญญาณอินพุทวงจรขยายคลาส บี จะไม่นำกระแสทำให้วงจรจะทำงานก็ต่อเมื่อมีสัญญาณอินพุทเท่านั้น แต่วงจรขยายคลาส บี มีข้อเสียตรงที่สัญญาณที่ได้ทางเอาท์พุทไม่ต่อเนื่องหรือเรียกว่า Crossover Distortion

การเกิดอาการผิดเพี้ยนของสัญญาณเกิดมาจากการจัดไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ไม่ครบ ถ้าสังเกตุจากจุดการทำงานบนเส้นโหลดลายน์ จะเห็นว่าจุดการทำงานอยู่บนแกน V_{CC} แสดงว่าไม่มีกระแส I_B เลย หรือกระแส I_B เท่ากับ 0 A จากการจัดไบอัสแบบนี้ทำให้แรงดัน V_{BE} ไม่เท่ากับ 0.7 V จึงส่งผลให้ค่ากระแสและแรงดันที่จ่ายมาจากสัญญาณอินพุท จะมาชดเชยค่ากระแสและแรงดันให้กับทรานซิสเตอร์ สัญญาณที่ได้ทางเอาท์พุทจึงเกิดรอยต่อของสัญญาณทางซีกบวกและซีกลบ ค่าแรงดันที่ต้องชดเชยจะมีค่าเท่ากับ 1.4 V เพราะวงจรขยายคลาส บี ใช้ทรานซิสเตอร์จำนวน 2 ตัว



รูปที่ 36 แสดงการผิดเพี้ยนของสัญญาณทางเอาท์พุทของวงจรขยายคลาส บี

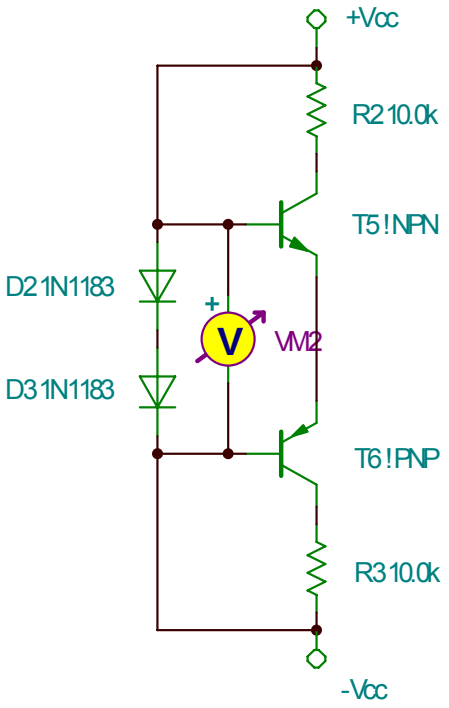
6. วงจรขยายคลาส เอ บี

6.1 คุณสมบัติและหลักการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ บี

หลักการทำงานของวงจรขยายคลาส เอ บี เป็นการจัดวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ให้มีจุดการทำงานอยู่เหนือแกนแหล่งจ่ายของเส้นโหลดลายน์ คือค่าแรงดัน V_{CE} เท่ากับ V_{CC} - 0.7 V ทั้งนี้ค่าแรงดันจะเปลี่ยนแปลงไปตามเบอร์ของทรานซิสเตอร์ที่นำมาใช้ การจัดวงจรขยายคลาส เอ บี จะถูกออกแบบให้มีค่าแรงดันชดเชยค่าแรงดัน V_{BE} ของทรานซิสเตอร์ ทั้ง 2 ชนิด เพื่อเป็นการแก้ไขสัญญาณที่ผิดเพี้ยนจากรอยต่อของสัญญาณเอาท์พุทจากวงจรขยายคลาส บี แสดงว่าทรานซิสเตอร์จะถูกไบอัสไว้ที่ขา B ที่พอเหมาะ เมื่อเวลาสัญญาณอินพุทป้อนเข้าทรานซิสเตอร์ก็สามารถทำการขยายได้ทันทีทั้งซีกบวกและซีกลบ การจัดไบอัสแบบนี้นิยมใช้กันในปัจจุบัน

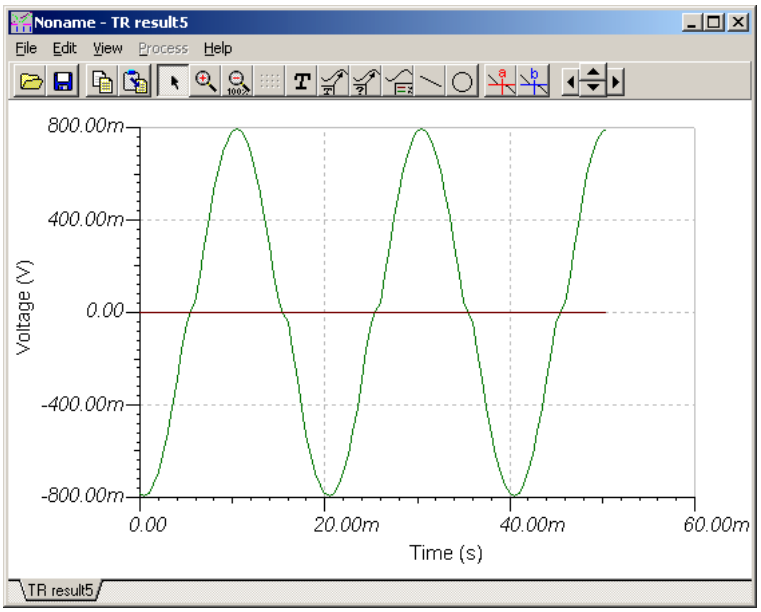
6.2 จุดการทำงานและการออกแบบวงจรขยายคลาส เอ บี

วิธีการจัดไบอัสเพื่อชดเชยค่าแรงดัน V_{BE} ที่ใช้กันอย่างง่ายคือการใช้ไดโอดจำนวน 2 ตัวต่อที่ขา V_{BE} ของทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ตัว เนื่องจากไดโอดได้รับแรงดันไบอัสจะมีค่าแรงดัน 0.7 V เพื่อควบคุมแรงดันให้กับขา B สัญญาณที่ได้จึงเหมือนกับสัญญาณอินพุท หรืออีกวิธีจะใช้ทรานซิสเตอร์ควบคุมแรงดันให้คงที่ โดยอาศัยหลักการควบคุมแรงดัน V_{CE} กระแสที่ไหลผ่านจุดนี้เรียกว่า กระแสไอเดิล การปรับค่ากระแสสามารถปรับโดยใช้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้

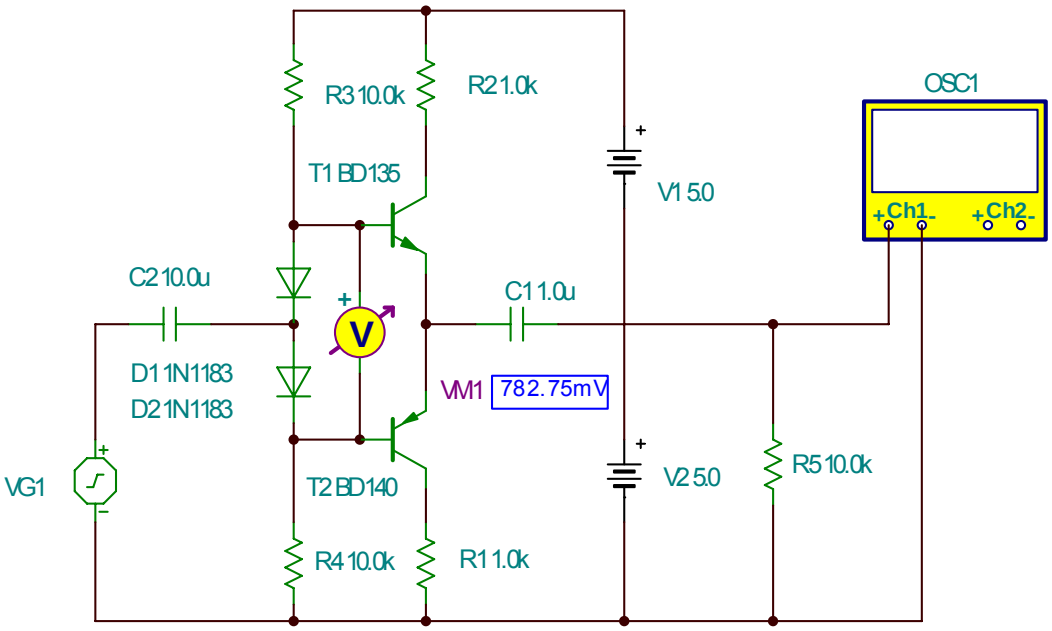


รูปที่ 37 แสดงการนำไดโอดมาชดเชยแรงดัน V_{BE}

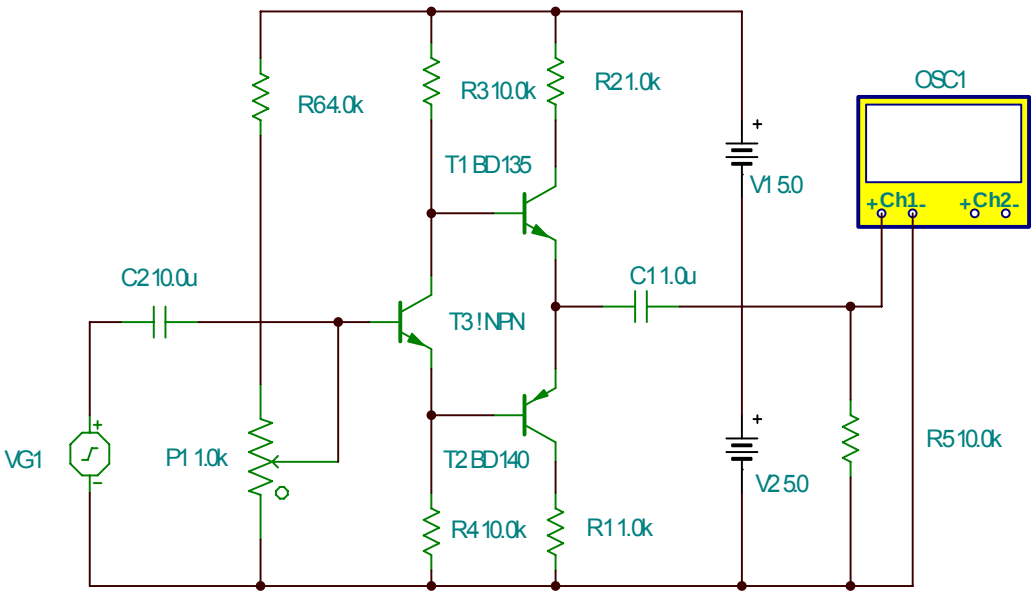
6.3 สัญญาณและข้อดีข้อเสียของวงจรขยายคลาส เอ บี



รูปที่ 38 แสดงรูปสัญญาณที่ถูกแก้ไขการผิดเพี้ยนตรงรอยต่อ

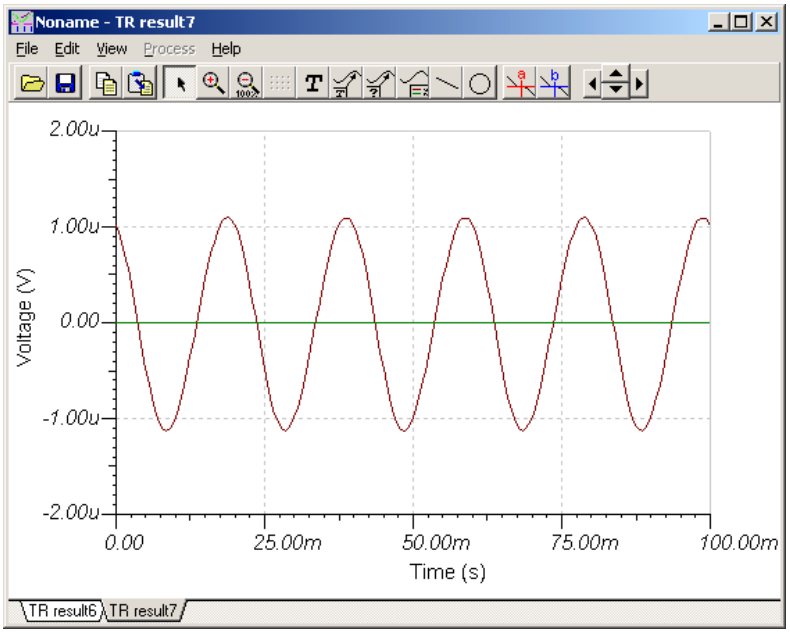


รูปที่ 39 แสดงวงจรขยายคลาส เอ บี ที่ใช้ไดโอดชดเชย



รูปที่ 40 แสดงวงจรขยายคลาส เอ บี ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ชดเชย

จากรูปที่ 40 จะใช้ทรานซิสเตอร์ควบคุมแรงดันให้กับวงจรขยายคลาส เอ บี โดยใช้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้เป็นตัวปรับค่าแรงดันและกระแส เมื่อประกอบวงจรครบ สัญญาณที่ได้ทางเอาท์พุทจะสมบูรณ์ทั้งซีกบวกและซีกลบ

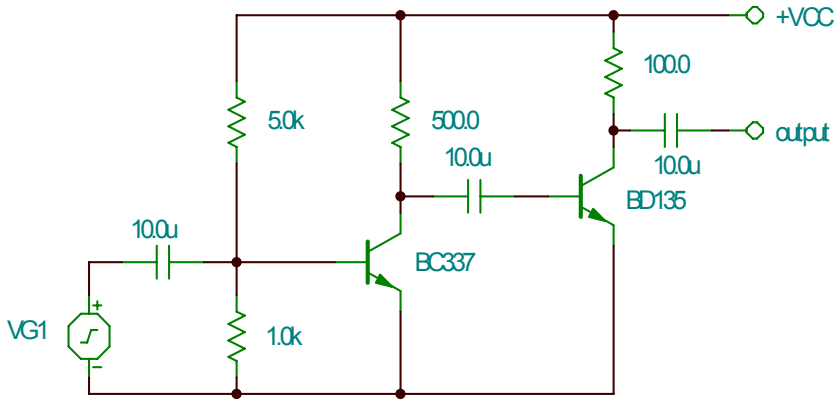


รูปที่ 41 แสดงรูปสัญญาณที่ถูกแก้ไขการผิดเพี้ยนตรงรอยต่อโดยใช้ทรานซิสเตอร์

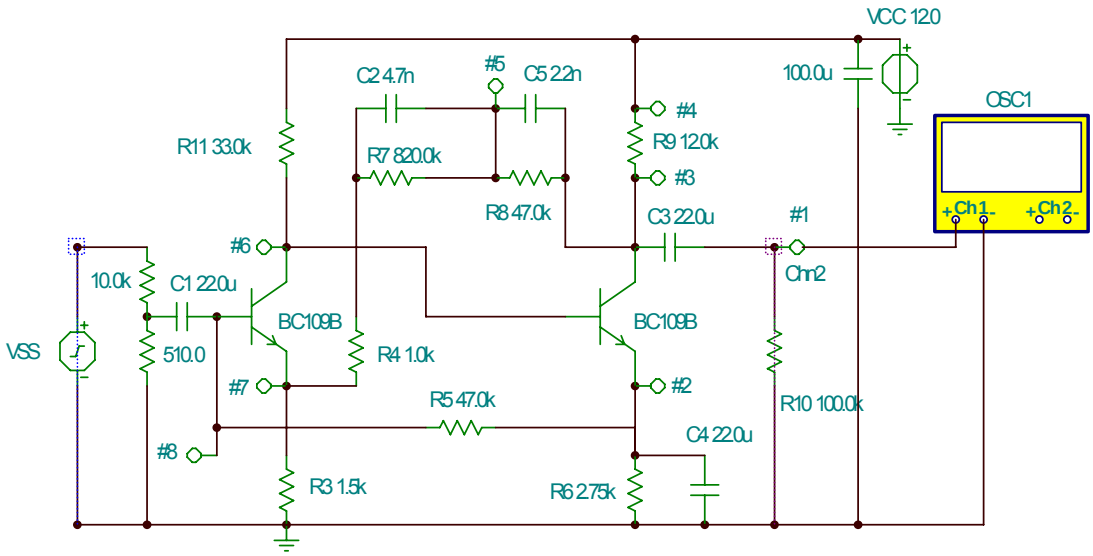
7. วงจรขยายหลายภาค

7.1 คุณสมบัติและหลักการทำงานของวงจรขยายหลายภาค

จากวงจรขยายทั้ง 3 แบบ จะเห็นว่าอัตราการขยายยังไม่สูงมากนักจึงจำเป็นที่จะต้องมีการออกแบบวงจรขยายให้มีอัตราการขยายที่สูงขึ้น โดยปกติการจัดวงจรขยายเสียงนิยมจัดอยู่ในคลาส เอ บี ดังนั้นการเพิ่มอัตราขยายก็ต้องออกแบบให้วงจรมีการขยายแต่ละซีกของสัญญาณมีอัตราที่สูงขึ้น หรืออีกวิธีก็ใช้การขยายที่ละภาคโดยการเพิ่มอัตราที่ละเล็กน้อย สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบก็คือทรานซิสเตอร์ที่นำมาใช้ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการขยายแต่ละภาค และสัญญาณเอาท์พุทที่ได้ควรที่จะไม่มีการผิดเพี้ยน



รูปที่ 42 แสดงวงจรขยายหลายภาคแบบคลาส เอ



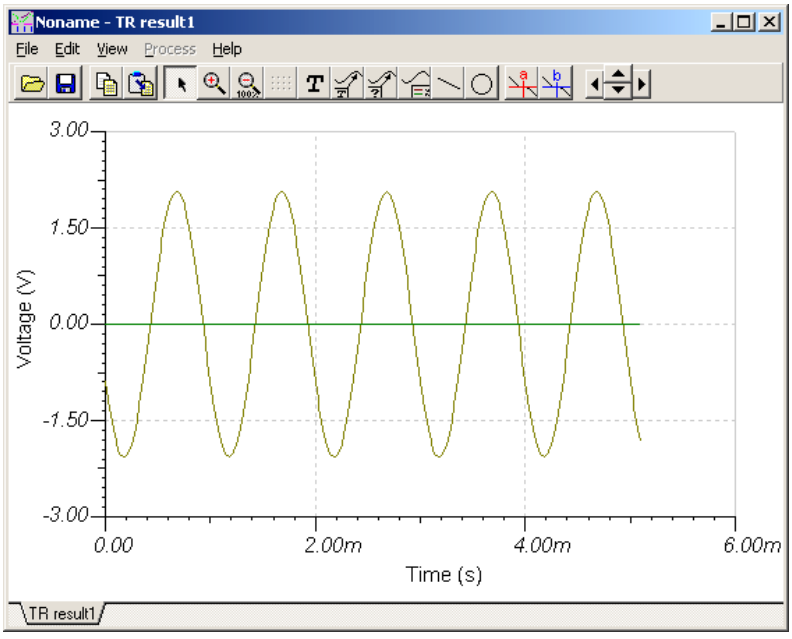
รูปที่ 43 แสดงวงจรขยายหลายภาคแบบมีวงจรชดเชยสัญญาณ

7.2 จุดการทำงานและการออกแบบวงจรขยายหลายภาค

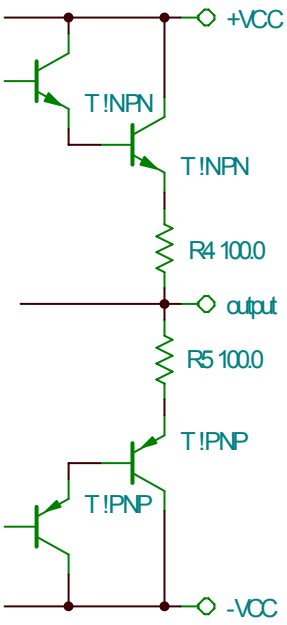
จากวงจรขยายในรูปที่ 43 ส่วนอินพุทจะมีตัวต้านทาน 2 ตัว ต่อลักษณะแบ่งแรงดันของสัญญาณอินพุท เพื่อมิให้สัญญาณที่มีระดับแรงดันต่ำกว่าผ่านออกทางเอาท์พุท ทรานซิสเตอร์ตัวแรกถูกจัดให้ทำงานในคลาส บี คือรอสัญญาณอินพุทเพียงอย่างเดียว สัญญาณที่ได้ส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปวงจรชดเชยสัญญาณหรืออาจเรียกได้ว่าเป็นวงจรปรับแต่งสัญญาณโดยใช้ตัวเก็บประจุ 2 ตัว ทรานซิสเตอร์ ภาคสุดท้ายทำหน้าที่ขยายในคลาส เอ ที่มีอัตราขยายสูงขึ้น

7.3 สัญญาณและข้อดีข้อเสียของวงจรขยายหลายภาค

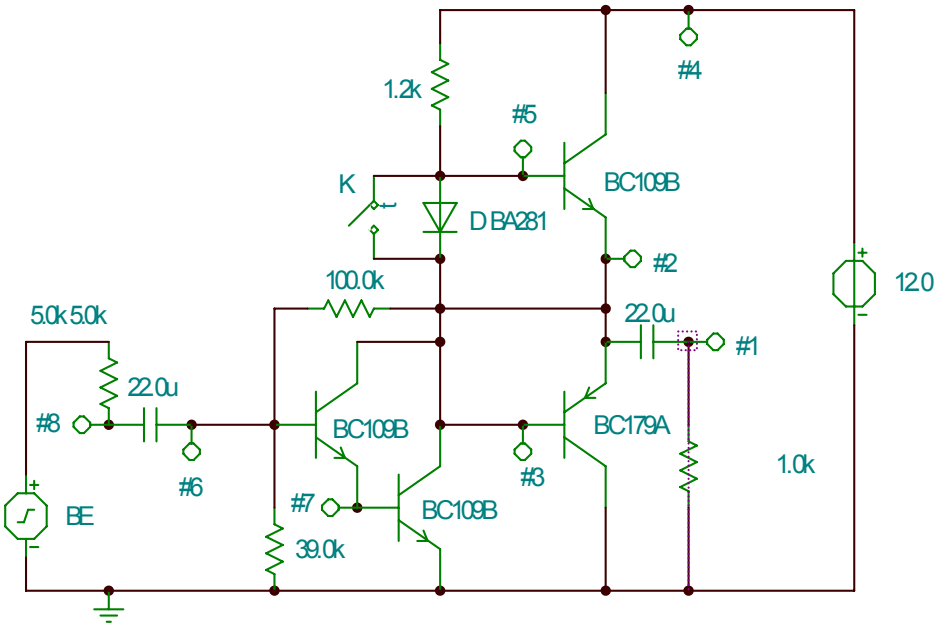
นอกจากการขยายแต่ละภาคที่ใช้การจัดวงจรแบบเชื่อมต่อโดยตรงหรือเป็นการจัดวงจรขยายคลาส เอ แล้วนั้น ยังมีการออกแบบการจัดวงจรขยายที่เป็นแบบการจัดวงจรขยายคลาส เอ บี ที่ใช้หลักการขยายแบบแยกสัญญาณซีกบวกและซีกลบ ซึ่งจะให้อัตราการขยายที่สูงกว่าแบบเชื่อมต่อตรงและประหยัดพลังงานมากกว่า จึงเป็นที่นิยมมากกว่าในการขยายภาคสุดท้าย ส่วนแบบเชื่อมต่อตรงจะนิยมใช้กับภาคขยายภาคต้นหรือใช้กับการขยายที่ไม่ต้องการอัตราขยายสูงมากนัก



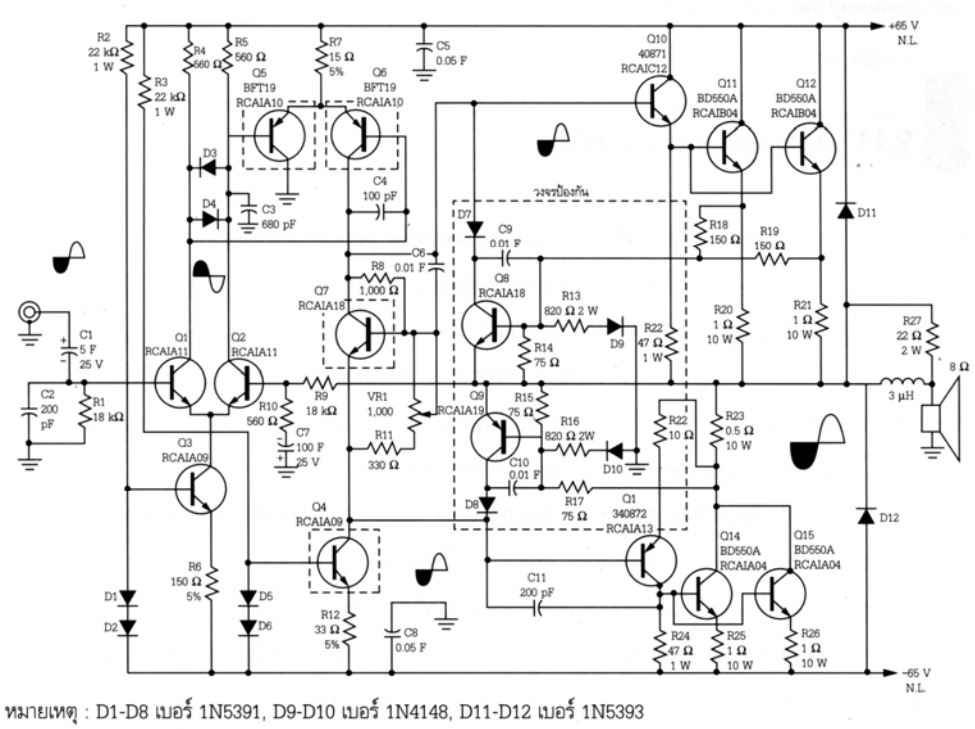
รูปที่ 44 แสดงรูปสัญญาณที่ได้ทางเอาท์พุทของวงจรขยายหลายภาคแบบมีวงจรชดเชยสัญญาณ



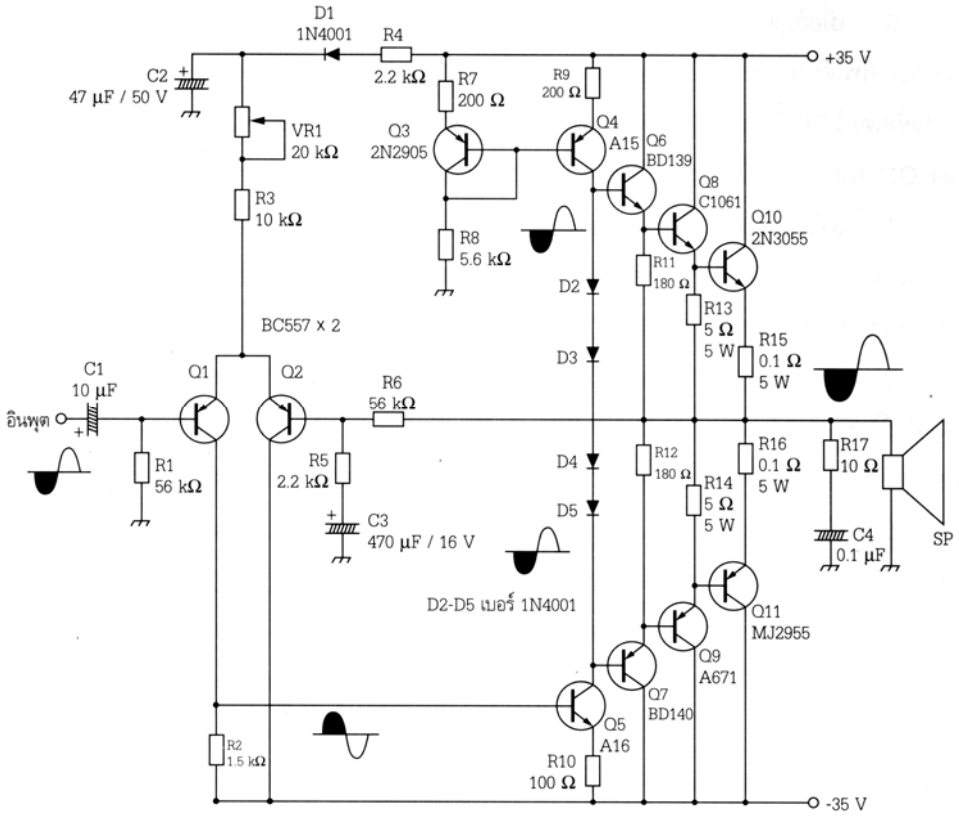
รูปที่ 45 แสดงตัวอย่างวงจรขยายหลายภาคแบบขยายภาคสุดท้าย



รูปที่ 46 แสดงตัวอย่างวงจรขยายหลายภาคแบบขยายภาคสุดท้าย



รูปที่ 47 แสดงตัวอย่างวงจรขยายหลายภาคแบบขยายภาคสุดท้าย



รูปที่ 48 แสดงตัวอย่างวงจรขยายหลายภาคแบบขยายภาคสุดท้าย

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชา เครื่องขยายเสียงและลำโพง รหัสวิชา 04-226-208

เรื่อง วงจรขยายเสียง , วงจรควบคุมและวงจรขยายกำลัง , วงจรแยกสัญญาณเสียง

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบมีทั้งหมด 85 ข้อ จำนวน 14 หน้า

2. เวลาทั้งหมด 1 ชั่วโมง 30 นาที

3. ไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณทุกชนิด

4. ไม่อนุญาตให้นำตำรา หรือเอกสารใด ๆเข้าห้องสอบ

****

1. การจัดไบอัสทรานซิสเตอร์ ส่วนอินพุทต้องจัดไบอัสอย่างไร

ก. ไบอัสกลับ ข. ไบอัสตามอินพุท

ค. ไบอัสตรง ง. ไบอัสตามเอาต์พุท

2. กราฟโหลดลายน์ แกนแนวตั้งคือ ข้อใด

ก. กระแส I_B ข. แรงดัน V_{CC}

ค. กระแส I_C ง. แรงดัน V_{CE}

3. ข้อใดไม่ใช่ข้อมูลที่ได้จากกราฟโหลดลายน์

ก. I_B ข. I_{Cmax}

ค. V_{CE} ง. The

4. กำหนดให้ I_C = 1 mA และทรานซิสเตอร์มีอัตราขยายเท่ากับ 100 จงหาค่ากระแส I_B

ก. 1 μA ข. 10 μA

ค. 100 μA ง. 0.1 μA

5. ขณะทรานซิสเตอร์นำกระแส แรงดัน V_{BE} จะมีค่าเท่าใด

ก. V_{CE} – 0.7 V ข. V_{CC} – 0.7 V

ค. 0 V ง. 0.7 V

6. กำหนดให้ R_B มีค่าเท่ากับ 10kΩ ถ้าต้องการ ให้ทรานซิสเตอร์มีค่ากระแส I_C เพิ่มมากขึ้นควรทำอย่างไร

ก. เปลี่ยน R_C ให้มีค่ามากขึ้น ข. ลดแรงดัน V_{CC} ลง 1/2

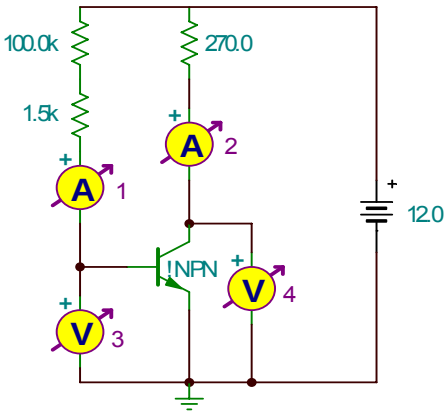
ค. เปลี่ยน R_B เป็น 1kΩ ง. ลดกระแส I_B ลง 1/2

7. ข้อใดคือคุณสมบัติของวงจรคลาส เอ

ก. นิยมนำไปเป็นการขยายภาคสุดท้าย ข. นิยมนำไปเป็นการขยายภาคแรก

ค. นิยมนำไปเป็นการชดเชยแรงดัน ง. ถูกทุกข้อ

ข้อ 8-10 จากรูปเป็นวงจรขยายคลาส เอ จงหาค่าต่อไปนี้



8. จงคำนวณหาค่ากระแสหมายเลข 1

ก. 13.27 μ A ข. 66.33 μ A

ค. 111.03 μ A ง. 184.50 μ A

9. จงคำนวณหาค่ากระแสหมายเลข 2

ก. 13.27 μ A ข. 22.21 mA

ค. 111.03 mA ง. 184.50 mA

10. จงคำนวณหาค่าแรงดันหมายเลข 3

ก. 119.12 mV ข. 250.33 mV

ค. 712.11 mV ง. 730.66 mV

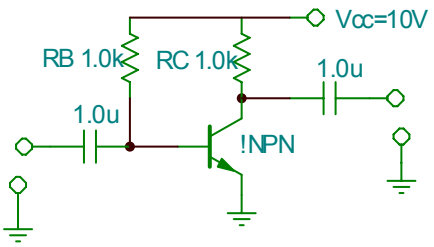
11. ข้อเสียของการจัดวงจรขยายแบบคลาส เอ คือ

ก. รอสัญญาณอินพุทถึงจะทำการขยาย ข. สิ้นเปลืองพลังงาน

ค. ออกแบบวงจรยุ่งยาก ง. สัญญาณที่ได้ไม่สมบูรณ์

จากรูปวงจรข้างล่าง จงตอบคำถามในข้อที่ 12-14

วงจรขยายคลาส เอ



12. ค่าแรงดัน V_{CE} จะเท่ากับ

ก. 5 V ข. 0 V

ค. 10 V ง. ไม่มีข้อใดถูก

13. ค่าแรงดันที่ตกคร่อม R_C จะมีค่าเท่าใด

ก. 5 V ข. 0 V

ค. 10 V ง. ไม่มีข้อใดถูก

14. IC เท่ากับ 1A ค่า R_C จะมีค่าเท่าใด

ก. 0 Ω ข. 5 Ω

ค. 10 Ω ง. 15 Ω

15. วงจรขยายคลาส บี มีข้อเสียตรงที่สัญญาณที่ได้ทางเอาท์พุทไม่ต่อเนื่อง เรียกว่า

ก. Crossover Coupling ข. Crossover Distortion

ค. Direct Coupling ง. Direct Distortion

16. วงจรขยายคลาส บี มีจุดการทำงานอยู่ที่ใด

ก. 0 V ข. R_{Cmax}

ค. V_{CC} / 2 ง. V_{CC}

17. ข้อใดกล่าวถูกต้อง วงจรขยายคลาส บี

ก. I_C = 0 A ข. $V_{CE} = V_{CC}$

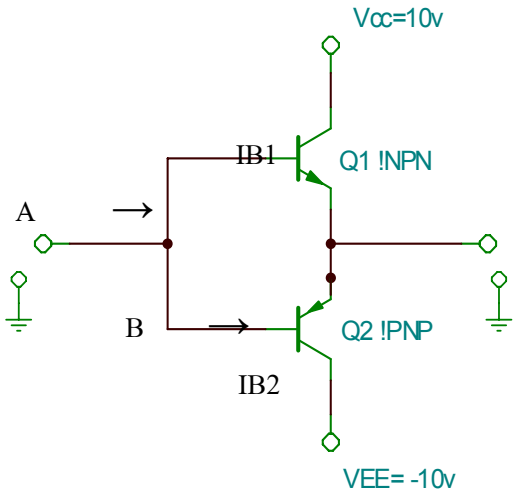
ค. I_B = 0 A ง. ถูกทุกข้อ

18. ข้อดีของวงจรขยายคลาส บี คือ

ก. ประหยัดพลังงาน ข.ขยายสัญญาณไม่ผิดเพี้ยน

ค. กำลังขยายสูง ง. สัญญาณที่ได้สมบูรณ์

จากรูปจงตอบคำถามต่อไปนี้ 19-21



19. I_{B1} เท่ากับเท่าไร

ก. 1 A ข. -10 A

ค. 0 A ง. 10 A

20. I_{B2} เท่ากับเท่าไร

ก. 1A ข. -10 A

ค. 0A ง. 10 A

21. แรงดันที่จุด V_{AB} เท่ากับ

ก. 0.7 V ข. 1.4 V

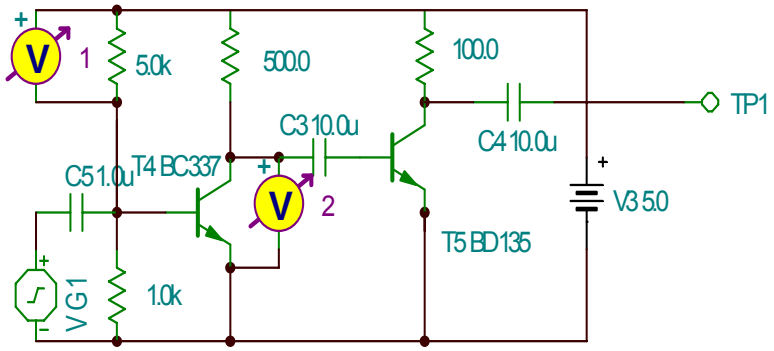
ค. 0 V ง. 10 V

22. ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในวงจรคลาส เอบี จะต้องมีคุณสมบัติอย่างไร

ก. มีค่าพารามิเตอร์เหมือนกัน ข. คุณสมบัติใกล้เคียงกัน

ค. อัตราขยายเท่ากัน ง. ถูกทุกข้อ

ข้อ 23-24 จากวงจรจงคำนวณหาค่าต่อไปนี้



23. จงคำนวณหาค่าแรงดันหมายเลข 1

ก. 4.32 V ข. 5.22 V

ค. 6.12 V ง. 7.22 V

24. จงคำนวณหาค่าแรงดันหมายเลข 2

ก. 2.6 V ข. 2.78 V

ค. 4.46 V ง. 8.15 V

25. ข้อดีของวงจรขยายคลาส AB

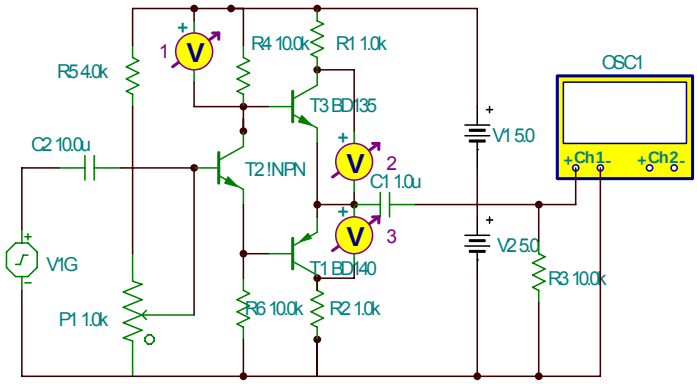
ก. เอาท์พุทที่ได้ยังเป็นสัญญาณที่สมบูรณ์เหมือนกับอินพุท

ข. สัญญาณที่ได้ทางเอาท์พุทมีขนาดใหญ่กว่าคลาส A ถึง 2 เท่า

ค. สัญญาณอินพุทที่ป้อนเข้าทรานซิสเตอร์สามารถขยายได้ทั้งซีกบากและลบ

ง. ถูกทุกต้อง

ข้อ 26-28 จากวงจรจงคำนวณหาค่าต่อไปนี้



26. จงคำนวณหาค่าแรงดันหมายเลข 1

ก. 2.72 V ข. 5.22 V

ค. 6.12 V ง. 7.22 V

27. จงคำนวณหาค่าแรงดันหมายเลข 2

ก. 2.6 V ข. 2.78 V

ค. 4.35 V ง. 8.15 V

28. จงคำนวณหาค่าแรงดันหมายเลข 3

ก. 2.6 V ข. 6.65 V

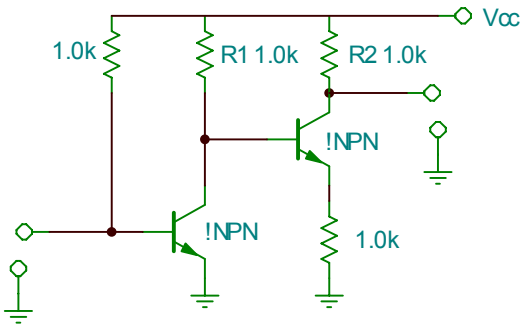
ค. 7.22 V ง. 10.15 V

29. ในการออกแบบวงจรขยายหลายภาค ในส่วนอินพุทจะมีตัวต้านทาน 2 ตัว ต่อในลักษณะใด

ก. ลักษณะอนุกรม ข. ลักษณะขนาน

ค. ลักษณะแบ่งแรงดัน ง. ลักษณะแบ่งกระแส

30. จากรูปจงหาค่า R_1 และ R_2



ก. $R_1 > R_2$ ข. $R_1 < R_2$

ค. $R_1 = R_2$ ง. R_1 / R_2

31. ข้อดีของวงจรขยายแบบหลายภาคคือข้อใด

ก. อัตราขยายที่ต่ำกว่า และประหยัดพลังงาน

ข. อัตราขยายที่สูงกว่า และประหยัดพลังงาน

ค. อัตราขยายที่ต่ำกว่า และประหยัดค่าใช้จ่าย

ง. อัตราขยายที่สูงกว่า และประหยัดค่าใช้จ่าย

32. ข้อใดเป็นหลักการออกแบบวงจรขยายหลายภาค

ก. อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร ข. การคำนวณหาค่าอุปกรณ์

ค. การคำนวณหากระแสและแรงดัน ง. ถูกทุกข้อ

33. วงจรปรีไมค์ ทำหน้าที่อะไร

ก. ตัดสัญญาณรบกวนที่รับมาจากไมค์

ข. ควบคุมแรงดันให้คงที่และสม่ำเสมอ

ค. ขยายแรงดันที่รับมาจากไมค์ให้มีขนาดพอกับวงจรขยาย

ง. ปรับระดับขนาดแรงดันอินพุทของไมค์ให้ลดลง

34. วงจรปรีไมค์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ จะมีลักษณะการจัดวงจรแบบใด

ก. คลาส เอ ข. คลาส บี

ค. คลาส เอบี ง. คลาส ซี

35. วงจรปรีไมค์ ที่ใช้ออปแอมป์มีคุณสมบัติอย่างไร

ก. ความไวในการรับสัญญาณต่ำ

ข. อิมพีแดนซ์ทางเอาท์พุทต่ำ

ค. มีเกณฑ์การขยายสูง

ง. มีการชดเชยทางอุณหภูมิ

36. กรณีผสมสัญญาณไมค์มากกว่า 1 ตัว จะต้องใช้วงจรปรีไมค์ ลักษณะใด

ก. รวมชุดเดียวกันได้เลย

ข. แยกชุดการขยายไมค์แต่ละตัว

ค. ปรับระดับสัญญาณไมค์พร้อมกันก่อน

ง. ถูกทุกข้อ

37. วงจรปรับทุ้มแหลม มีลักษณะอย่างไร

ก. เป็นวงจรลดทอนสัญญาณเสียงสูงและสัญญาณเสียงต่ำ

ข. เป็นวงจรเพิ่มระดับสัญญาณเสียงสูงและสัญญาณเสียงต่ำ

ค. เป็นวงจรลดทอนความถี่เสียงกลางให้ต่ำลง

ง. เป็นวงจรเพิ่มระดับความถี่เสียงกลางให้สูงขึ้น

38. วงจรปรับเสียงทุ้ม – แหลม จะขยายสัญญาณจากอินพุทประมาณ 150 mV เป็นเท่าใด

ก. 2 V ข. 4 V

ค. 6 V ง. 8 V

39. จากกราฟความถี่การปรับเสียงทุ้ม แหลม ค่าความถี่กลางคือ

ก. 100 Hz ข. 15 kHz

ค. 500 Hz ง. 1 kHz

40. วงจรปรับเสียงทุ้ม – แหลม แบบพาสซีฟมีคุณสมบัติอย่างไร

ก. ขยายสัญญาณและลดสัญญาณ ข. ไม่ขยายสัญญาณแต่ลดสัญญาณ

ค. ขยายสัญญาณและเพิ่มสัญญาณ ง. ไม่ขยายสัญญาณแต่เพิ่มสัญญาณ

41. วงจรปรับเสียงทุ้ม – แหลม ชนิดแอคทีฟใช้หลักการใด

ก. R – C ข. R – C เน็ตเวิร์ค

ค. R เน็ตเวิร์ค ง. C เน็ตเวิร์ค

42. วงจรขยายความแตกต่างทำหน้าที่อย่างไร

ก. ขยายสัญญาณ ข. จ่ายกระแสให้คงที่

ค. ควบคุมความถี่ ง. กรองความถี่

43. วงจรขยายความแตกต่างจะสามารถทำงานได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับสิ่งใด

ก. วงจรจ่ายกระแสคงที่ ข. วงจรกรองความถี่

ค. ทรานซิสเตอร์ ง. เฟท

44. ขาคอมมอนร่วมในการควบคุมกระแสให้คงที่คือ

ก. E ข. C

ค. B ง. D

45. ขาที่ใช้ในการเปรียบเทียบกระแสและแรงดันคือขาใด

ก. E ข. C

ค. B ง. D

46. การควบคุมกระแสให้คงที่ โดยใช้เฟทมีลักษณะอย่างไร

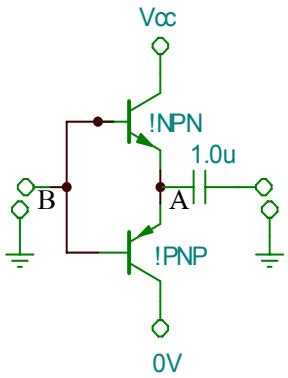
ก. จัดไบอัสให้เฟทควบคุมที่ขา C

ข. จัดไบอัสให้เฟทควบคุมที่ขา E

ค. จัดไบอัสให้เฟทควบคุมที่ขา B

ง. จัดไบอัสให้เฟทควบคุมที่ V_{CC}

47. จากรูป จงหาแรงดันไฟที่จุด A



ก. 2 V_{CC} ข. 2 V_{BE}

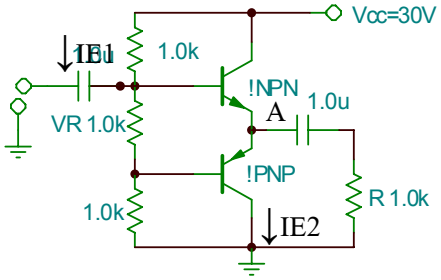
ค. V_{CC} / 2 ง. V_{BE} / 2

48. แรงดันไฟที่จุด B

ก. 0 V ข. V_{CC}

ค. V_{CC} / 2 ง. 2 V_{BE}

จากรูปจงตอบคำถามต่อไปนี้



49. จากรูป ค่าแรงดันที่จุด A มีค่าเท่าไร

ก. 0 V ข. 10 V

ค. 15 V ง. 20 V

50. วงจรคอมพลีเมนทารี่ แบบสมมาตร คือวงจรแบบใด

ก. วงจรที่ใช้ทรานซิสเตอร์คู่ทำงานแบบพุช – พูล

ข. วงจรที่ใช้ทรานซิสเตอร์เดี่ยวทำงานแบบพุช – พูล

ค. วงจรที่ใช้ I_C คู่ทำงานแบบพุช – พูล

ง. วงจรที่ใช้ I_C เดี่ยว ทำงานแบบพุช – พูล

51. ทรานซิสเตอร์ในวงจรคาร์ลิงตัน ทำหน้าที่อะไร

ก. แบ่งกระแสและขยายกำลังสูญเสียในรูปความร้อน

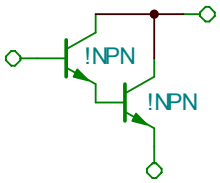
ข. แบ่งกระแสและแบ่งกำลังสูญเสียในรูปความร้อน

ค. ขยายกระแสและขยายกำลังสูญเสียในรูปความร้อน

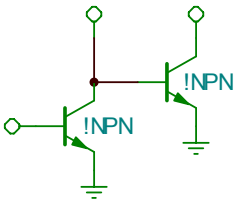
ง. ขยายกระแสและแบ่งกำลังสูญเสียในรูปความร้อน

52. วงจรใดต่อทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตัน

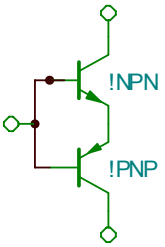
ก.



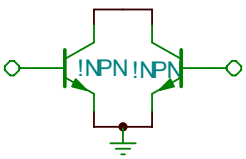
ข.



ค.



ง.



53. วงจรเพาเวอร์แอมป์ที่ไม่มีเอาท์พุตทรานฟอร์มเมอร์ ใช้ตัวย่ออะไร

ก. OCL ข. OTC

ค. OTL ง. OLT

54. ในการทดสอบหาค่ากำลังของเพาเวอร์แอมป์ จะต้องใช้สัญญาณชนิดใด

ก. ไซน์เวฟ ข. สามเหลี่ยม

ค. สี่เหลี่ยม ง. ถูกทุกข้อ

55. กำหนดให้แรงดัน = V_{P-P} จงหาค่า V_{rms}

ก. V_P x 0.07 ข. $V_P / \sqrt{2}$

ค. V_{P-P} x 0.07 ง. $V_{P-P} / \sqrt{2}$

56. ไฟฟ้าตามบ้านเรือนมีค่าแรงดัน 220 V_{rms} จงหาค่า V_P

ก. 50 V_P ข. 220 V_P

ค. 311 V_P ง. 618 V_P

57. ข้อใดคือสมการการหาค่ากำลังขยายเสียง

ก. W = (V.V) / 4 ข. W = (V.8) / 8

ค. W = (V.V) /8 ง. W = (V.4) / 4

58. จงหาค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อมีค่าแรงดัน 100 V_{P-P} จะได้ค่ากำลังเท่าไร

ก. 1,250 W_{P-P} ข. 2,500 W_{P-P}

ค. 1,250 KW_{P-P} ง. 2,500 KW_{P-P}

59. จงหาค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อมีค่าแรงดัน 100 V_{rms} จะได้ค่ากำลังเท่าไร

ก. 35.35 V_{rms} ข. 70.70 V_{rms}

ค. 156.2 V_{rms} ง. 312.4 V_{rms}

60. ในการออกแบบ Dummy Load จะต้องออกแบบให้มีค่าใกล้เคียงกับอะไร

ก. ค่าเครื่องขยายเสียง ข. ค่าความต้านทาน

ค. ค่าเก็บประจุ ง. ค่ากระแสไหลในวงจร

61. ในการออกแบบวงจร Dummy Load จะใช้อุปกรณ์ใดในการออกแบบ

ก. โดโอด ข. ตัวต้านทาน

ค. ตัวเก็บประจุ ง. ทรานซิสเตอร์

62. ในการทดสอบหาค่ากำลังของเพาเวอร์แอมป์ จะต้องใช้สัญญาณชนิดใด

ก. ไซน์ เวฟ ข. สามเหลี่ยม

ค. สี่เหลี่ยม ง. ถูกทุกข้อ

63. อุปกรณ์ใดที่<u>ไม่ใช้</u>ในการทดสอบหาค่ากำลังของเพาเวอร์แอมป์

ก. สโครป ข. เจนเนเรเตอร์

ค. เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ ง. มัลมิเตอร์

64. ในการทดสอบหาค่ากำลังของเพาเวอร์แอมป์ จะวิเคราะห์หาค่าอะไร

ก. V_{rms} ข. V

ค. V_{CC} ง. V_{P-P}

65. ผลการตอบสนองความถี่ของเพาเวอร์แอมป์จะนำค่าอะไรไปขยายสัญญาณ

ก. ค่าความถี่ ข. ค่าความต้านทาน

ค. ค่าแรงดัน ง. ค่ากระแสไฟฟ้า

66. ความถี่ที่ใช้ในการทดสอบการตอบสนองความถี่ของเพาเวอร์แอมป์อยู่ในช่วงใด

ก. 10 Hz – 50 Hz ข. 20 Hz – 50 Hz

ค. 10 Hz – 50 kHz ง. 20 Hz – 50 kHz

67. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านจะมีค่าความถี่ อยู่ในช่วงระหว่างเท่าใด

ก. 1 Hz - 500 Hz ข. 500 Hz – 2 Hz

ค. 2 KHz -50 kHz ง. 50 kHz – 500 kHz

68. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ใช้ขดลวดต่ออนุกรมกับอะไรแทนลำโพง

ก. C ข. R

ค. L ง. C , L

69. วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน จะมีค่าความถี่อยู่ในช่วงระหว่างเท่าใด

ก. 50 kHz – 500 kHz ข. 1 Hz – 500Hz

ค. 500 Hz – 2 kHz ง. 2 kHz – 50 kHz

70. วงจรกรองความถี่สูงผ่าน จะมีค่าความถี่อยู่ในช่วงเท่าใด

ก. 500 Hz – 2 kHz ข. 1kHz – 50 kHz

ค. 50 kHz – 500 kHz ง. 2 kHz – 50 kHz

71. เมื่อทำการต่อ C และ L แบบเน็ตเวิร์คแบบขนาน จะส่งผลการทำงานทางความถี่อย่างไร

ก. C จะตัดความถี่ต่ำลงกราวด์ , L จะตัดความถี่ต่ำลงกราวด์

ข. C จะตัดความถี่สูงลงกราวด์ , L จะตัดความถี่สูงลงกราวด์

ค. C จะตัดความถี่ต่ำลงกราวด์ , L จะตัดความถี่สูงลงกราวด์

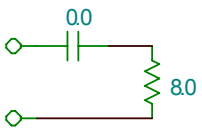
ง. C จะตัดความถี่สูงลงกราวด์ , L จะตัดความถี่ต่ำลงกราวด์

72. วงจรเน็ตเวิร์คแบบอนุกรม ที่ให้ความถี่ต่ำผ่านในวงจรประกอบไปด้วยอะไร

ก. C , R ข. L , R

ค. C , L ง. C

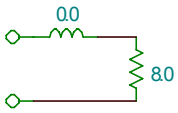
73.จากรูปจงหาค่า C จากวงจร ที่ความถี่ 7 kHz ที่จุด Frequency cutoff มีค่าตรงกับข้อใด



ก. $1\mu F$ ข. $10\mu F$

ค. $50\mu F$ ง. $100\mu F$

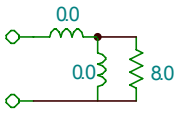
74. จากรูปจงหาค่า L จากวงจร ที่ความถี่ 16 Hz ที่จุด Frequency cutoff มีค่าตรงกับข้อใด



ก.1 mH ข.10 mH

ค.25 mH ง. 100 mH

75. จากรูปจงหาค่า L และ C จากวงจร ที่ความถี่ 6 KHz ที่จุด Frequency cutoff มีค่าตรงกับข้อใด



ก. $1mH$,$50\mu F$ ข. $10mH$,$100\mu F$

ค. $25mH$,$220\mu F$ ง. $1mH$,$1000\mu F$

76. เน็ตเวิร์คแบบสองทางมีจุดตัดหนึ่งจุดตัดอะไรบ้าง

ก. ความถี่ต่ำ ข.ความถี่กลาง

ค. ความถี่สูง ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ค

77. เน็ตเวิร์คแบบสามทางมีจุดตัดกี่จุด

ก. 1 ข. 2

ค. 3 ง. 4

78. เน็ตเวิร์คแบบสามทางที่มีความถี่ต่ำใช้ค่าความต้านทานใด

ก. R ข. C

ค. L ง. R , C

79. ในการออกแบบวงจรเน็ตเวิร์ค โดยใช้โปรแกรม TINA ถ้าเราต้องการเลือกตัวต้านทาน เราต้องเลือกใช้ฟังชั่นใด

ก. Basic ข. switches

ค. Meters ง. Sources

80. ในการออกแบบวงจรเน็ตเวิร์ค โดยใช้โปรแกรม TINA ถ้าเราต้องการเลือกใช้ Oscilloscope เราต้องเลือกใช้ฟังชั่นใด

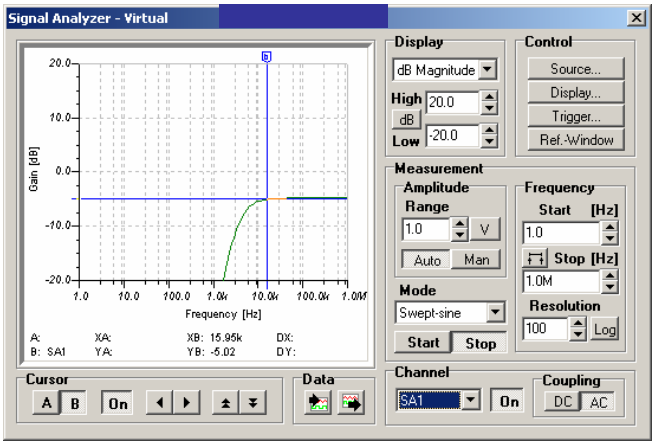
ก. Basic ข. switches

ค. Meters ง. Sources

81. ฟังชั่นในการตรวจสอบความผิดพลาดของวงจรเน็ตเวิร์ค โดยใช้โปรแกรม TINA เราเลือกใช้ฟังชั่นใดในการตรวจสอบ

ก. Basic
ข. ERC
ค. Meters
ง. Mode

จากภาพจงใช้ตอบคำถามข้อ 82-83



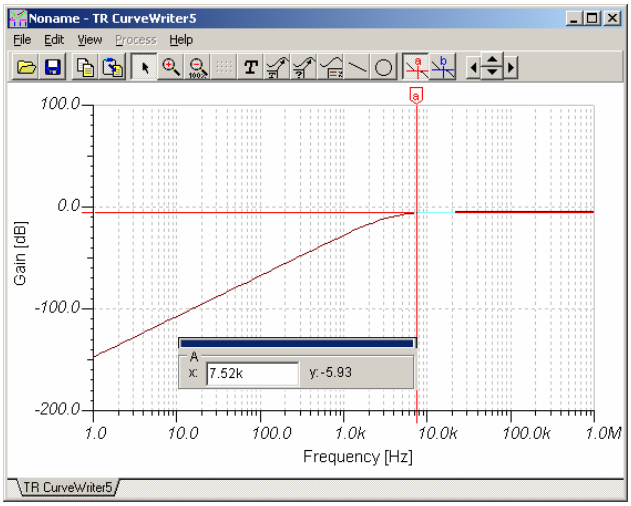
82. เครื่องมือที่ใช้ในการเขียนกราฟการวิเคราะห์ผลทางความถี่มีชื่อเรียกว่าอะไร

ก. Noname
ข. Noname-TR CurveWriter 5
ค. Signal Analyzer
ง. Signal Analyzer 5

83. การที่เราจะวิเคราะห์ผลทางความถี่ของกราฟ เราจะต้องกดปุ่มใด จึงจะวิเคราะห์ผลทางความถี่

ก. Start
ข. Stop
ค. Auto
ง. On

จากภาพจงใช้ตอบคำถามข้อ 84-85



84. จุดที่วงจรฟิลเตอร์แบบต่าง เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางความถี่ที่จุด Frequencl Cutoff จะเข้าใกล้เกณฑ์การขยายที่ค่าเท่าใด

ก. -150 dB ข. 0 dB

ค. 10 dB ง. 100 dB

85. แกนในแนวนอนของการวิเคราะห์ผลทางความถี่ เป็นแกนในค่าใด

ก. dB ข. Hz

ค. V_{rms} ง. DX

.....

เฉลยคำตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ชื่อ ……รหัสประจำตัว……วันที่สอบ ……

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1			X		31		X			61		X			91				
2			X		32				X	62	X				92				
3				X	33			X		63			X		93				
4	X				34	X				64				X	94				
5				X	35			X		65			X		95				
6			X		36		X			66			X		96				
7		X			37		X			67	X				97				
8			X		38	X				68		X			98				
9		X			39				X	69			X		99				
10				X	40		X			70				X	100				
11		X			41		X			71				X	101				
12	X				42		X			72		X			102				
13	X				43	X				73		X			103				
14			X		44	X				74			X		104				
15		X			45			X		75				X	105				
16				X	46		X			76				X	106				
17				X	47			X		77		X			107				
18	X				48			X		78			X		108				
19	X				49			X		79	X				109				
20			X		50	X				80			X		110				

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
21		X			51				X	81		X			111				
22				X	52	X				82			X		112				
23	X				53			X		83		X			113				
24			X		54	X				84		X			114				
25			X		55	X				85		X			115				
26	X				56			X		86					116				
27			X		57			X		87					117				
28			X		58	X				88					118				
29			X		59			X		89					119				
30	X				60	X				90					120				

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายดำรง เซ้งมณี

ชื่อวิทยานิพนธ์ : การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาเครื่องขยายเสียงและลำโพง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

สาขาวิชา : ไฟฟ้า

ประวัติ

ประวัติส่วนตัว เกิดวันที่ 6 มิถุนายน 2515 เลขที่ 53 หมู่ 2 ซอยติวานนท์ 52 ถนนติวานนท์ ตำบลท่าทราย อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี บิดาชื่อนายประสิทธิ์ เซ้งมณี มารดาชื่อ นางอารมณ์ เซ้งมณี มีพี่น้องทั้งหมด 2 คน เป็นบุตรคนโต

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนเทคนิควิทยา ปีการศึกษา 2535 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2536 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (คอบ.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า-ไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2538

ประวัติการทำงาน ปี พ.ศ. 2538 อาจารย์ประจำสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์-โทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี จนถึงปัจจุบัน ปี พ.ศ. 2543 ฝึกอบรมเทคนิคการสอนสมัยใหม่ และการสอนสาขาอิเล็กทรอนิกส์อากาศยาน เป็นระยะเวลา 3 เดือน ณ ประเทศเยอรมนี ปี พ.ศ. 2548 ได้รับรางวัลชนะเลิศพร้อมถ้วยพระราชทานจากสมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอ เจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนากรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ ในการประกวดผลงานสิ่งประดิษฐ์ โครงการรางวัลนวัตกรรมแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5 ปี พ.ศ. 2548 ได้รับคัดเลือกเป็นข้าราชการพลเรือนดีเด่น รางวัลครุฑทองคำ กลุ่มข้าราชการ ระดับ 6-8