RMUTSV
SK074014

65905

รายงานการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์สื่อสารระบบดิจิตอล

Design and Development the Experimental set for Digital Electronic Communication System

621.381
ช961
2554

ไชยยะ ธนพัฒน์ศิริ Chaiya Tanaphatsiri
วิชาญ เพชรมณี Wichan Phetmanee

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2554

การออกแบบและพัฒนาชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์สื่อสารระบบดิจิตอล

ไชยยะ ธนพัฒน์ศิริ[1] วิชาญ เพชรมณี[2]

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อออกแบบและพัฒนาชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์สื่อสารระบบดิจิตอล สำหรับที่จะใช้ประกอบการเรียนการสอนและการบริการทางวิชาการ วิชาการสื่อสารดิจิตอล รหัสวิชา 14-113-103 หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

วิธีการดำเนินการสร้างชุดทดลอง เริ่มจากการศึกษาข้อมูลและออกแบบวงจรที่ใช้ในระบบสื่อสารดิจิตอลจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงนำวงจรที่ได้มาจำลองการทำงานโดยโปรแกรม PSpice เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของวงจร ต่อมานำวงจรที่ผ่านการจำลองมาทดสอบการทำงานจริงบนแผงทดลองพร้อมเก็บบันทึกผล และสุดท้ายจึงนำวงจรทั้งหมดที่ผ่านกระบวนการออกแบบและทดสอบมาผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ และแผงทดลองในหัวข้อต่าง ๆ ตามขอบเขตของโครงงานและทดลองเก็บบันทึกผลการทำงานอีกครั้งหนึ่ง

จากการดำเนินงานสามารถสร้างแผงทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล 1 ชุด ประกอบด้วย แหล่งจ่ายไฟ ± 5 โวลต์ 1 ชุด แหล่งจ่ายไฟ ± 12 โวลต์ 1 ชุด เครื่องกำเนิดความถี่ 2 ชุด บอร์ดทดลองวงจรพร้อมใบเฉลย 12 วงจร ได้แก่ 1) การเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล 2) การเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก 3) วงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ 4) การมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์ 5) การดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์ 6) การมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์ 7) การมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์ 8) การมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์ 9) การมอดูเลตเชิงรหัสพัลส์ 10) การมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด 11) การมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่ 12) การมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส

จากการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอลพบว่าสามารถนำมาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้ตามวัตถุประสงค์ของรายวิชาได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ สื่อสารดิจิตอล ชุดทดลอง การเรียนการสอน

---

[1] คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.เมือง จ.สงขลา

[2] คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.เมือง จ.สงขลา

The Experimental Set for Digital Communication Systems

Chaiya Tanaphatsiri [1] Wichan Phetmanee [2]

Abstract

The Objective of this thesis is to study for build testing Set. Used for teaching and Studying that was past of Basic of communication System 04-203-202 Telecommunication Technology Course Electrical engineer Field. Engineering Faculty Rajamangala University of Technology Srivijaya

The Kit Starts from study circuit information. Used for digital communicate from document and research was related there took. The circuit to set up PSpice program for chech with completely of circuit. After that took all circuit to assembly on the real test board and record for the test. Finally took all circuit that passed produce processing in print circuit and test circuit

From the processing can produce a digital conduction system tasting set power supply 5-0-5 volts power supply 12-0-12 volts second Generator set Panel test with answer cards 16 circuit 1) Analog to Digital Conversion 2) Digital to Analog Conversion 3) Sample and Hold Circuit 4) Pulse Amplitude Modulation, PAM 5) Pulse Amplitude Demodulation 6) Pulse Width Modulation, PWM 7) Pulse Position Modulation, PPM 8) Pulse Frequency Modulation, PFM 9) Pulse Code Modulation, PCM 10) Amplitude Shift Keying, ASK 11) Frequency Shift Keying, FSK 12) Phase Shift Keying, PSK

From the efficiency test of the digital conduction system testing that found to use the equipment follow purpose of subject .

Keyword : Digital Conduction / testing set / education

[1] Faculty of Industrial Education and Technology, RMUTSV, Songkhla, Thailand.

[2] Faculty of Industrial Education and Technology, RMUTSV, Songkhla, Thailand.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่สนับสนุนทุนวิจัยจาก งบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2554 และส่งผลให้งานวิจัยชิ้นนี้สามารถพัฒนาคุณภาพทางการศึกษาได้ต่อไปในอนาคต

ขอขอบพระคุณคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำงานตลอดจนอุปกรณ์ที่ใช้ต่าง ๆ ด้วยดีเสมอมา

ขอกราบนมัสการ พระราชมุนีสามีรามคุณูปมาจารย์ หรือหลวงปู่ทวด วัดช้างไห้ ผู้ให้เป้าหมายชีวิตแก่คณะผู้วิจัยตามแนวทางของสมเด็จพระสัมมาสัมพุทธเจ้า

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติสนิทที่คอยห่วงใยและให้การสนับสนุนในการศึกษาตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ นักศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม รุ่นที่ 5 คณะวิสวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ทุกท่าน ที่เป็นกำลังใจพร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

คณะผู้วิจัย

สิงหาคม 2555

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ฉ
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน	3
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนการสอน	3
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสอนแบบทดลอง	5
2.3 เนื้อหาวิชาตามหัวเรื่องการประลอง	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	20
3.1 แผนการดำเนินงาน	20
3.2 การออกแบบชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล	21
3.3 การออกแบบและทดลอง	23
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	52
4.1 ผลของโครงงาน	52
4.2 ผลการทดสอบโครงงาน	58
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	78
5.1 สรุปผลการวิจัย	78
5.2 ข้อเสนอแนะ	79
5.3 ปัญหาและการแก้ไข	79

สารบัญตาราง

		หน้า
3.1	เอาต์พุตของวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	24
3.2	แรงดันเอาต์พุตของวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก	26
4.1	ผลการทดสอบวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	59
4.2	ผลการทดสอบวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก	60

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	80
ภาคผนวก ก	
เครื่องต้นแบบชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล	80
ภาคผนวก ข	
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	87

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของ ADC	7
2.2	ตำแหน่งขาและโครงสร้างของ DAC0808	8
2.3	รูปคลื่นที่ได้จากการสุ่มและคงค่าสัญญาณ	8
2.4	ส่วนประกอบของวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ	9
2.5	สัญญาณ PAM	9
2.6	บล็อกไดอะแกรมการมอดูเลตแบบ PAM	10
2.7	แผนผังการดีมอดูเลตสัญญาณ PAM	10
2.8	สัญญาณ PWM ในแบบต่าง ๆ	11
2.9	การสร้างสัญญาณ PPM จาก PWM	12
2.10	สัญญาณ PFM	13
2.11	ระบบรับ-ส่งสัญญาณ PCM	14
2.12	หลักการกำเนิดสัญญาณ ASK	15
2.13	บล็อกไดอะแกรมการดีมอดูเลตสัญญาณ ASK	15
2.14	การกำเนิดสัญญาณ FSK จาก ASK	16
2.15	บล็อกไดอะแกรมการดีมอดูเลตแบบ FSK	17
2.16	ลักษณะสัญญาณ PSK	18
2.17	บล็อกไดอะแกรมการมอดูเลตสัญญาณ PSK	18
2.18	สัญญาณ BPSK ที่ได้จากการมอดูเลต	19
2.19	การดีมอดูเลตสัญญาณ BPSK	19
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน	20
3.2	ขนาดโครงสร้างของชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล	21
3.3	ปุ่มต่าง ๆ บนหน้าปัทม์ของชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล	22
3.4	ขนาดของบอร์ดทดลอง	22
3.5	วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	23
3.6	การจำลองวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	23

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.7	การต่อวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	24
3.8	วงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก	25
3.9	การจำลองวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก	25
3.10	การต่อวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก	26
3.11	วงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ	27
3.12	การจำลองวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ	28
3.13	สัญญาณการจำลองวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ	28
3.14	การต่อวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ	28
3.15	สัญญาณวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ	28
3.16	วงจรมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์	29
3.17	การจำลองวงจรมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์	29
3.18	สัญญาณการจำลองวงจรมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์	30
3.19	การต่อวงจรมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์	30
3.20	สัญญาณวงจรมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์	30
3.21	วงจรวงจรดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์	31
3.22	การจำลองวงจรดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์	31
3.23	สัญญาณการจำลองวงจรดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์	32
3.24	การต่อวงจรดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์	32
3.25	สัญญาณวงจรดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์	32
3.26	วงจรมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	33
3.27	การจำลองวงจรมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	33
3.28	สัญญาณการจำลองวงจรมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	34
3.29	การต่อวงจรมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	34
3.30	สัญญาณวงจรมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	34
3.31	วงจรดีมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	35
3.32	การจำลองวงจรดีมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	35

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.33	สัญญาณการจำลองวงจรดีมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	36
3.34	การต่อวงจรดีมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	36
3.35	สัญญาณวงจรดีมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	36
3.36	วงจรมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์	37
3.37	การจำลองวงจรมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์	37
3.38	สัญญาณการจำลองวงจรมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์	38
3.39	การต่อวงจรมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์	38
3.40	สัญญาณวงจรมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์	38
3.41	วงจรดีมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์	39
3.42	การต่อวงจรดีมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์	39
3.43	สัญญาณวงจรดีมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์	39
3.44	วงจรมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์	40
3.45	การต่อวงจรมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์	40
3.46	สัญญาณวงจรมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์	40
3.47	วงจรดีมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์	41
3.48	การต่อวงจรดีมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์	41
3.49	สัญญาณวงจรดีมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์	41
3.50	วงจรมอดูเลตเชิงรหัสพัลส์	42
3.51	การจำลองวงจรมอดูเลตเชิงรหัสพัลส์	42
3.52	สัญญาณการจำลองวงจรมอดูเลตเชิงรหัสพัลส์	43
3.53	การต่อวงจรมอดูเลตเชิงรหัสพัลส์	43
3.54	สัญญาณวงจรมอดูเลตเชิงรหัสพัลส์	43
3.55	วงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด	44
3.56	การจำลองวงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด	44
3.57	สัญญาณการจำลองวงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด	45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.58	การต่อวงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด	45
3.59	สัญญาณวงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด	45
3.60	วงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด	46
3.61	การต่อวงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด	46
3.62	สัญญาณวงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด	46
3.63	วงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่	47
3.64	การต่อวงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่	47
3.65	สัญญาณวงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่	47
3.66	วงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่	48
3.67	การต่อวงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่	48
3.68	สัญญาณวงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่	48
3.69	วงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส	49
3.70	การจำลองวงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส	49
3.71	สัญญาณการจำลองวงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส	50
3.72	การต่อวงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส	50
3.73	สัญญาณวงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส	50
3.74	วงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส	51
3.75	การต่อวงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส	51
3.76	สัญญาณวงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส	51
4.1	ชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล	52
4.2	แหล่งจ่ายไฟ ±5 โวลต์ และ ±12 โวลต์	52
4.3	วงจรกำเนิดสัญญาณ	53
4.4	บอร์ดทดลองการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	53
4.5	บอร์ดทดลองการเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก	53
4.6	บอร์ดทดลองวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ	54
4.7	บอร์ดทดลองการมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์	54

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.8	บอร์ดทดลองการดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์	54
4.9	บอร์ดทดลองการมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	55
4.10	บอร์ดทดลองการดีมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	55
4.11	บอร์ดทดลองการมอดูเลตและการดีมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์	55
4.12	บอร์ดทดลองการมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์	56
4.13	บอร์ดทดลองการดีมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์	56
4.14	บอร์ดทดลองการมอดูเลตเชิงรหัสพัลส์	56
4.15	บอร์ดทดลองการมอดูเลตและการดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด	57
4.16	บอร์ดทดลองการมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่	57
4.17	บอร์ดทดลองการดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่	57
4.18	บอร์ดทดลองการมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส	58
4.19	บอร์ดทดลองการดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส	58
4.20	การทดสอบวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	58
4.21	การทดสอบวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก	60
4.22	การทดสอบวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ	61
4.23	ผลการทดสอบวงจรวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ	61
4.24	การทดสอบวงจรมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์	62
4.25	ผลการทดสอบวงจรมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์	62
4.26	การทดสอบวงจรดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์	63
4.27	ผลการทดสอบวงจรดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์	63
4.28	การทดสอบวงจรมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	64
4.29	ผลการทดสอบวงจรมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	64
4.30	การทดสอบวงจรดีมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	65
4.31	ผลการทดสอบวงจรดีมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	65
4.32	การทดสอบวงจรมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์	66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.33	ผลการทดสอบวงจรมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์	66
4.34	การทดสอบวงจรดีมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์	67
4.35	ผลการทดสอบวงจรดีมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์	67
4.36	การทดสอบวงจรมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์	68
4.37	ผลการทดสอบวงจรมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์	68
4.38	การทดสอบวงจรดีมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์	69
4.39	ผลการทดสอบวงจรดีมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์	69
4.40	การทดสอบวงจรมอดูเลตเชิงรหัสพัลส์	70
4.41	ผลการทดสอบวงจรมอดูเลตเชิงรหัสพัลส์	70
4.42	การทดสอบวงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด	71
4.43	ผลการทดสอบวงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด	71
4.44	การทดสอบวงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด	72
4.45	ผลการทดสอบวงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด	72
4.46	การทดสอบวงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่	73
4.47	ผลการทดสอบวงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่	73
4.48	การทดสอบวงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่	74
4.49	ผลการทดสอบวงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่	74
4.50	การทดสอบวงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส	75
4.51	ผลการทดสอบวงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส	75
4.52	การทดสอบวงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส	76
4.53	ผลการทดสอบวงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส	76

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการดำเนินชีวิตของคนเราจะต้องมีการติดต่อระหว่างกันและกันอยู่เสมอ การติดต่อระหว่างกันนั้นเองที่เป็นที่มาของการสื่อสาร โดยเริ่มจากการสื่อสารระยะใกล้แล้วขยายออกเป็นการสื่อสารระยะไกล ซึ่งในอดีตการสื่อสารระยะไกลนี้จะเป็นลักษณะของสัญญาณต่าง ๆ เช่น สัญญาณควันไฟ สัญญาณธง การสื่อสารด้วยวิธีดังกล่าวนี้สภาพแวดล้อมต่าง ๆ จะมีอิทธิพลอย่างมากในการสื่อสารข้อมูล เป็นผลให้การสื่อสารแบบนี้ไม่เป็นที่แพร่หลาย แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการสื่อสาร ก็ยังคงมีรูปแบบของกระบวนการสื่อสารที่เหมือนเดิมตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน คือในระบบสื่อสารนั้นประกอบไปด้วย ผู้ส่งข่าวสารข้อมูลสื่อกลางที่ใช้สำหรับการส่งข่าวสารข้อมูล และผู้รับข่าวสารข้อมูล จากองค์ประกอบของการสื่อสารนี้เองที่ทำให้มีการแปลงข้อมูลข่าวสารให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้วส่งสัญญาณในรูปคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านไปในอากาศที่เป็นตัวกลางในการสื่อสารข้อมูล การสื่อสารในรูปสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจึงได้มีการพัฒนาไปอย่างต่อเนื่อง มีการศึกษาและคิดค้นระบบการสื่อสารแบบต่าง ๆ ขึ้นมาใช้งานกันมากมาย ปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วและได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้นตามลำดับเป็นได้จากในอดีตระบบวิทยุสื่อสารจำกัดอยู่เฉพาะหน่วยงานของรัฐเท่านั้น แต่ในปัจจุบันได้มีการนำเครื่องมือสื่อสารแบบต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์มากขึ้น อีกทั้งประชาชนทั่วไปให้ความสนใจเป็นอย่างมาก เป็นผลให้ระบบวิทยุสื่อสารมีการขยายวงในการใช้บริการออกไปเรื่อย ๆ ในอนาคตจะเห็นว่าเทคโนโลยีการสื่อสารใหม่ที่เกิดขึ้นมานี้เกิดจากการศึกษาและพัฒนาระบบสื่อสารโดยมีพื้นฐานทางวิศวกรรมไฟฟ้ามาเกี่ยวข้อง

ดังนั้นทางผู้เสนอโครงการจึงได้เสนอ เรื่อง ชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล เป็นหัวข้อโครงงานปริญญานิพนธ์ เพื่อช่วยให้การสอนในภาคปฏิบัติให้มีประสิทธิภาพและวัตถุประสงค์ของหลักสูตร โดยโครงงานชุดนี้จะประกอบไปด้วยใบประลองและชุดทดลองที่สามารถทดลองได้ง่าย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อสร้างชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ในเนื้อหารายวิชา พื้นฐานระบบสื่อสาร (04-203-202) หลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราช-มงคลศรีวิชัย

1.3 ขอบเขตของโครงงานวิจัย

ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์นี้ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

1.3.1 กล่องชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล

1.3.2 ชุดแหล่งกำเนิด ประกอบด้วย

1) แหล่งจ่ายไฟ

- แหล่งจ่ายไฟ ± 5 โวลต์ 1 ชุด
- แหล่งจ่ายไฟ ± 12 โวลต์ 1 ชุด

2) แหล่งกำเนิดความถี่

- ผลิตสัญญาณรูปคลื่นซายน์ (Sinusoidal wave signal)
- ผลิตสัญญาณรูปสามเหลี่ยม (Triangular wave signal)
- ผลิตสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Square wave signal)

1.3.3 บอร์ดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล

1.3.4 ใบประลองพร้อมเฉลย

1) การเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Conversion)

2) การเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก (Digital to Analog Conversion)

3) วงจรสุ่มและลงค่าสัญญาณ (Sample and Hold Circuit)

4) การมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์ (Pulse Amplitude Modulation, PAM)

5) การดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์ (Pulse Amplitude Demodulation)

6) การมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation, PWM)

7) การมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์ (Pulse Position Modulation, PPM)

8) การมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์ (Pulse Frequency Modulation, PFM)

9) การมอดูเลตเชิงรหัสพัลส์ (Pulse Code Modulation, PCM)

10) การมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด (Amplitude Shift Keying, ASK)

11) การมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่ (Frequency Shift Keying, FSK)

12) การมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส (Phase Shift Keying, PSK)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอลสำหรับใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม

1.4.2 สามารถนำไปใช้งานได้จริงในหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องที่ได้นำมาใช้ในปริญญานิพนธ์ เรื่อง ชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล คณะผู้จัดทำได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนการสอน

2.1.1 ความหมายของสื่อการเรียนการสอน [7]

สมบูรณ์ สงวนญาติ ได้ให้ความหมาย สื่อการเรียนการสอนว่า ทุกสิ่งทุกอย่างที่ผู้สอนและผู้เรียนนำมาใช้ในการเรียนการสอนเพื่อช่วยให้กระบวนการเรียน การสอนดำเนินไปสู่เป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ วัตถุสิ่งของที่มีอยู่ในธรรมชาติ หรือมนุษย์สร้างขึ้นมา รวมทั้งวิธีการสอนและกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ

นิรุต ถึงนาค ได้ให้ความหมายว่า เป็นวัสดุเครื่องมืออุปกรณ์ทุกชนิด รวมทั้งวิธีการสอนจะนำไปใช้ในการสอนเพื่อสื่อความหมายตามวัตถุประสงค์ในการถ่ายทอดของผู้สอนไปยังผู้เรียน

อบรม สินภิบาล และ กุญชร องคสิริพร ได้ให้ความหมายของ สื่อสารการเรียนการสอนว่า หมายถึง สิ่งใดก็ตามที่เป็นตัวกลางนำความรู้ความคิดทัศนคติจากครูไปสู่ผู้เรียน และทำให้การเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้เป็นอย่างดี อาจกล่าวได้ว่า สื่อการสอนนั้นเป็นทุกสิ่งทุกอย่างที่ช่วยให้การจัดกระบวนการเรียนการสอนประสบผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.2 คุณค่าของสื่อการเรียนการสอน [7]

เรื่องคุณค่าของสื่อการเรียนการสอน เป็นผลสืบเนื่องมาจากการวิจัยสื่อ ซึ่งอาจหาอ่านได้จากเอกสารการวิจัยและวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ตระหนักถึงคุณค่าของสื่อการเรียนการสอนโดยทั่ว ๆ ไป จึงขอนำผลการวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าของสื่อการเรียนการสอนโดยสรุปดังนี้

1) ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้นจากประสบการณ์ที่มีความหมายในรูปแบบต่าง ๆ

2) ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้มากขึ้น โดยใช้เวลาน้อยลง

3) ช่วยให้ผู้เรียนได้มีความสนใจในการเรียน และมีส่วนร่วมในการเรียนอย่างกระฉับกระเฉงเพิ่มมากขึ้น

4) ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความประทับใจ มั่นใจ และจดจำได้นาน

5) ช่วยส่งเสริมการคิดและการแก้ปัญหาในการเรียนรู้

6) ช่วยให้สามารถเอาชนะข้อจำกัดต่าง ๆ ในการเรียนรู้

7) ช่วยลดการบรรยายของผู้สอนลง แต่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้น

8) ช่วยลดการสูญเปล่าทางการศึกษาลง เพราะช่วยให้การเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้เรียนสอบตกน้อยลง

2.1.3 ประเภทของสื่อการเรียนการสอน [2]

ประเภทของสื่อการเรียนการสอน มีนักศึกษาได้แบ่งประเภทไว้มากมาย เพื่อให้เกิดความเข้าใจ จะยกตัวอย่างการแบ่งของนักศึกษาบางท่าน เพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ศึกษาได้เข้าใจ ดังนี้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ ผู้อำนวยการสำนักเทคโนโลยีการศึกษา ได้แบ่งสื่อการเรียนการสอนตามแนวของเทคโนโลยีทางการศึกษาไว้ 2 ประเภท คือ

1) สื่อที่ให้ประสบการณ์ตรงผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 โดยให้ผู้เรียนได้ลงมือทำจริง ได้จับต้อง ลูบคลำ ลิ้มรส ดมกลิ่น จากสภาพความเป็นจริง เช่น การฝึกหัดขับรถยนต์ การซ่อมเครื่องยนต์ การเดินสายไฟ การทดลอง การทำสวนครัว ซึ่งรวมทั้งวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้ และของจริงทุกชนิด

2) สื่อที่ให้ประสบการณ์รอง ได้แก่ สิ่งที่ทำจำลองขึ้นมาแทนของจริง ในกรณีที่ไม่สามารถนำของจริง มาใช้ได้ เช่น หุ่นจำลองชนิดต่าง ๆ

3) การแสดงละคร หรือการสร้างสถานการณ์จำลอง โดยสร้างบทหรือสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมแสดงตามบท

4) การสาธิต เป็นวิธีการอีกรูปแบบหนึ่งที่ครูผู้สอนจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือแล้วมีผู้แสดงให้ผู้เรียนชม โดยเน้นกระบวนการหรือขั้นตอนการกระทำที่ถูกต้อง

5) การศึกษานอกสถานที่เป็นวิธีการอีกรูปแบบหนึ่งที่พาผู้เรียนไปสัมผัสกับสภาพความเป็น จริง โดยมีการวางแผนเตรียมการอย่างรัดกุม ผู้เรียนจะพบกับสื่อหลายสิ่งหลายอย่างตามสภาพที่ เป็น จริงโดยใช้การสังเกตเป็นหลัก

6) นิทรรศการ เป็นรูปแบบการจัดแสดงทางการศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์ชัดเจนด้วยการนำสื่อหลายรูปแบบมาจัดอย่างเป็นระบบ

7) โทรทัศน์และภาพยนตร์ เป็นสื่อที่ให้ทั้งภาพและเสียงที่มีการเคลื่อนไหวเป็นธรรมชาติคล้ายของจริง ซึ่งสามารถย่อหรือขยายให้เหมาะสมกับสภาพ สถานการณ์ หรือสถานที่การเรียนรู้ได้

8) ภาพนิ่ง วิทยุ และการบันทึกเสียงเป็นสื่ออีกลักษณะหนึ่งที่ให้ประสบการณ์แก่ผู้เรียนโดยผ่านประสาทตาหรือประสาทหู

9) ทัศนสัญลักษณ์ ได้แก่ พวกวัสดุกราฟิกทุกประเภท เช่น แผนภูมิ แผนสถิติ แผนภาพ ภาพโฆษณา การ์ตูน และสัญลักษณ์ที่อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ

10) วจนสัญลักษณ์ ได้แก่ คำพูด คำบรรยาย หนังสือหรือเอกสารที่ใช้ตัวอักษร ตัวเลขแทนความหมายของสิ่งต่าง ๆ

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสอนแบบทดลอง

2.2.1 วิธีการสอนแบบทดลอง [6]

การสอนแบบทดลอง คือ วิธีการสอนที่ทำให้เกิดประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องนำไปปฏิบัติ หรือข้อเท็จจริงจากทฤษฎี เพื่อเป็นการสรุปถึงข้อเท็จจริงตามทฤษฎีที่ได้เรียนรู้จากในบทเรียน หนังสือ ตำรา หรือเอกสารต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้มาหรือจากที่ได้ค้นคว้ามา และลงมือปฏิบัติการทดลอง ยังมีบุคคลอีกหลายท่านที่ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการสอนแบบทดลองไว้ ซึ่งได้ยกมาเป็นตัวอย่างดังนี้

ละออ การุณยะวณิช กับคณะ ได้กล่าวถึงวิชาการสอนแบบทดลองว่า วิธีการสอนแบบทดลอง หมายถึง วิธีสอนให้เกิดประสบการณ์ใหม่ ๆ และข้อเท็จจริงจากการสอบสวนและการทดลองนั้นเอง วิธีนี้นักเรียนเป็นผู้ทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งวิธีการสอนแบบนี้อาจเรียกว่าวิธีค้นคว้า (Research Method) ก็ได้

มณฑา ธงอินเนตร เรียกวิธีการสอนแบบทดลองว่า การสอนแบบเชิงการทดลอง (Laboratory Approach) และได้กล่าวว่า การสอนแบบนี้ เป็นกิจกรรมที่ครูจัดทำขึ้น เพื่อช่วยให้เรียนได้ง่ายขึ้น คือ สามารถเห็นได้ด้วยตาก่อนที่จะเกิดความเข้าใจ แทนที่จะให้นักเรียนเชื่อคำบอกเล่าของครู การทดลองมักใช้เมื่อต้องการจะพิสูจน์กฎต่าง ๆ

2.2.2 การจัดการเรียนการสอนในวิชาประลอง [6]

การศึกษาทางด้านเทคโนโลยีจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แบบมีเหตุมีผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถพิสูจน์ได้ หรือแสดงให้เห็นจริงได้ เพราะการศึกษาแบบเลื่อนลอยจะทำให้ผู้เรียนเกิดความไม่มั่นใจในเนื้อหาวิชาที่ได้ศึกษาตามทฤษฎีที่วางไว้ หรือเกิดความลังเลในเนื่อหาวิชาที่เรียนจนไม่สนใจและไม่ตั้งใจที่จะศึกษาวิชานั้นต่อ ซึ่งจะมีผลเสียต่อการนำทฤษฎีที่ได้เรียนรู้มาจากวิชาต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้กับงานด้านอื่น ๆ รวมทั้งการได้นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันโดยมีจุดประสงค์การเรียนการสอนแบบประลองไว้ 2 ข้อคือ 1) พิสูจน์ความเป็นจริงในเนื้อหาวิชาทางทฤษฎี 2) ส่งเสริมความสามารถทางสติปัญญาในการคิดแก้ปัญหา ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนแบบประลองจึงจำเป็นต้องใช้สื่อที่สามารถทำการทดลอง เพื่อนำข้อมูลจากการทดลอง เพื่อนำข้อมูลจากการทดลองไปใช้เปรียบเทียบหรือพิสูจน์ความจริงตามเนื้อหาวิชาทฤษฎีซึ่งได้แก่

1) ชุดประลอง

2) ใบประลอง

1) ชุดประลอง

เป็นอุปกรณ์ช่วยสอนที่ใช้ประกอบการสอนเพื่อแสดงเนื้อหาที่เป็นกฎสูตร หรือทฤษฎีที่กำหนดไว้หรือใช้เพื่อทดลองหาความสัมพันธ์ สร้างกฎเกณฑ์ขึ้นใหม่โดยแสดงให้เห็นจริงได้ในรูปของค่าที่แสดง ความร้อน แสง เสียง หรือปฏิกิริยาอื่น ๆ

2) ใบประลอง

ใบประลอง มีประโยชน์อย่างยิ่งในงานทดลอง ซึ่งนักศึกษาสามารถทดสอบหรือทดลองเพื่อสาธิต และทดสอบหลักการทางวิทยาศาสตร์ความจริงหรือสูตรต่าง ๆ แม้ว่าใบประลองนี้จะมีค่าในการประลอง แต่ครูก็สามารถใช้เทคนิคเดียวกันในการช่วยให้นักศึกษาเรียนรู้หลักสูตรหรือพิสูจน์ทฤษฎีบางอย่าง

2.3 เนื้อหาวิชาตามหัวเรื่องในการประลอง [3]

ใบประลอง จำนวน 12 เรื่อง ประกอบด้วย

2.3.1 การเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Conversion)

2.3.2 การเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก (Digital to Analog Conversion)

2.3.3 วงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ (Sample and Hold Circuit)

2.3.4 การมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์ (Pulse Amplitude Modulation, PAM)

2.3.5 การดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์ (Pulse Amplitude Demodulation)

2.3.6 การมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation, PWM)

2.3.7 การมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์ (Pulse Position Modulation, PPM)

2.3.8 การมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์ (Pulse Frequency Modulation, PFM)

2.3.9 การมอดูเลตเชิงรหัสพัลส์ (Pulse Code Modulation, PCM)

2.3.10 การมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด (Amplitude Shift Keying, ASK)

2.3.11 การมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่ (Frequency Shift Keying, FSK)

2.3.12 การมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส (Phase Shift Keying, PSK)

2.3.1 การเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Conversion)

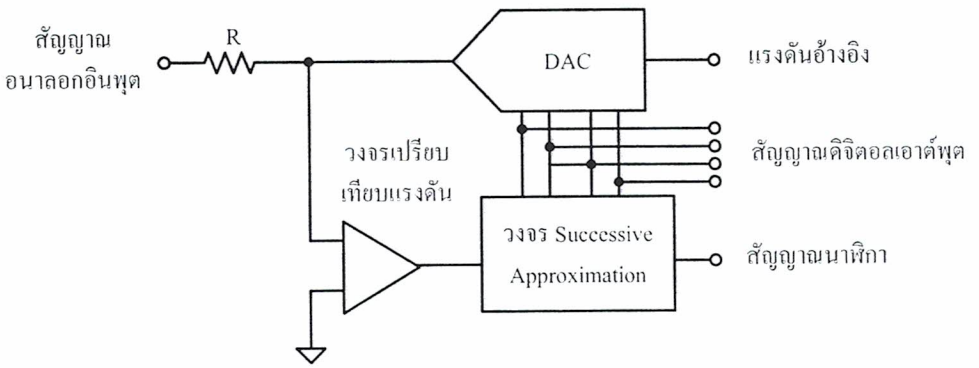
สัญญาณข่าวสาร เช่น สัญญาณเสียง หรือสัญญาณภาพ โดยปกติแล้วจะมีลักษณะเป็นสัญญาณอนาลอกแทบทั้งสิ้น ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีความต่อเนื่องขนาดของสัญญาณไม่คงที่มีการเปลี่ยนแปลงของขนาดสัญญาณแบบค่อยเป็นค่อยไป เป็นสัญญาณที่มนุษย์สามารถสัมผัสได้ ดังนั้นเมื่อต้องการส่งสัญญาณข่าวสารนั้นในระบบสื่อสารแบบดิจิตอลจึงเป็นระบบที่ให้ความปลอดภัยกว่าแบบอนาลอก จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนสัญญาณข่าวสารให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน สำหรับการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยทั่วไปมีอยู่ 3 วิธี คือ

1) แบบขนาน (Parallel) หรือแบบทันที (Flash)

2) แบบ Successive approximation

3) แบบ Dual-Slope integration

ในที่นี้จะกล่าวเพียง แบบ Successive approximation เท่านั้น เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้ในการทดลองนี้ ADC แบบนี้เป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน รูปที่ 2.1 เป็นโครงสร้างของ ADC แบบนี้ ซึ่งพบว่าประกอบไปด้วย DAC เพื่อใช้ในสร้างสัญญาณอนาลอก เพื่อเปรียบเทียบสัญญาณที่สร้างขึ้นภายใน สำหรับการทำงานของ ADC แบบนี้ เริ่มต้น DAC จะกำเนิดสัญญาณอนาลอกที่มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของแรงดันเต็มสเกล

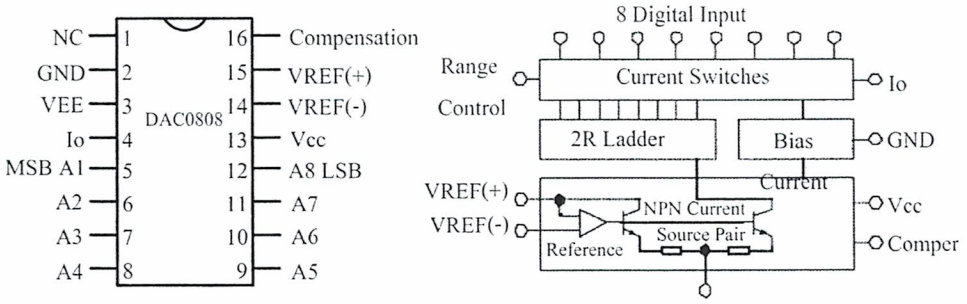


รูปที่ 2.1 โครงสร้างของ ADC [4]

โดยสามารถสร้างได้จากการกำหนดให้บิตนัยสำคัญสูงสุด (Most Significant Bit, MSB) เป็น "1" ถ้าปรากฏว่า แรงดันอินพุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีค่ามากกว่าแรงดันของสัญญาณอ้างอิง ซึ่งเท่ากับสูนย์เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะยังไม่มีสัญญาณออกมา สัญญาณดิจิตอลที่บิต MSB ก็ยังคงเป็น "1" แต่ ถ้าวงจรเปรียบเทียบแรงดันให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาบิต MSB ก็ยังคง เป็น "0" กระบวนการนี้จะกระทำไปเรื่อย ๆ ในแต่ละจังหวะของสัญญาณนาฬิกา จนกระทั่งครบทุก บิตจนถึงบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด 1 (Last Significant Bit, LSB)

2.3.2 การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก (Digital to Analog Conversion)

สัญญาณไฟฟ้าในงานอิเล็กทรอนิกส์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ สัญญาณอนาลอก (Analog signal) และสัญญาณดิจิตอล (Digital signal) ซึ่งในบางครั้งจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงรูปสัญญาณเพื่อความเหมาะสมในการทำงานของการควบคุมระบบ ซึ่งในรูปที่ 2.2 เป็นการแปลงสัญญาณดิจิตอลให้เป็นอนาลอก (DAC) ในรูปแบบวงจรรวมหรือไอซี

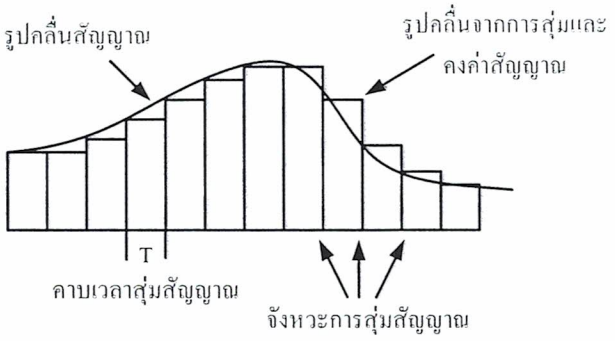


รูปที่ 2.2 ตำแหน่งขาและโครงสร้างของ DAC0808 [3]

ในปัจจุบันได้มีการผลิตวงจร DAC ออกมาในรูปแบบของวงจรรวมหรือไอซี ตัวอย่าง เช่น เบอร์ DAC0808 ซึ่งเป็นเบอร์ที่ใช้ในการทดลองของบทนี้ DAC0808 มีตำแหน่งขาและโครงสร้างภายใน ดังรูปที่ 2.2

2.3.3 วงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ (Sample and Hold Circuit)

ตามปกติสัญญาณข่าวสารซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสัญญาณอนาลอก เมื่อต้องการใช้วิธีมอดูเลตแบบดิจิตอล (Digital modulation) จำเป็นต้องมีการสุ่ม (Sampling) และคงค่าสัญญาณ (Holding) นั้นให้กลายเป็นสัญญาณพัลส์เพื่อความสะดวกในการส่งสัญญาณข่าวสาร

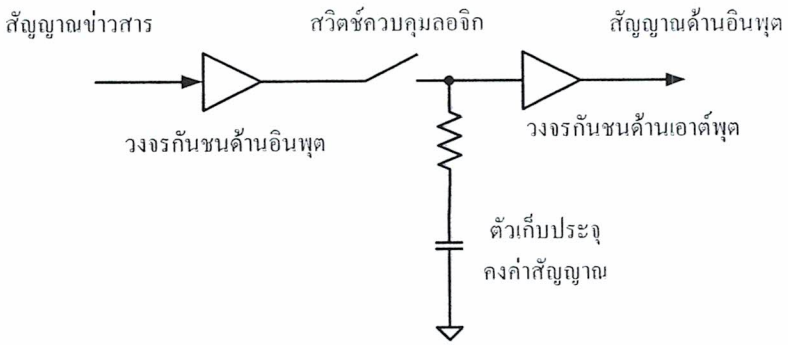


รูปที่ 2.3 รูปคลื่นที่ได้จากการสุ่มและคงค่าสัญญาณ [4]

สัญญาณอนาลอกจะต้องถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณเชิงพัลส์ ในระบบการมอดูเลตแบบดิจิตอล ซึ่งสามารถกระทำได้โดยใช้วงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ รูปที่ 2.3 เป็นตัวอย่างสัญญาณที่ได้จากการสุ่มและคงค่าสัญญาณ โดยวงจรจะผลิตพัลส์ที่มีความสูงเท่ากับขนาดของสัญญาณอนาลอกที่เวลาสุ่มนั้น และจะคงค่าสัญญาณที่ความสูงนั้นไปตลอดจนมีการสุ่มอีกครั้ง ความสูงของพัลส์ก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของสัญญาณอนาลอกในช่วงเวลาที่มีการสุ่มนั้น

ข้อกำหนดของไนควิส(Nyquist)

Nyquist ได้ค้นพบในปี ค.ศ.1928 ว่าการสุ่มที่สมบูรณ์ที่สามารถให้กลับคืนมาได้นั้น ความถี่ของสัญญาณฟังก์ชันสุ่มจะต้องมีค่าอย่างน้อยเป็น 2 เท่าของความถี่แบนด์มูลฐานสูงสุด ซึ่งเรียกว่า ข้อกำหนดของ Nyquist

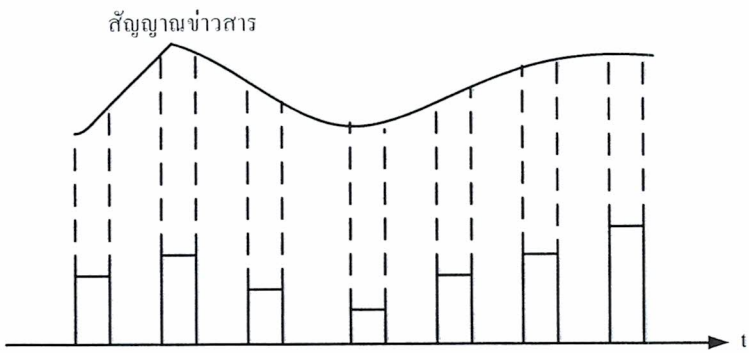


รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ [3]

หลักการสุ่มและคงค่าสัญญาณคือ การอาศัยหลักการเก็บประจุของตัวเก็บประจุอย่างรวดเร็วใน ช่วงเวลาสั้น ๆ ซึ่งก็คือวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณที่มีขนาดเท่านั้น ไปจนกระทั่งมีการเก็บประจุด้วยขนาดแรงดันใหม่ตามจังหวะในการสุ่มที่เปลี่ยนไป ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ส่วนวงจรกันชน (Buffer) เพื่อป้องกันการคายประจุของตัวเก็บประจุออกไปทางด้านอินพุตและเอาต์พุต

2.3.4 การมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์ (Pulse Amplitude Modulation , PAM)

การมอดูเลตแบบ PAM สามารถสร้างได้จากการใช้วงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ โดยในทางปฏิบัติมักจะกำหนดให้ $\tau << T$



รูปที่ 2.5 สัญญาณ PAM [4]

โดยสัญญาณ PAM นี้เป็นสัญญาณที่มีขนาดเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของสัญญาณข่าวสารที่เกิดขึ้นขณะทำการสุ่มนั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.5

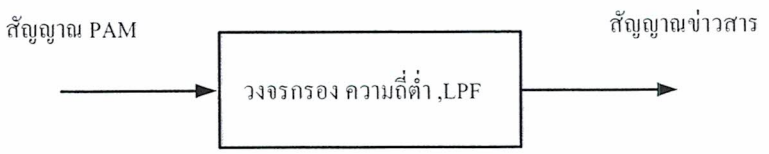
ถึงแม้การมอดูเลตแบบ PAM จะสามารถสร้างขึ้นมาได้ง่ายกว่าการมอดูเลตเชิงพัลส์ชนิดอื่น ๆ เนื่องจากใช้เพียงวงจรสุ่มและคงค่าเท่านั้น แต่การมอดูเลตแบบนี้ก็มีข้อเสียคือ มีความไวต่อสัญญาณ รบกวน เนื่องจากสัญญาณ PAM เป็นสัญญาณที่มีขนาดเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณข่าวสาร ทำให้สัญญาณรบกวน เข้ามาปะปนกับขนาดของสัญญาณ PAM ได้ง่าย

ส่วนข้อเสียอีกประการ คือ การมอดูเลตแบบ PAM ต้องการวงจรขยายสัญญาณที่มีแบนด์วิธสูงมากในการส่งสัญญาณ PAM ดังนั้นระบบมอดูเลตแบบนี้ มักจะไม่ค่อยได้รับความนิยมในการติดต่อสื่อสาร เป็นระยะทางไกล ๆ

รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมการมอดูเลตแบบ PAM [3]

2.3.5 การดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์ (Pulse Amplitude Demodulation)

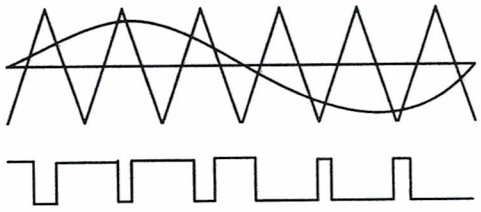
สัญญาณ PAM ที่สร้างได้จากวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณในรูปที่ 2.5 นั้น สามารถกู้คืนสัญญาณข่าวสาร ออกมาจากสัญญาณ PAM นั้นได้ โดยการใช้วงจรกรองความถี่ต่ำที่มีความถี่คัตออฟที่เหมาะสม ส่วนประกอบความถี่สูงก็จะโดนกรองทิ้งไป เหลือเพียงแต่ส่วนประกอบที่เป็นสัญญาณไฟตรงและสัญญาณข่าวสารที่ต้องการเท่านั้น หลักการดีมอดูเลตสัญญาณ PAM สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.7



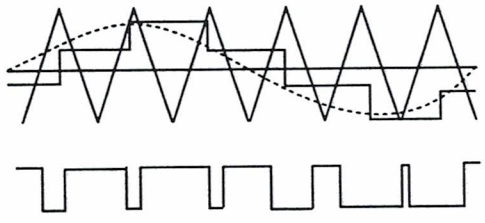
รูปที่ 2.7 แผนผังการดีมอดูเลตสัญญาณ PAM [3]

2.3.6 การมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation, PWM)

การมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์ (PWM) เป็นกระบวนการมอดูเลตที่มีขนาดความกว้างพัลส์ที่ขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณข่าวสาร ทำให้สัญญาณ PWM ที่ได้ มีขนาดคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของสัญญาณข่าวสารเหมือนกับการมอดูเลตแบบ PAM เราจึงสามารถใช้ตัวจำกัดระดับสัญญาณ (Limiter) เพื่อตัดระดับสัญญาณรบกวนที่มีโอกาสเข้ามาปะปนกับสัญญาณ PWM ได้ สัญญาณ PWM จะมีอยู่ 2 รูปแบบ ได้แก่สัญญาณ PWM ที่ใช้วิธี Natural sampling (NPWM) และสัญญาณ PWM ที่ใช้วิธี Uniform sampling (UPWM)



(ก) สัญญาณ PWM ที่ใช้วิธี Natural sampling



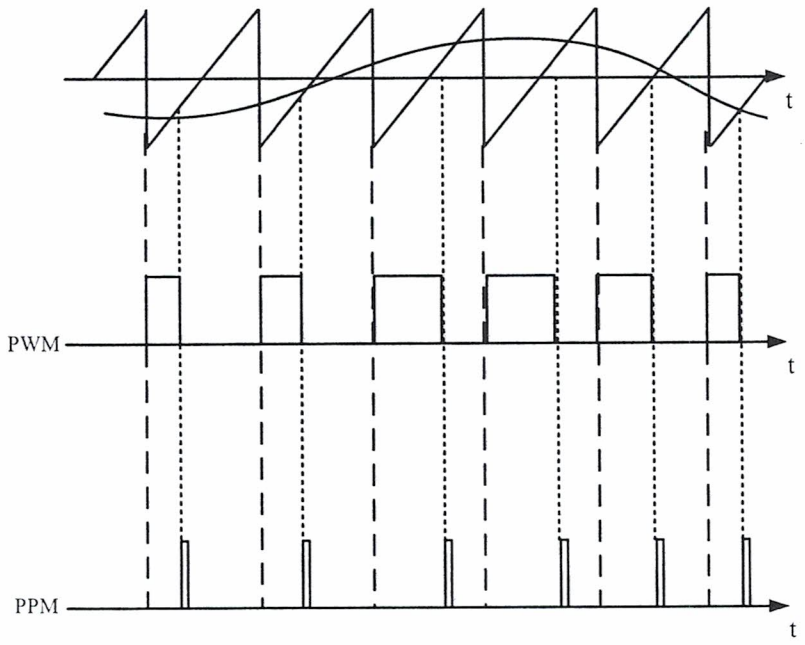
(ข) สัญญาณ PWM ที่ใช้วิธี Uniform sampling

รูปที่ 2.8 สัญญาณ PWM ในแบบต่าง ๆ [4]

จากสัญญาณ PWM ในรูปที่ 2.8 จะเห็นได้ว่าค่าคาบเวลาของ NPWM มีค่าไม่คงที่โดยขึ้นอยู่กับสัญญาณอินพุตที่เข้ามา แต่ในส่วนของ UPWM นั้นคาบเวลาจะมีค่าคงที่แต่จากสัญญาณทั้งสองแบบสามารถพิจารณาได้ว่า กรณีที่ความถี่ของสัญญาณพาห์คือสัญญาณสามเหลี่ยมที่นำมาเปรียบเทียบนั้นมีค่าสูงกว่าความถี่ของสัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณข่าวสารมาก (มากกว่า 10 เท่า) ก็จะพบว่าสัญญาณ PWM มีค่าคาบเวลาคงที่ได้

ส่วนสัญญาณสามเหลี่ยมที่ใช้เป็นคลื่นพาห์นั้นมีอยู่ 2 แบบคือ สัญญาณสามเหลี่ยมแบบฟันเลื่อยและสัญญาณสามเหลี่ยมธรรมดา สัญญาณ PWM ที่ได้จากการเปรียบเทียบกับสัญญาณสามเหลี่ยมแบบฟันเลื่อยจะมีลักษณะเป็นสัญญาณ PWM แบบ Single side ส่วนสัญญาณ PWM ที่เปรียบเทียบกับสัญญาณสามเหลี่ยมธรรมดาจะเป็นสัญญาณ PWM แบบ Double side

2.3.7 การมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์ (Pulse Position Modulation, PPM)

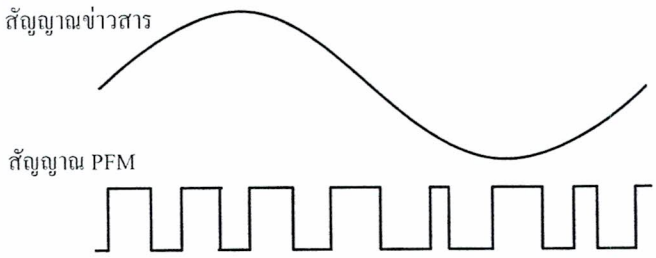


รูปที่ 2.9 การสร้างสัญญาณ PPM จาก PWM [9]

การมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์ เป็นการมอดูเลตเชิงพัลส์วิธีหนึ่งที่ขนาดของสัญญาณพัลส์เอาต์พุตคงที่ อีกทั้งความกว้างพัลส์ของสัญญาณ PPM ยังมีค่าคงที่อีกด้วย เช่นเดียวกันกับการมอดูเลตแบบ PWM ในกระบวนการมอดูเลตแบบ PPM นี้ สัญญาณข่าวสารจะทำให้สัญญาณพัลส์เอาต์พุตเกิดการหน่วง (Delay) ด้วยระยะเวลาที่ไม่เท่ากัน ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณข่าวสารอินพุต ดังรูปที่ 2.9 ซึ่งจะเห็นว่า เมื่อเทียบกับอ้างอิง (Reference) แล้วในขณะที่สัญญาณข่าวสารมีค่ามาก หรือเป็น ค่าบวก สัญญาณพัลส์ PPM จะเกิดก่อนสัญญาณอ้างอิง และถ้าสัญญาณข่าวสารมีค่าน้อยหรือมีค่าลบ สัญญาณพัลส์ PPM จะเกิดหลังสัญญาณอ้างอิง หรือสัญญาณ PPM นี้อาจจะเกิดจากการสลับกันก็ได้ กล่าวคือ ถ้าสัญญาณข่าวสารมีค่ามากสัญญาณพัลส์ PPM จะเกิดหลังอ้างอิงมากแต่ ถ้าสัญญาณข่าวสารมีค่าน้อย สัญญาณพัลส์ PPM ก็จะเกิดการเลื่อนหรือหน่วงเวลาไปเล็กน้อย

2.3.8 การมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์ (Pulse Frequency Modulation, PFM)

ระบบการมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์นี้ สัญญาณข่าวสารจะถูกมอดูเลตเชิงความถี่กับสัญญาณพัลส์ ซึ่งคล้ายกันกับระบบการมอดูเลตสัญญาณ FM ที่สัญญาณข่าวสารถูกมอดูเลตกับสัญญาณซายน์



รูปที่ 2.10 สัญญาณ PFM [1]

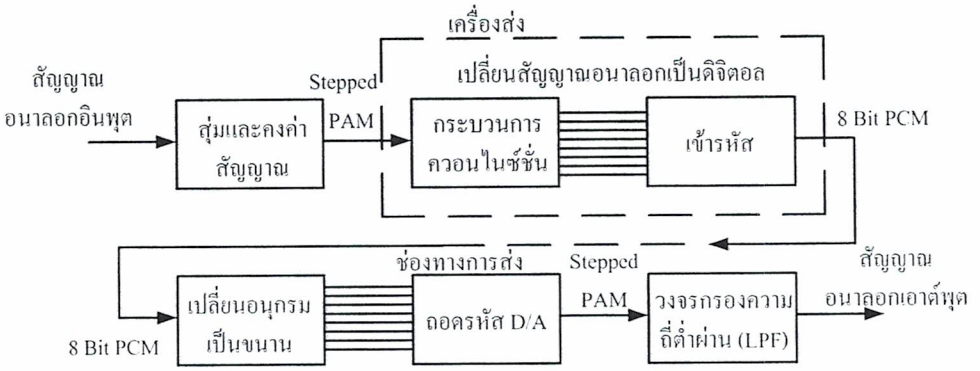
สัญญาณ PFM เป็นสัญญาณที่มีสเปคตรัมเหมือนกับสัญญาณ FM คือ มีส่วนประกอบความถี่เป็นอนันต์ซึ่งต้องใช้ฟังก์ชันของ Bessel ในการวิเคราะห์หาค่าขนาดที่แต่ละส่วนประกอบความถี่ เช่นเดียวกัน

การดีมอดูเลตสัญญาณข่าวสารที่ถูกมอดูเลตแบบ PFM ออกจากสัญญาณ PFM สามารถทำได้โดยการใช้วงจรตรวจจับเฟส (Phase detector) วงจรกรองความถี่ต่ำและ วงจร VCO ดังนั้นเมื่อวงจรกรองความถี่ต่ำกรองสัญญาณเอาต์พุต ออกมาสัญญาณที่ได้ก็จะเป็นสัญญาณที่เกิดจากผลต่างของความถี่ระหว่างสัญญาณ PFM และสัญญาณเอาต์พุตของวงจร VCO ซึ่งเป็น

สัญญาณข่าวสารนั่นเอง

2.3.9 การมอดูเลตเชิงรหัสพัลส์ (Pulse Code Modulation, PCM)

การมอดูเลตแบบ PCM หมายถึง กระบวนการหนึ่งของการมอดูเลต ที่สัญญาณข่าวสารจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณพัลส์และจากนั้นจะถูกเข้ารหัส (Coding) โดยด้านส่งจะส่งสัญญาณนั้นออกไปยังด้านรับ จากนั้นด้านรับจะทำหน้าที่ถอดรหัส (Decoding) สัญญาณออกมาแล้วเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณข่าวสารอย่างถูกต้องต่อไป



รูปที่ 2.11 ระบบรับ-ส่งสัญญาณ PCM [3]

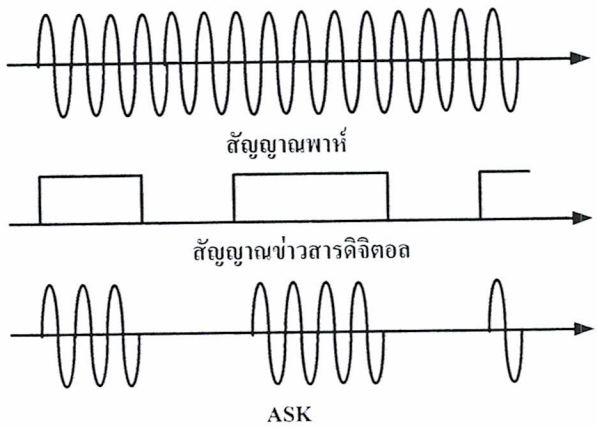
จากรูปที่ 2.11 เป็นระบบรับ-ส่ง PCM ซึ่งสัญญาณข่าวสารที่เป็นสัญญาณอนาลอกจะถูกสุ่ม โดยสัญญาณที่ได้คือสัญญาณ PAM หลังจากนั้นสัญญาณ PAM นี้จะถูกนำมาป้อนให้กับวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนขนาดสัญญาณที่เป็นความสูงของสัญญาณ PAM ในแต่ละช่วงเวลาที่สุ่มให้เป็นจำนวนเลขฐานสองโดยการใช้การเข้ารหัสแล้วเปลี่ยนสัญญาณเลขฐานสองนั้นให้เป็นสัญญาณ PCM

ทางด้านเครื่องรับเมื่อได้รับสัญญาณ PCM แล้วก็จะทำการเปลี่ยนสัญญาณ PCM ซึ่งเป็นสัญญาณอนุกรมให้กลับเป็นเช่นเดิมแล้วผ่านไปเข้าที่วงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอกซึ่งจะทำได้สัญญาณ PAM กลับคืนมา ดังนั้นเมื่อนำสัญญาณ PAM ไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำก็จะได้สัญญาณข่าวสารที่เป็นสัญญาณอนาลอกกลับคืนมา กระบวนของการควอนไตเซชั่น (Quantization) หมายถึง กระบวนการกำหนดปริมาณเลขฐานสองให้สอดคล้องกับขนาดความสูงของสัญญาณ

2.3.10 การมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด (Amplitude Shift Keying, ASK)

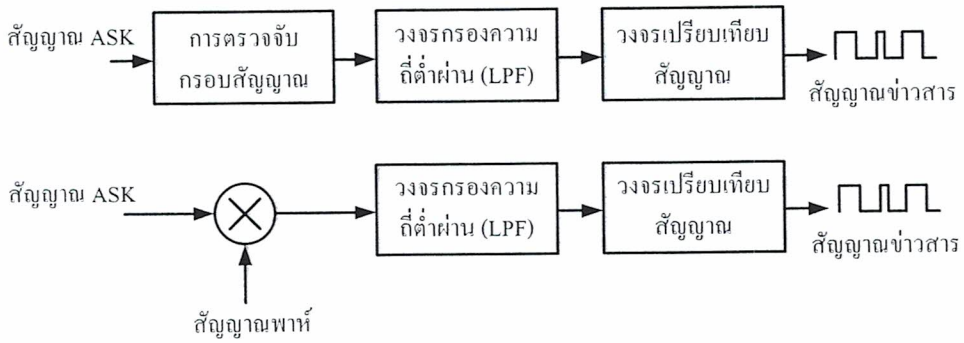
ในระบบสื่อสารแบบดิจิตอล สัญญาณข่าวสารมักจะเป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีระดับ "0" และ "1" เท่านั้นเมื่อนำสัญญาณข่าวสารนี้มามอดูเลตกับสัญญาณพาห์ซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอกจะเรียกระบบมอดูเลตแบบนี้ว่า การมอดูเลตแบบดิจิตอล โดยถ้านำสัญญาณ ข่าวสารดิจิตอลนั้นมา

มอดูเลตเชิงขนาด จะเรียกสัญญาณที่มอดูเลตได้ว่าสัญญาณ ASK แต่ถ้านำสัญญาณข่าวสารดิจิตอลมามอดูเลตเชิงความถี่ จะเรียกสัญญาณที่มอดูเลตได้ว่าสัญญาณ FSK แต่ถ้านำสัญญาณข่าวสารดิจิตอลนั้น มอดูเลตเชิงเฟสกับสัญญาณพาห์เรียกสัญญาณที่ได้ว่า สัญญาณ PSK การใช้งานระบบ Shift Keying มีการนิยมนำไปใช้กับระบบโทรศัพท์โมเด็มการสื่อสารวิทยุในระบบไมโครเวฟหรือดาวเทียมเป็นต้น จะเห็นว่าเป็นการนำไปใช้ในระบบสื่อสารสมัยใหม่แทบทั้งสิ้น



รูปที่ 2.12 หลักการกำเนิดสัญญาณ ASK [1]

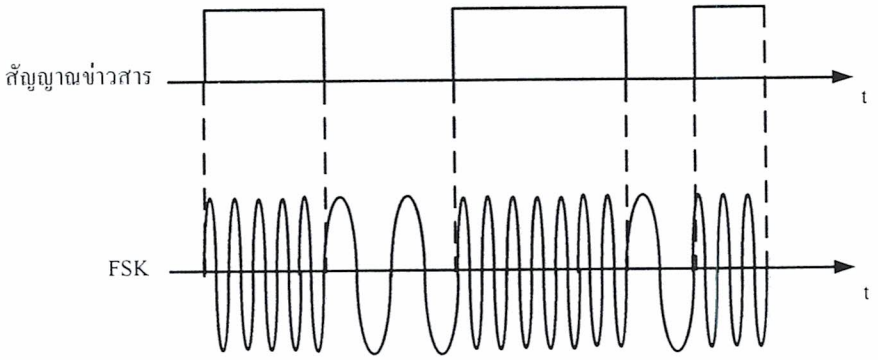
การมอดูเลตแบบนี้ในบางครั้งจะเรียกว่า การมอดูเลตแบบ On-Off Keying (OOK) เนื่องจากขนาดของสัญญาณข่าวสารดิจิตอลมีเพียง 2 ระดับ ทำให้เมื่อนำไปมอดูเลตเชิงขนาดแล้วสัญญาณ ASK ที่ได้จึงมีเพียงช่วงเกิดสัญญาณ (On) และช่วงไม่เกิดสัญญาณ (Off) ซึ่งขึ้นอยู่กับสัญญาณข่าวสาร



รูปที่ 2.13 บล็อกไดอะแกรมการดีมอดูเลตสัญญาณ ASK [3]

สัญญาณ ASK สามารถดีมอดูเลตเพื่อนำสัญญาณข่าวสารกลับคืนมาได้โดยมีหลักการเดียวกับสัญญาณ AM คือ สามารถใช้วงจรตรวจจับกรอบสัญญาณ (Envelope detector) หรือวงจรตรวจจับแบบ โคเฮอร์เรนต์ (Coherent detector) ก็ได้แต่จะมีการเพิ่มวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator) เข้าไปที่ภาคเอาต์พุตของการดีมอดูเลตสัญญาณ ASK ทั้งนี้ก็เพื่อให้ได้สัญญาณข่าวสารกลับคือมาเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลอย่างสมบูรณ์นั่นเอง ดังแสดงในรูปที่ 2.13

2.3.11 การมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่ (Frequency Shift Keying, FSK)



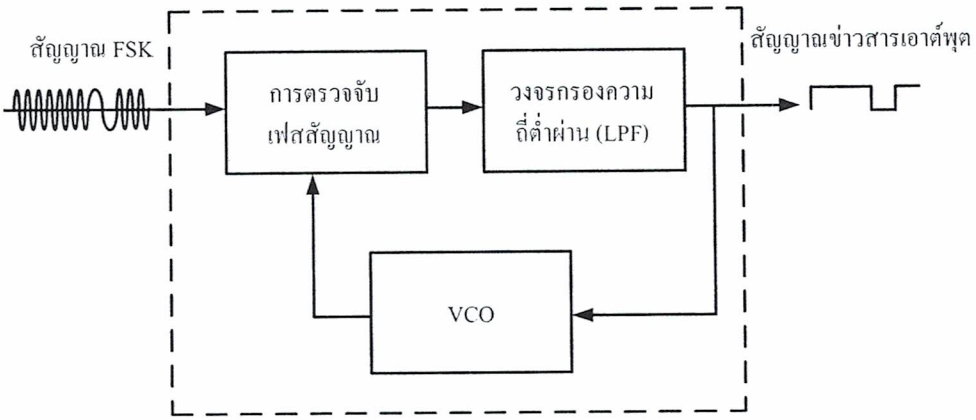
รูปที่ 2.14 การกำเนิดสัญญาณ FSK [8]

เนื่องจากระบบการมอดูเลตแบบ ASK มีความไวต่อสัญญาณรบกวนมาก เนื่องจากสัญญาณ ASK เป็นสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดขึ้นอยู่กับสัญญาณข่าวสาร เช่นเดียวกับสัญญาณ AM ในระบบสื่อสารแบบอนาลอก จึงทำให้สัญญาณ ASK มีสัญญาณรบกวนมาปะปนได้ง่ายและไม่สามารถจำกัดระดับสัญญาณโดยใช้ภาคจำกัดระดับสัญญาณ (Limiter) เช่นเดียวกับระบบ FM ได้ ดังนั้นจึงมีการปรับปรุงระบบมอดูเลต ASK เป็นการนำสัญญาณข่าวสารดิจิตอลไปเปลี่ยนแปลงความถี่ของ สัญญาณพาห์ ซึ่งมีหลักการเดียวกับระบบ FM เพื่อทำให้ระบบมอดูเลตนี้สามารถใช้ภาคจำกัดระดับสัญญาณได้ ระบบมอดูเลตแบบนี้เรียกว่า ระบบมอดูเลตแบบ FSK ซึ่งลักษณะของรูปคลื่นดังรูปที่ 2.14 จะเห็นว่าเมื่อแทนสัญญาณอินพุตด้วยสัญญาณพัลส์ จะเห็นว่าสัญญาณที่ออกเอาต์พุตในช่วงที่เป็นบวกสัญญาณ FSK จะถี่ ส่วนช่วงลบสัญญาณ FSK จะกว้าง

สัญญาณข่าวสารดิจิตอลที่ถูกมอดูเลตแบบ FSK สามารถกู้คืนออกมาจากสัญญาณ FSK ได้หลายวิธี แต่สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ

1) การตรวจจับสัญญาณ FSK แบบนอนโคเฮอร์เรนต์ (Non-coherent detection) หมายถึง การตรวจจับหรือดีมอดูเลตสัญญาณ โดยที่ไม่จำเป็นต้องสร้างสัญญาณพาห์ขึ้นมาก่อน

2) การตรวจจับสัญญาณ FSK แบบโคเฮอร์เรนต์ (Coherent detection) หมายถึง การตรวจจับ สัญญาณที่จำเป็นต้องสร้างสัญญาณพาห์ขึ้นมาที่ด้านเครื่องรับก่อน



รูปที่ 2.15 บล็อกไดอะแกรมการดีมอดูเลตแบบ FSK [3]

จากรูปที่ 2.15 เป็นการตรวจจับสัญญาณ FSK โดยใช้ PLL ซึ่งมีลักษณะเดียวกับการตรวจจับหรือดีมอดูเลตสัญญาณ FM ในระบบสื่อสารแบบอนาลอก ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการทดลองดีมอดูเลตสัญญาณ FSK ในบทนี้ และสำหรับกรณีที่ใช้ไอซี PLL เบอร์ LM565 ใน Data sheet มีการแนะนำการต่อไอซีเพื่อใช้ในการดีมอดูเลตสัญญาณ FSK

ข้อดีของระบบมอดูเลตแบบ FSK

1) สัญญาณ FSK เป็นสัญญาณที่มีกรอบ (Envelope) ของสัญญาณคงที่ ดังนั้นจึงไม่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงต่อขนาดหรืออัตราขยายของสัญญาณข่าวสาร

2) การตรวจจับสัญญาณ FSK สามารถอาศัยหลักการการเปลี่ยนแปลงความถี่ระหว่างสถานะ 2 สถานะ ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ความแม่นยำหรือเที่ยงตรงของความถี่มาก

การประยุกต์ใช้งานระบบ FSK

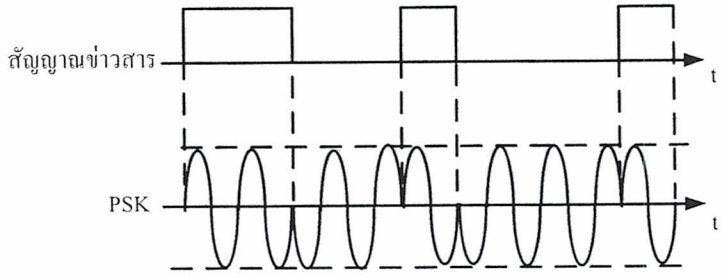
ในปัจจุบันระบบมอดูเลตแบบ FSK ได้มีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายโดยสามารถแบ่งการนำไปใช้งานได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1) นำไปใช้งานย่านความถี่เสียง เพื่อมัลติเพล็กซ์บนช่องสัญญาณสื่อสารของระบบโทรศัพท์ 4 kHz

2) การนำไปใช้ในงานด้านย่านความถี่สูง ตั้งแต่ย่าน HF (High frequency) หรือ VHF (Very High Frequency) สำหรับระบบส่งวิทยุโทรเลข (Radio teletype)

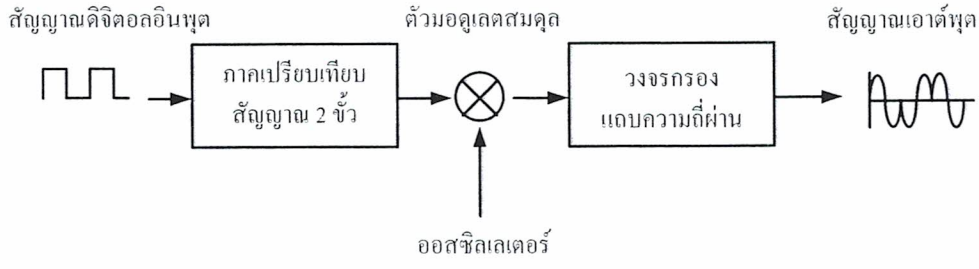
2.3.12 การมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส (Phase Shift Keying, PSK)

ระบบมอดูเลตแบบ PSK ถือได้ว่ามีข้อดีกว่าทั้งระบบมอดูเลตแบบ ASK และ FSK เนื่องจากสัญญาณ PSK เป็นสัญญาณที่มีแอมปลิจูดและความถี่คงที่ อีกทั้งมีแบนด์วิธเท่ากับสัญญาณ ASK และยังทนต่อสัญญาณรบกวนได้ดีกว่าสัญญาณ FSK ซึ่งสัญญาณ PSK นี้เป็นสัญญาณที่มีเฟสขึ้นอยู่กับขั้วของสัญญาณข่าวสารดิจิตอลที่ส่วนใหญ่แล้วเป็นสัญญาณที่มี 2 ขั้ว (Bipolar baseband) ดังแสดงในรูปที่ 2.16

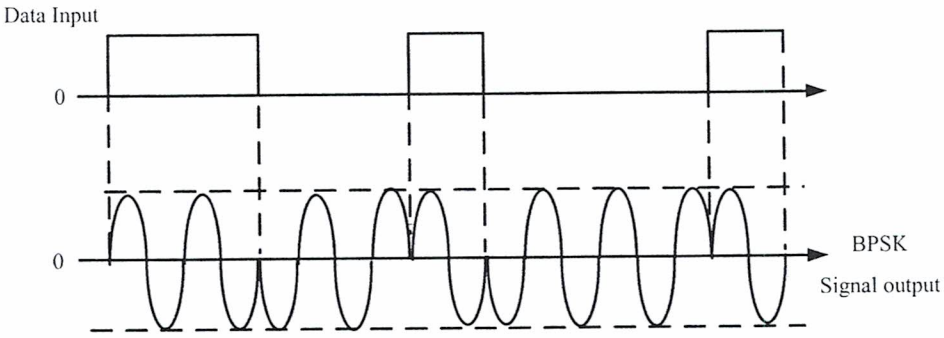


รูปที่ 2.16 ลักษณะสัญญาณ PSK [10]

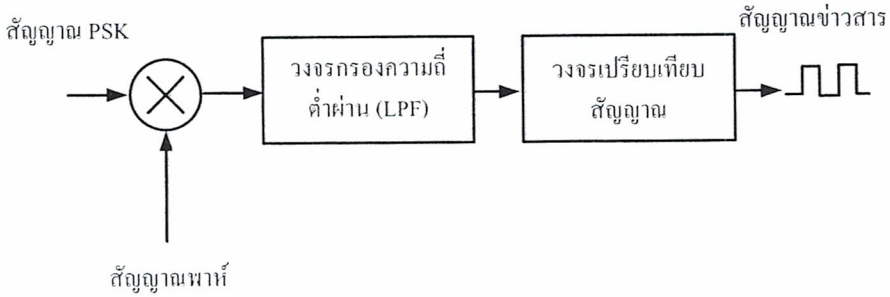
สัญญาณ BPSK สร้างได้จากการเปลี่ยนสัญญาณข่าวสารดิจิตอลที่มีขั้วเดียว (Unipolar binary input) ให้เป็นสัญญาณที่มี 2 ขั้วก่อน โดยการใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดัน จากนั้นจะนำสัญญาณที่ได้มามอดูเลตกับสัญญาณพาห์โดยผ่านวงจรคูณสัญญาณ ซึ่งเมื่อสัญญาณที่ผ่านการคูณแล้วไปเข้าวงจรกรองแถบความถี่ผ่านก็จะทำให้ได้สัญญาณ BPSK ออกมา ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.17 บล็อกไดอะแกรมการมอดูเลตสัญญาณ PSK [3]



รูปที่ 2.18 สัญญาณ BPSK ที่ได้จากการมอดูเลต [4]



รูปที่ 2.19 การดีมอดูเลตสัญญาณ BPSK [1]

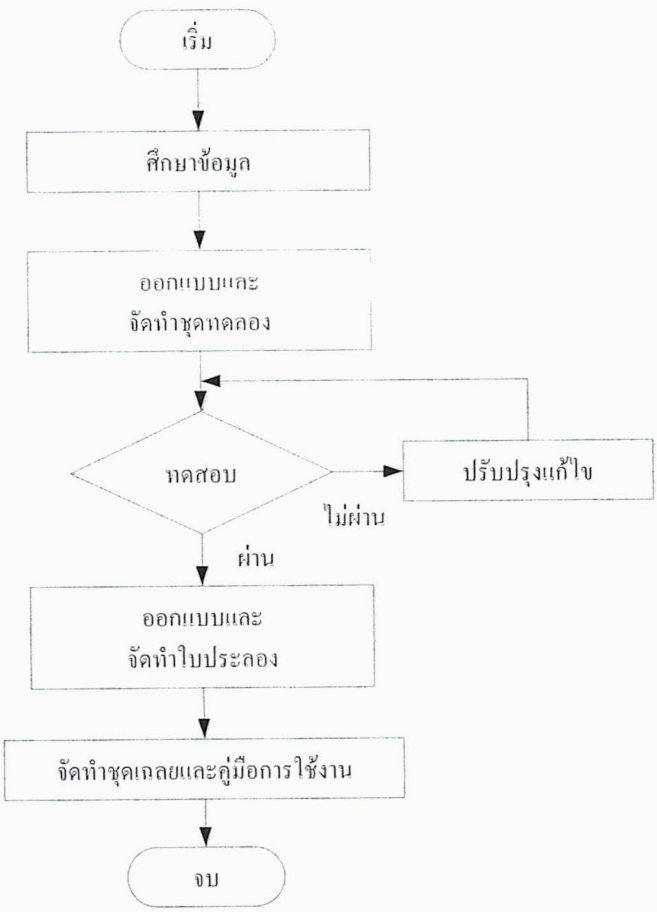
สัญญาณ PSK สามารถทำการดีมอดูเลตเพื่อนำเอาสัญญาณข่าวสารกลับคืนมาได้ โดยผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน และวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 2.19

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในการสร้างชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนในภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติในรายวิชา พื้นฐานระบบสื่อสาร (04-230-101) หลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-ราชมงคลศรีวิชัย ได้มีการวางแผนกำหนดขั้นตอน และวิธีดำเนินงาน ดังนี้

3.1 แผนการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานได้จัดทำรูปแบบในการทำงาน โดยการทำงานในแต่ละบล็อก (Block) จะแสดงผลตามขั้นตอนการทำงานดังที่ได้แสดงไว้ในผังงาน ดังรูปที่ 3.1

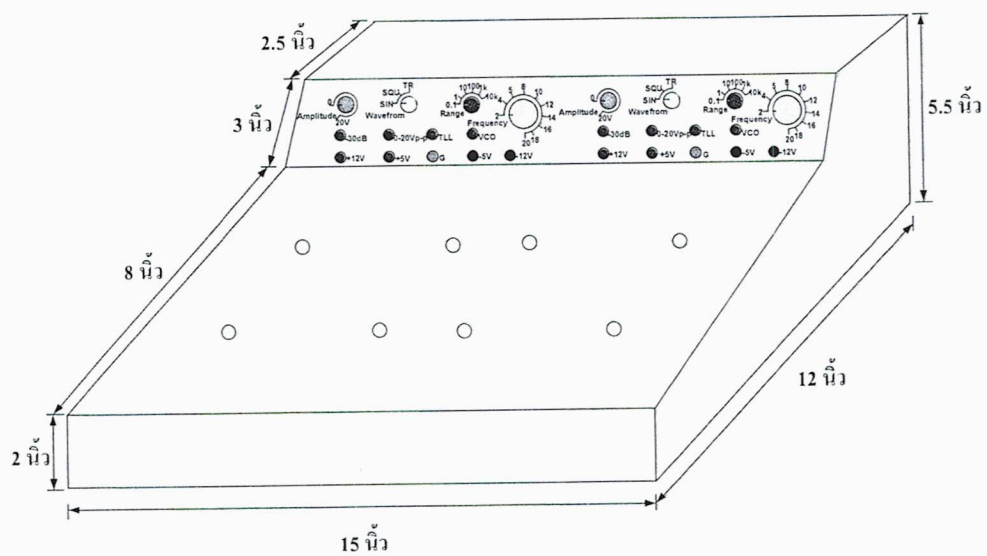


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

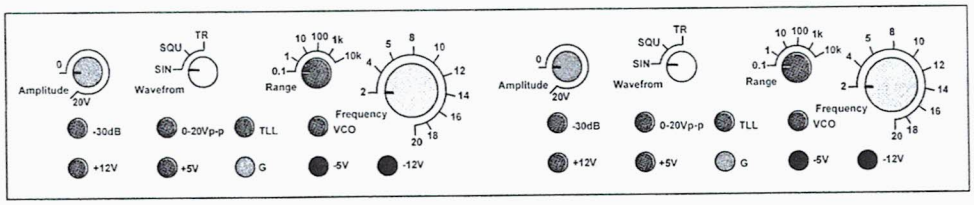
3.2 การออกแบบชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล

3.2.1 การออกแบบกล่องชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล

ในการออกแบบกล่องชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล เพื่อนำไปใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการ ในปัจจุบันนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะถ้าหากขนาดของกล่องที่ใช้ในการทดลองมีขนาดที่ใหญ่จนเกินไปจะทำให้ไม่สะดวกต่อการใช้งาน หรือพกพาไปในที่ต่าง ๆ หรือถ้าหากขนาดของกล่องชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอลมีขาดเล็กจนเกินไปจะทำให้ยากต่อการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์แหล่งกำเนิดความถี่ แหล่งจ่ายไฟ และตำแหน่งของปุ่มต่าง ๆ ที่อยู่ภายนอกบนตัวกล่องชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล นอกจากนั้นน้ำหนักของตัวกล่องชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอลก็มีผลด้วยเช่นกัน หากกล่องชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอลมีน้ำหนักมากเกินไปจะทำให้ไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย ดังนั้นในการออกแบบกล่องชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอลเพื่อนำไปใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการ จึงต้องพิจารณาเลือกขนาดของกล่องชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอลให้มีขนาดที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในกล่อง เช่น แหล่งกำเนิดความถี่ แหล่งจ่ายไฟ เป็นต้น และอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนกล่องชุดทดลอง เช่นปุ่มปรับสัญญาณต่าง ๆ ช่องเสียบแหล่งจ่ายไฟ ขาตั้งบอร์ดทดลอง เป็นต้น ซึ่งการจัดวางของอุปกรณ์ ต่าง ๆ ควรคำนึงถึงความสะดวกในการใช้งานและความสวยงามประกอบด้วย จากรูปที่ 3.2 เป็นลักษณะโครงสร้างของชุดทดลองที่กำหนดขนาด รูปร่าง และตำแหน่งการวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ของชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล



รูปที่ 3.2 ขนาดโครงสร้างของชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล



รูปที่ 3.3 ปุ่มต่าง ๆ บนหน้าปัทม์ของชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล

3.2.2 การออกแบบชุดแหล่งกำเนิด

1) แหล่งจ่ายไฟ

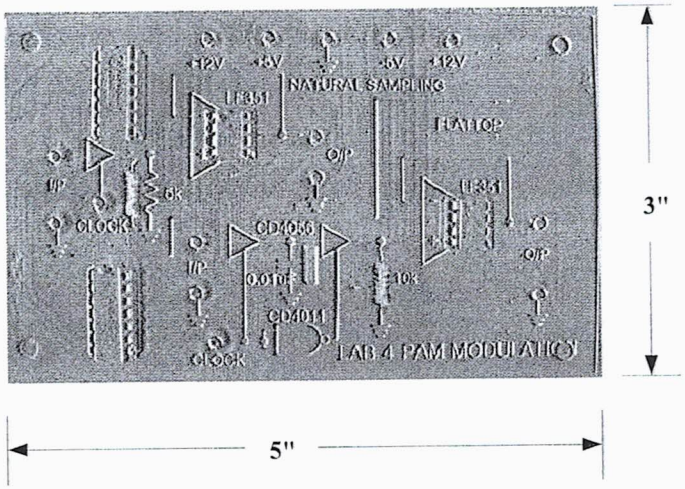
- แหล่งจ่ายไฟ ± 5 โวลต์ 1 ชุด
- แหล่งจ่ายไฟ ± 12 โวลต์ 1 ชุด

2) แหล่งกำเนิดความถี่ 2 ชุด

- ผลิตสัญญาณรูปคลื่นซายน์
- ผลิตสัญญาณรูปสามเหลี่ยม
- ผลิตสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม

3.2.3 การออกแบบบอร์ดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล

เมื่อได้วงจรที่จะใช้ในการทดลองจริงแล้ว จากนั้นจึงนำวงจรทั้งหมดมากำหนดขนาดและออกแบบแผ่นทดลอง ซึ่งในการทดลองทั้ง 12 หัวข้อ ใช้บอร์ดทดลอง 16 แผ่น มีขนาด 7.62 x 12.7 เซนติเมตร หรือ 3 x 5 นิ้ว ดังรูปที่ 3.5

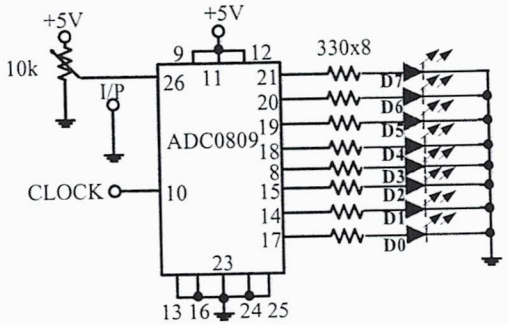


รูปที่ 3.4 ขนาดของบอร์ดทดลอง

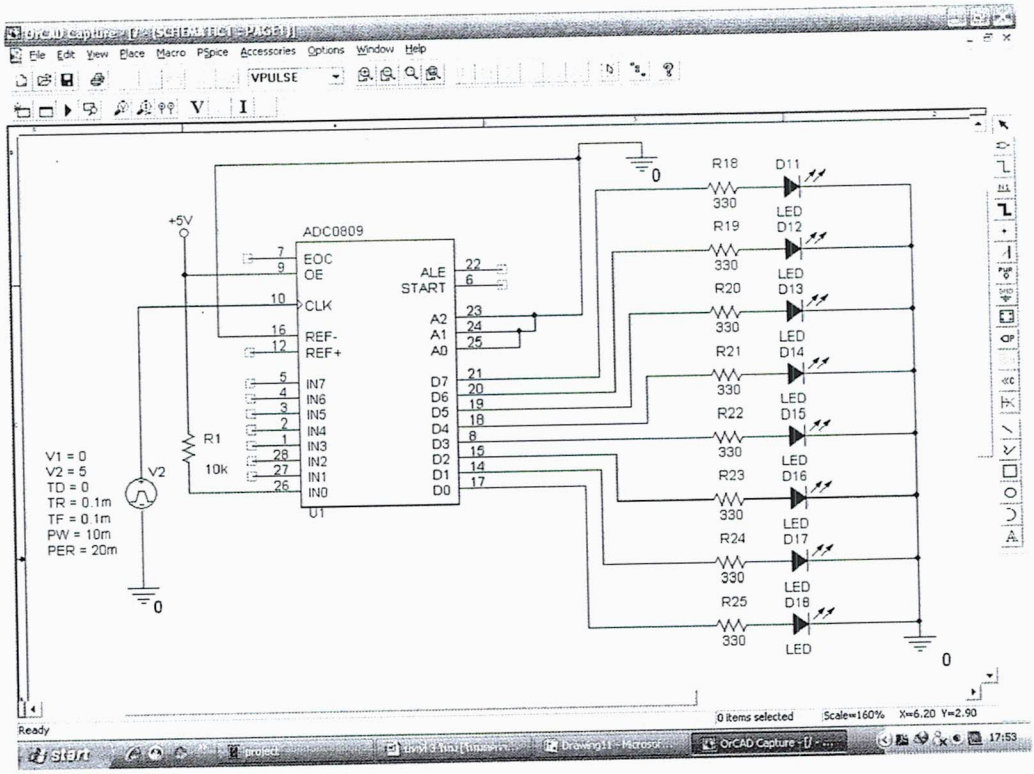
3.3 การออกแบบและทดลอง

การสร้างชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน ก่อนลงมือสร้างจำเป็นต้องมีการตรวจสอบ และทดลองกับอุปกรณ์เหล่านั้นก่อนเพื่อให้รูปสัญญาณออกมาถูกต้องตามทฤษฎี การทดลองมีทั้งหมด 12 หัวข้อดังนี้

3.3.1 การเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล



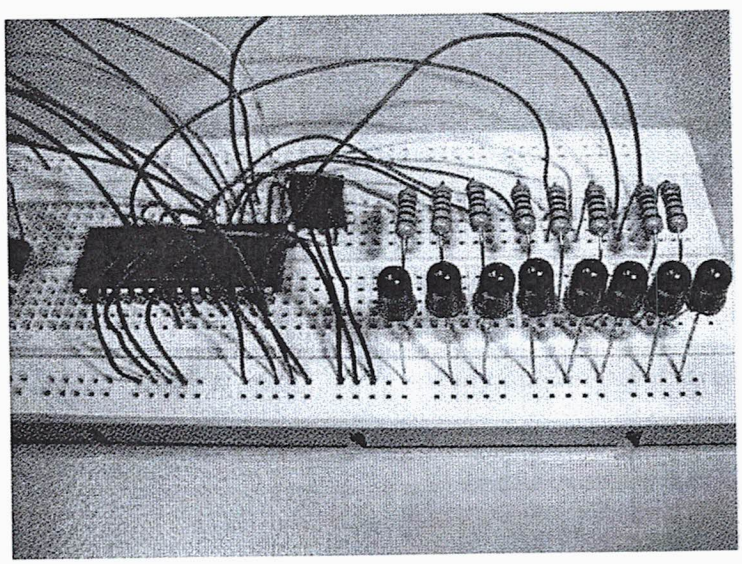
รูปที่ 3.5 วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล



รูปที่ 3.6 การจำลองวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

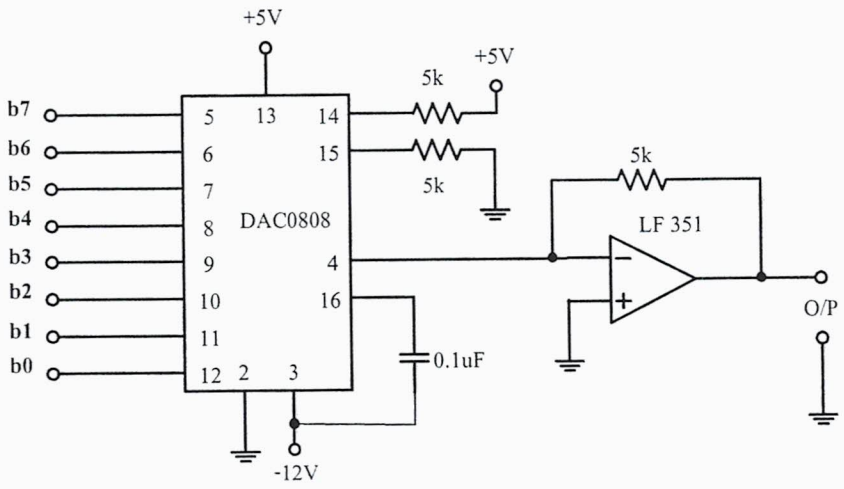
ตารางที่ 3.1 เอาต์พุตของวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ลำดับที่	แรงดันอินพุต (V)	เอาต์พุต							
		b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.019	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0.039	0	0	0	0	0	0	1	0
4	0.058	0	0	0	0	0	0	1	1
5	0.07	0	0	0	0	0	1	0	0
6	0.089	0	0	0	0	0	1	0	1
7	0.109	0	0	0	0	0	1	1	0
8	0.128	0	0	0	0	0	1	1	1
9	0.156	0	0	0	0	1	0	0	0
10	0.175	0	0	0	0	1	0	0	1

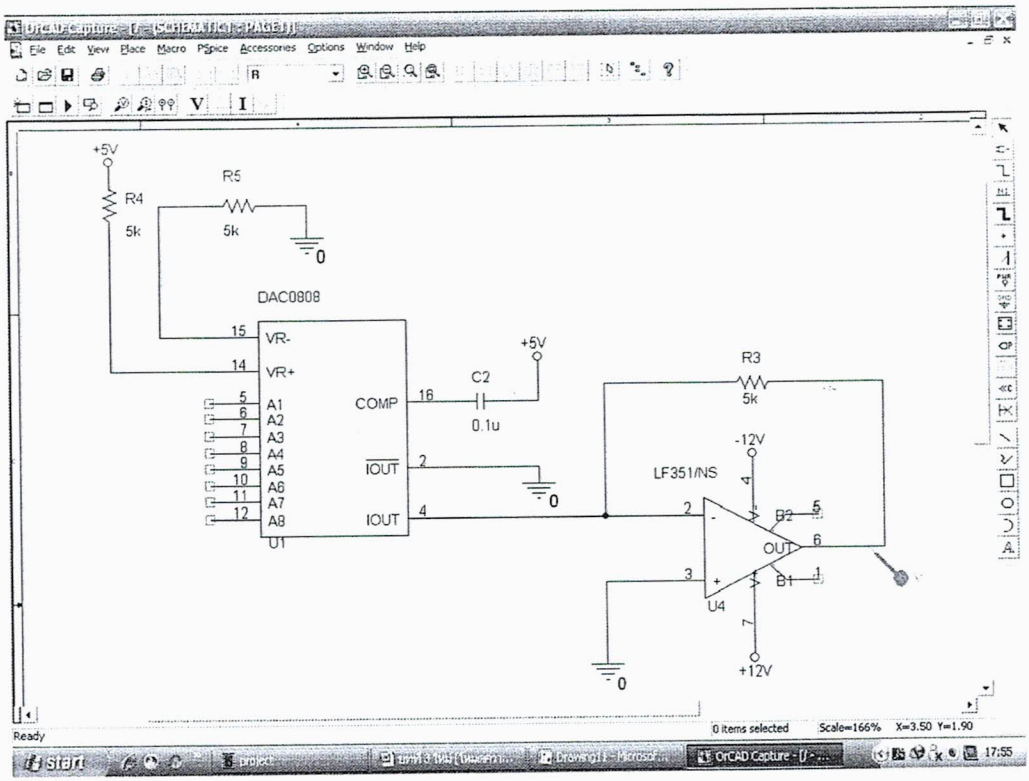


รูปที่ 3.7 การต่อวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

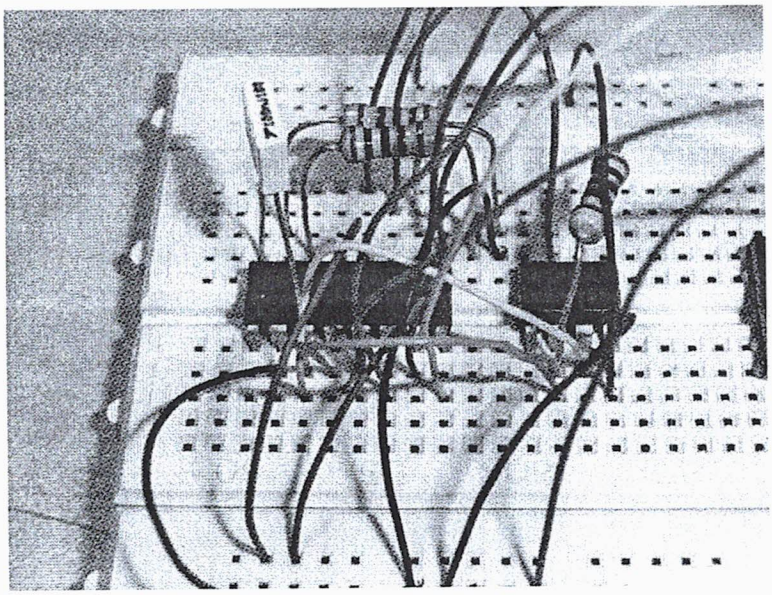
3.3.2 การเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก



รูปที่ 3.8 วงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก



รูปที่ 3.9 การจำลองวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก

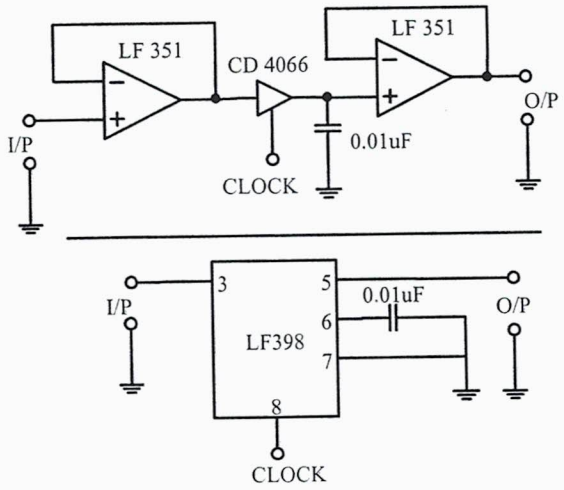


รูปที่ 3.10 การต่อวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก

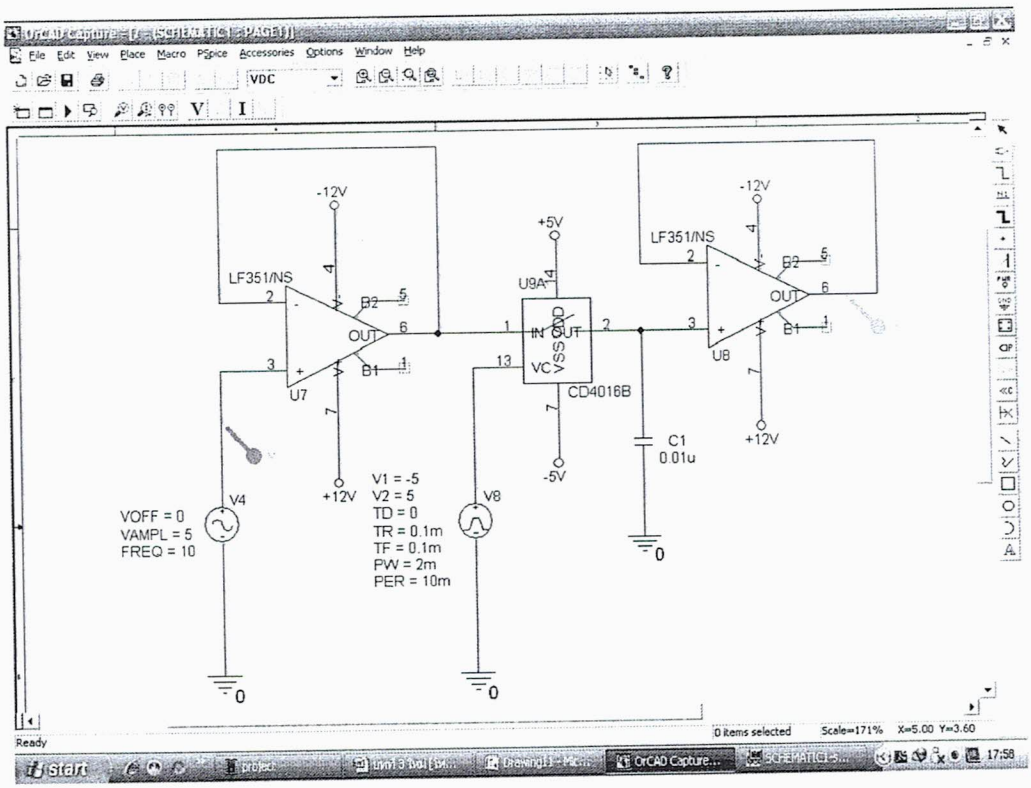
ตารางที่ 3.2 แรงดันเอาต์พุตของวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก

ลำดับที่	สัญญาณอินพุต								V_0
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	1	0.019
3	0	0	0	0	0	0	1	0	0.039
4	0	0	0	0	0	0	1	1	0.058
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0.07
6	0	0	0	0	0	1	0	1	0.089
7	0	0	0	0	0	1	1	0	0.109
8	0	0	0	0	0	1	1	1	0.128
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0.156
10	0	0	0	0	1	0	0	1	0.175

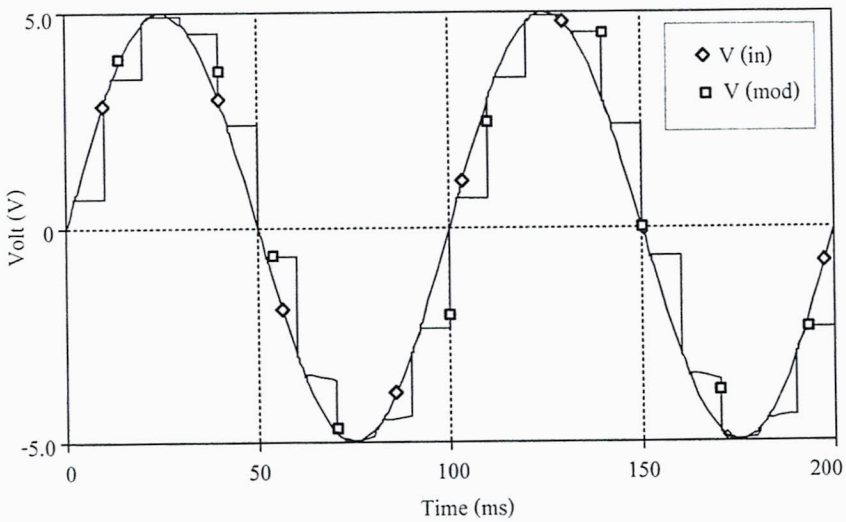
3.3.3 วงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ



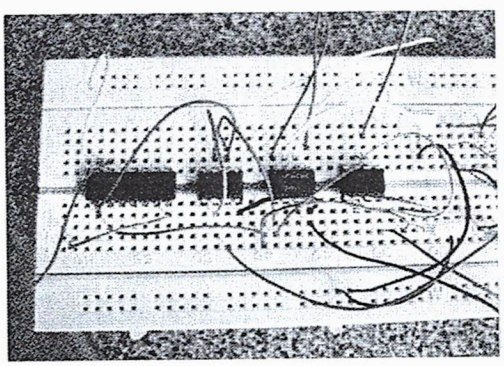
รูปที่ 3.11 วงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ



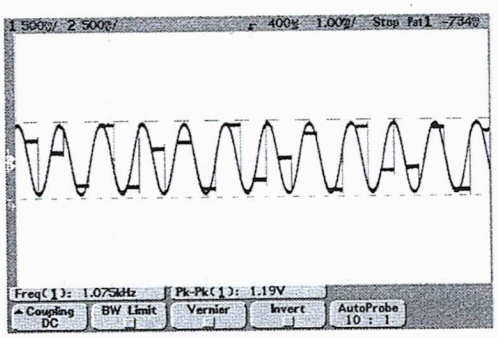
รูปที่ 3.12 การจำลองวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ



รูปที่ 3.13 สัญญาณการจำลองวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ

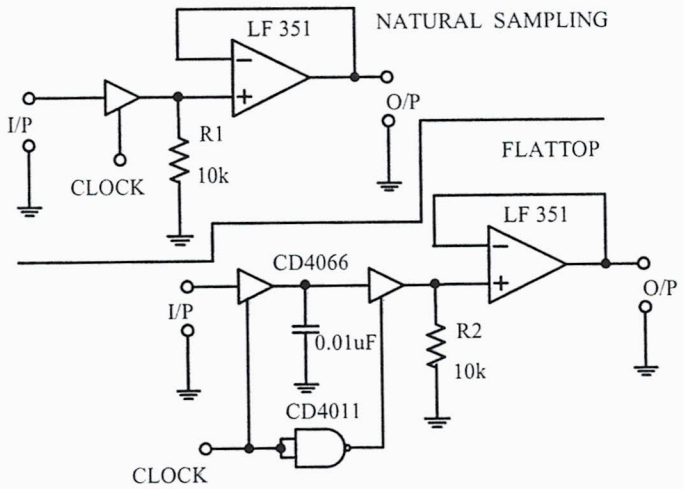


รูปที่ 3.14 การต่อวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ

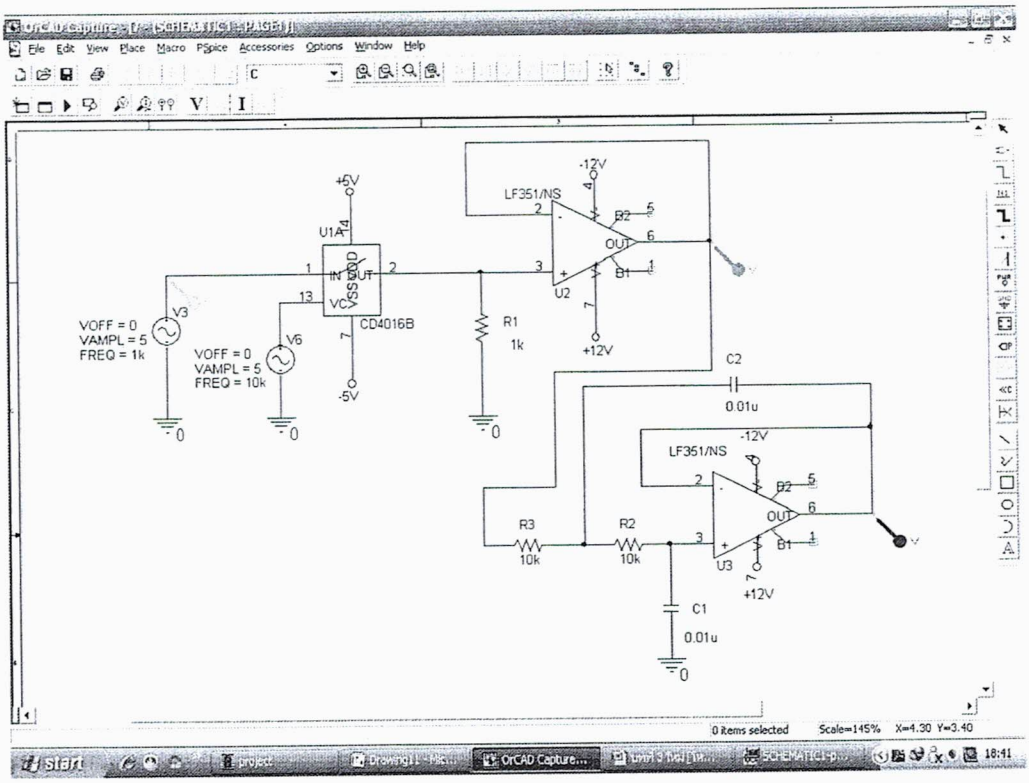


รูปที่ 3.15 สัญญาณวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ

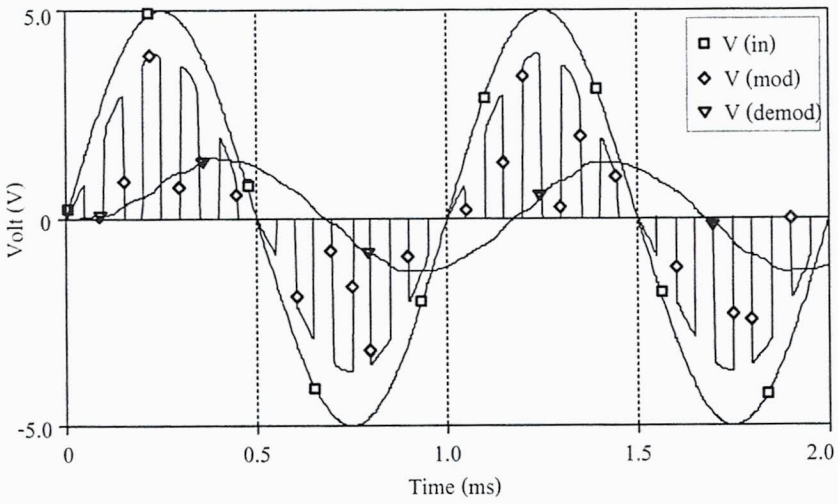
3.3.4 การมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์



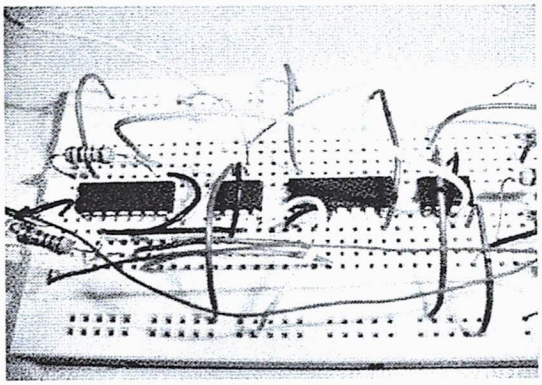
รูปที่ 3.16 วงจรมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์



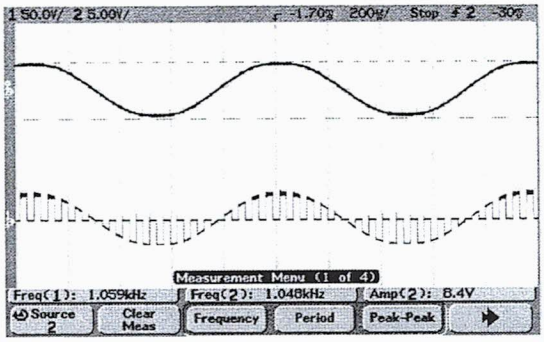
รูปที่ 3.17 การจำลองวงจรมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์



รูปที่ 3.18 สัญญาณการจำลองวงจรมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์

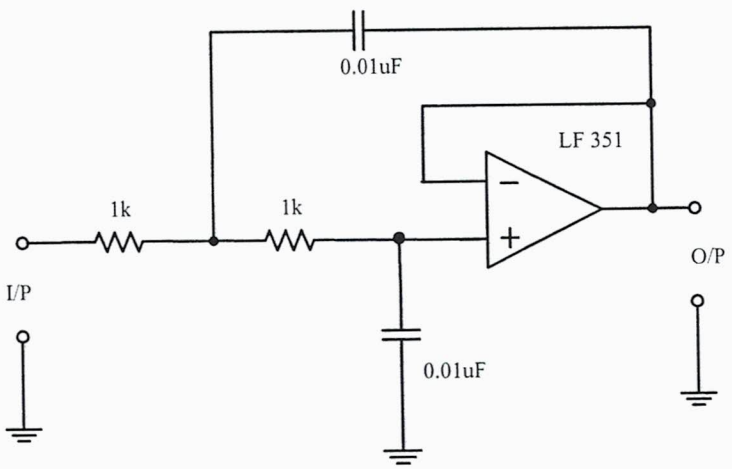


รูปที่ 3.19 การต่อวงจรมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์

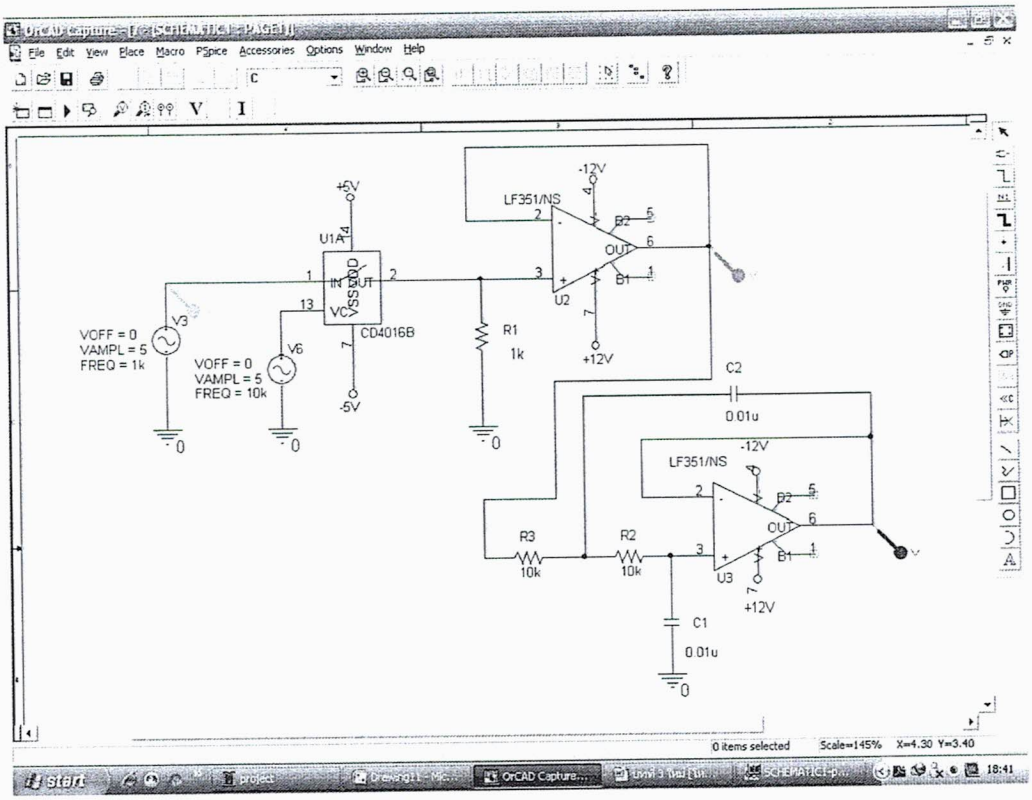


รูปที่ 3.20 สัญญาณวงจรมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์

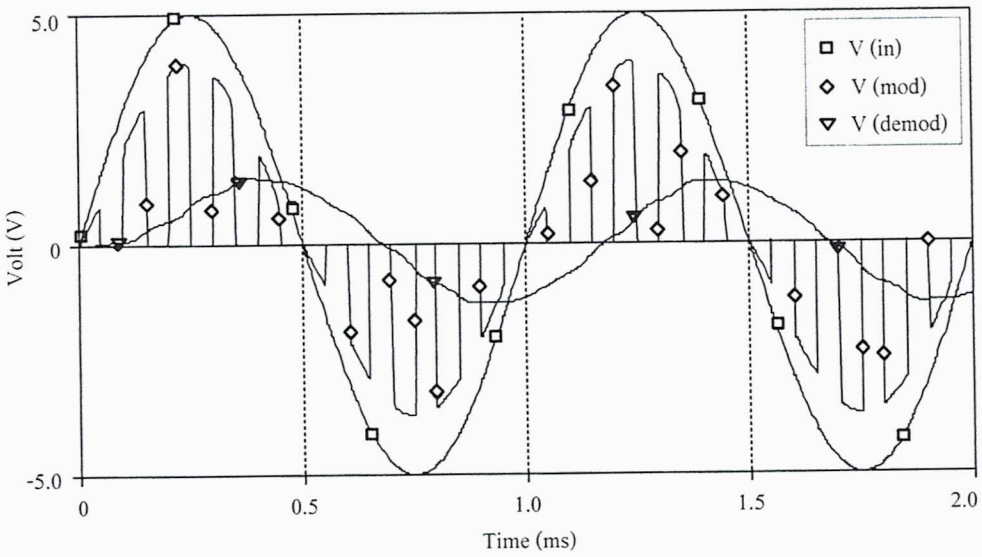
3.3.5 การดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์



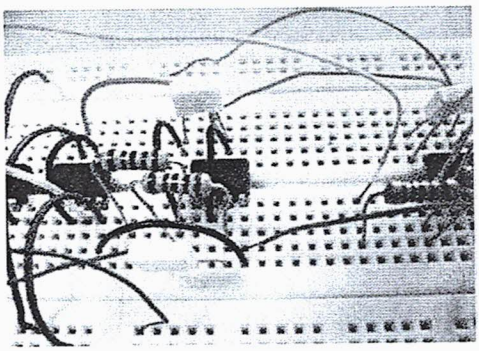
รูปที่ 3.21 วงจรวงจรดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์



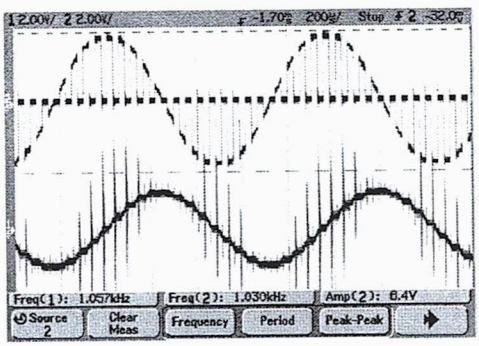
รูปที่ 3.22 การจำลองวงจรดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์



รูปที่ 3.23 สัญญาณการจำลองวงจรดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์

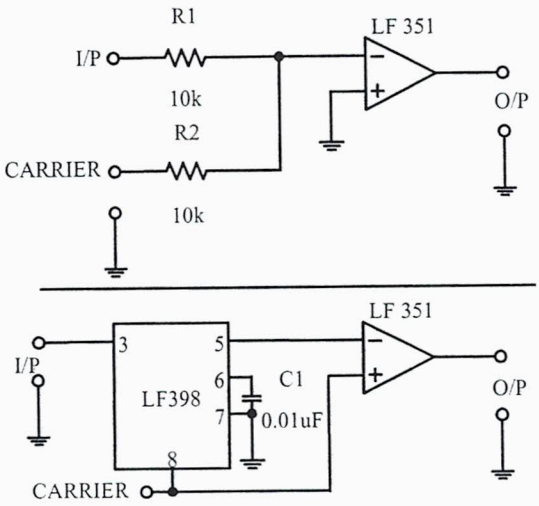


รูปที่ 3.24 การต่อวงจรดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์

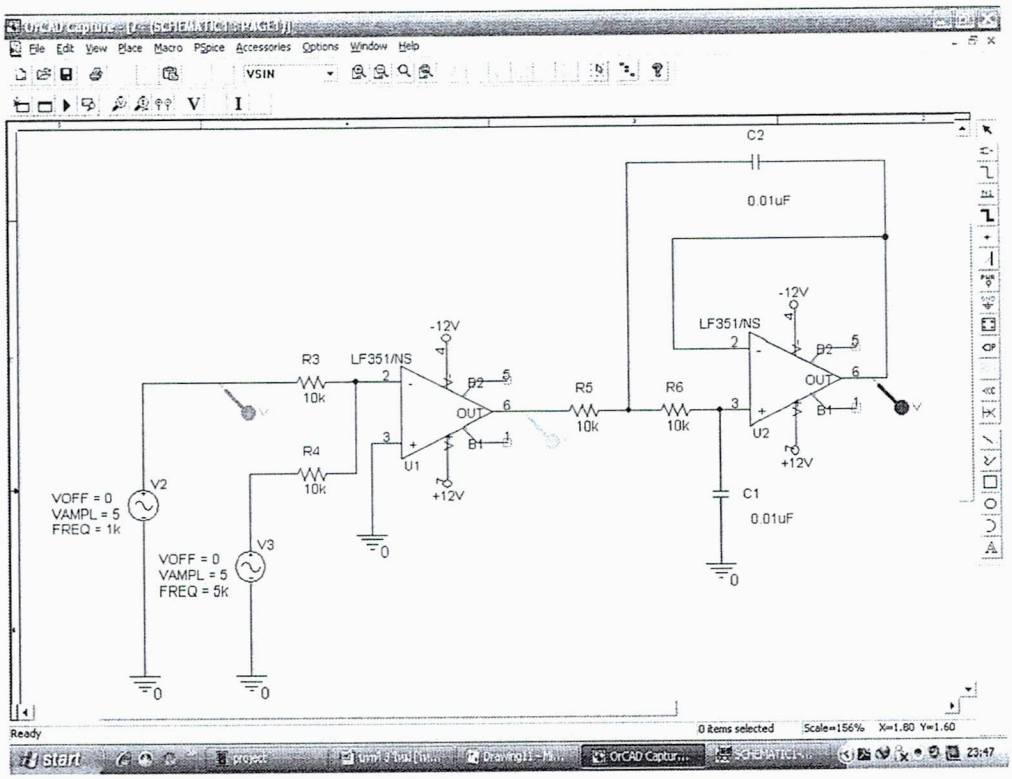


รูปที่ 3.25 สัญญาณวงจรดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์

3.3.6 การมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์



รูปที่ 3.26 วงจรมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์

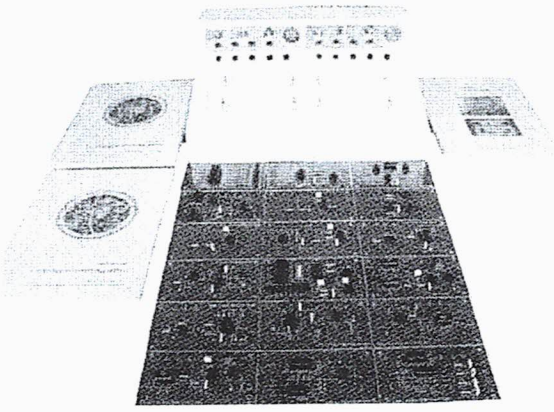


รูปที่ 3.27 การจำลองวงจรมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

ผลที่ได้จากการสร้างชุดทดลองระบบสื่อสารแบบดิจิตอล สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชา พื้นฐานการสื่อสาร รหัสวิชา 04-230-101 ทำให้ได้ส่วนประกอบของโครงงานดังนี้

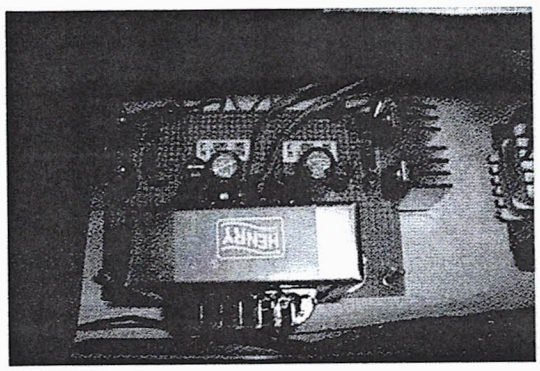
4.1 ผลของโครงงาน



รูปที่ 4.1 ชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล

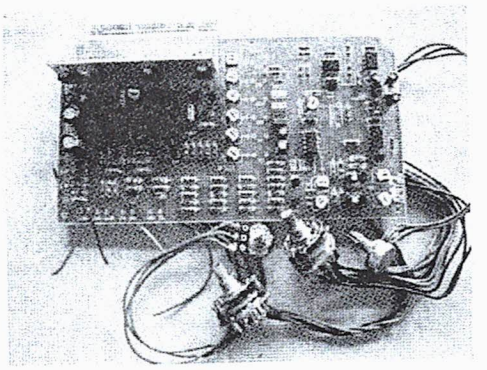
4.1.1 ชุดแหล่งกำเนิด

1) แหล่งจ่ายไฟ ± 5 โวลต์ 1 ชุดและแหล่งจ่ายไฟ ± 12 โวลต์ 1 ชุด



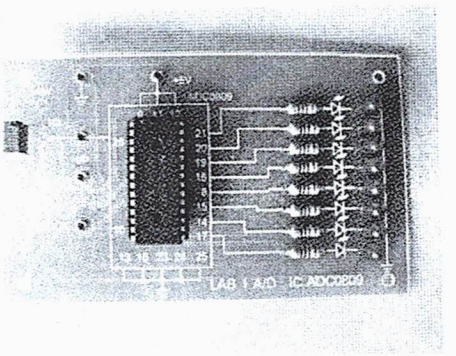
รูปที่ 4.2 แหล่งจ่ายไฟ ±5 โวลต์ และ ±12 โวลต์

2) แหล่งกำเนิดความถี่ 2 ชุด

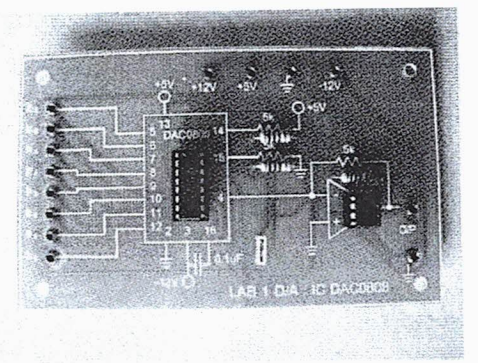


รูปที่ 4.3 วงจรกำเนิดสัญญาณ

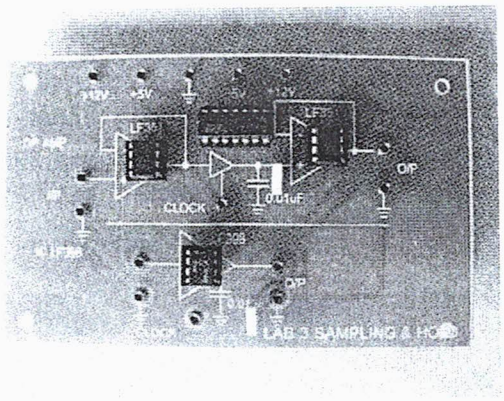
4.1.2 บอร์ดทดลองตามหัวข้อใบประลอง



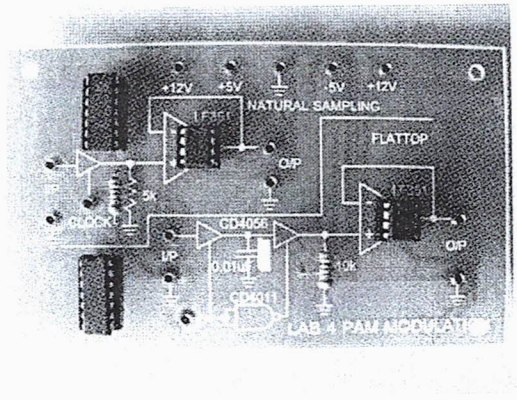
รูปที่ 4.4 บอร์ดทดลองการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล



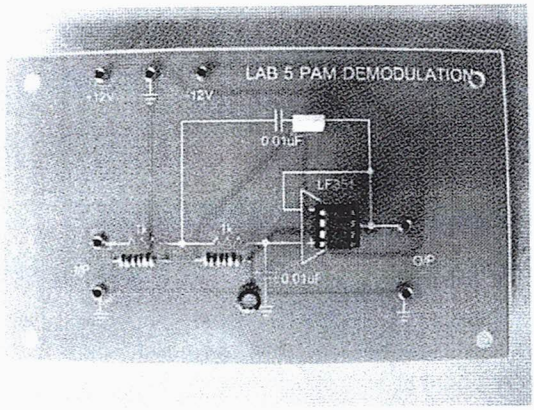
รูปที่ 4.5 บอร์ดทดลองการเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก



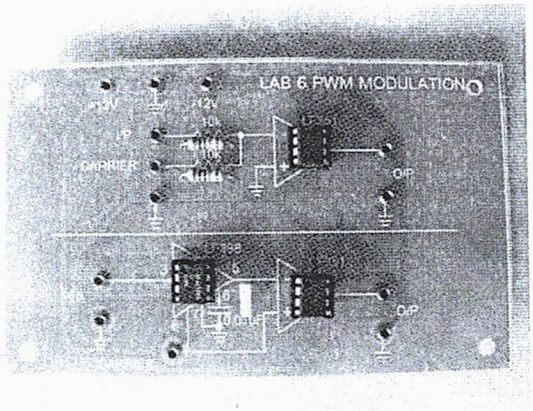
รูปที่ 4.6 บอร์ดทดลองวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ



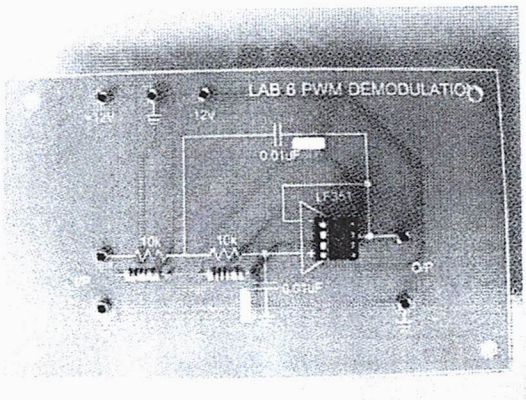
รูปที่ 4.7 บอร์ดทดลองการมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์



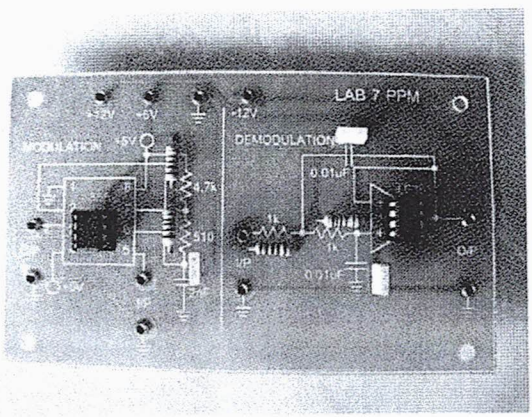
รูปที่ 4.8 บอร์ดทดลองการดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์



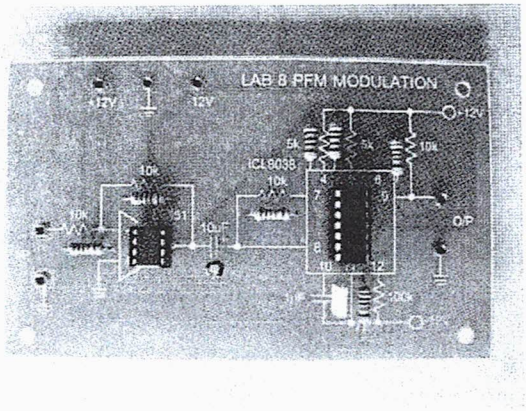
รูปที่ 4.9 บอร์ดทดลองการมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์



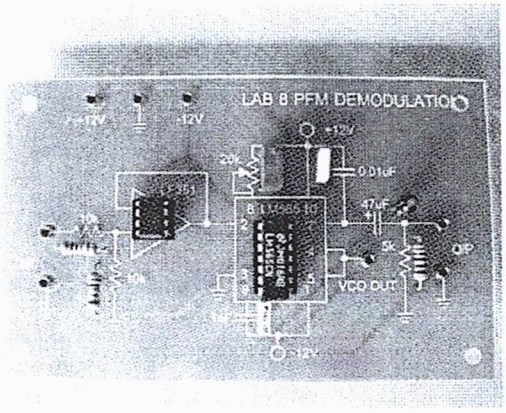
รูปที่ 4.10 บอร์ดทดลองการดีมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์



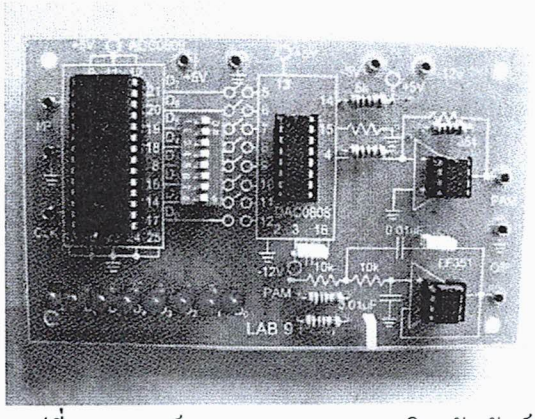
รูปที่ 4.11 บอร์ดทดลองการมอดูเลตและการดีมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์



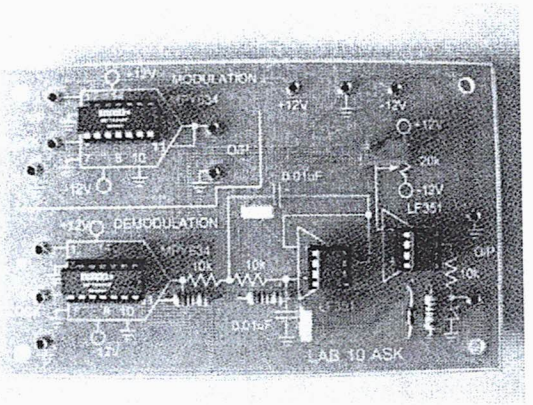
รูปที่ 4.12 บอร์ดทดลองการมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์



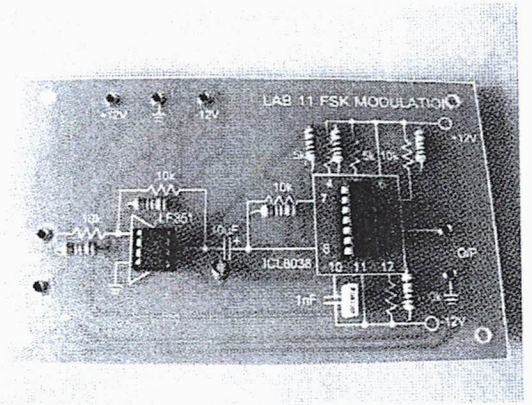
รูปที่ 4.13 บอร์ดทดลองการดีมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์



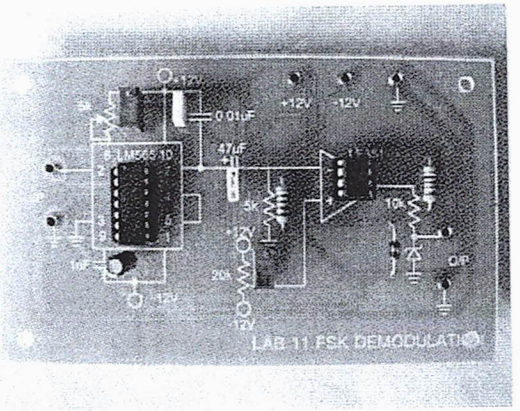
รูปที่ 4.14 บอร์ดทดลองการมอดูเลตเชิงรหัสพัลส์



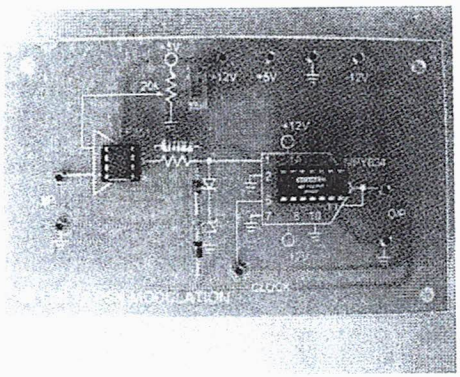
รูปที่ **4.15** บอร์ดทดลองการมอดูเลตและการดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด



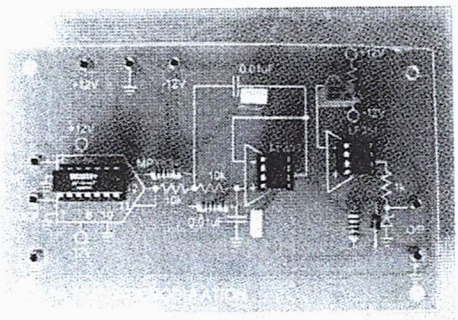
รูปที่ **4.16** บอร์ดทดลองการมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่



รูปที่ **4.17** บอร์ดทดลองการดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่



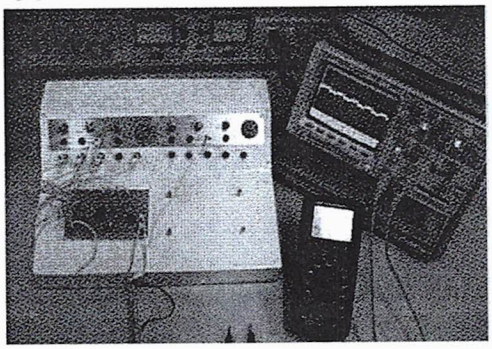
รูปที่ 4.18 บอร์ดทดลองการมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส



รูปที่ 4.19 บอร์ดทดลองการดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส

4.2 ผลการทดสอบโครงงาน

4.2.1 การเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล



รูปที่ 4.20 การทดสอบวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

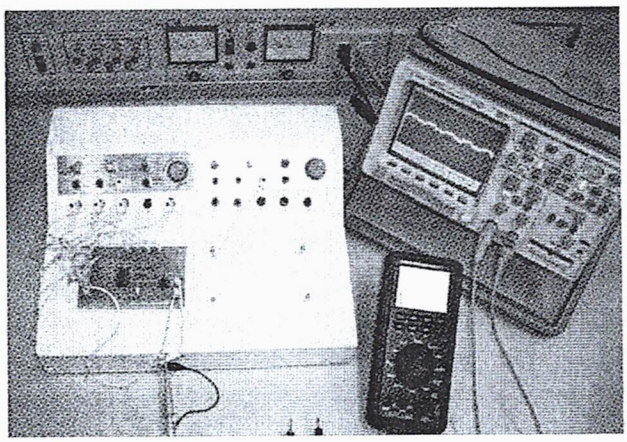
ลำดับที่	แรงดันอินพุต (V)	เอาต์พุต							
		b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.019	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0.039	0	0	0	0	0	0	1	0
4	0.058	0	0	0	0	0	0	1	1
5	0.07	0	0	0	0	0	1	0	0
6	0.089	0	0	0	0	0	1	0	1
7	0.109	0	0	0	0	0	1	1	0
8	0.128	0	0	0	0	0	1	1	1
9	0.156	0	0	0	0	1	0	0	0
10	0.175	0	0	0	0	1	0	0	1

- สรุปผล

จากการทดสอบพบว่าเมื่อป้อนสัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณซายน์เข้าไปในวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล จะพบว่ามีสัญญาณพัลส์เกิดขึ้นที่เอาต์พุตของวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยแต่ละขาจะมีความกว้างพัลส์ที่ไม่เท่ากัน สังเกตได้จาก LED ที่ต่ออยู่ที่เอาต์พุตของวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลจะกระพริบไม่เท่ากัน โดยหลอด D7 จะกระพริบเร็วที่สุดเรียงลำดับจนถึง D0 จะกระพริบช้าที่สุด และเมื่อทดลองเปลี่ยนอินพุตจากสัญญาณซายน์เป็นการป้อนแรงดันให้กับวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลที่ระดับแรงดันต่าง ๆ จาก 0-5V และสังเกตที่เอาต์พุตของวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล พบว่าเมื่อจ่ายแรงดันประมาณ 0.019-0.038V หลอด LED ดวงที่ 7 จะติด และเมื่อเปลี่ยนแรงดันสูงขึ้นเป็น 0.039-0.057V หลอด LED ดวงที่ 6 จะติด และเมื่อเปลี่ยน

แรงดันสูงขึ้นเป็น 0.07-0.088V หลอด LED ดวงที่ 5 จะติด และเมื่อเปลี่ยนแรงดันสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 5V จะพบว่าหลอด LED จะติดหมดทุกดวง

4.2.2 การเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก



รูปที่ 4.21 การทดสอบวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก

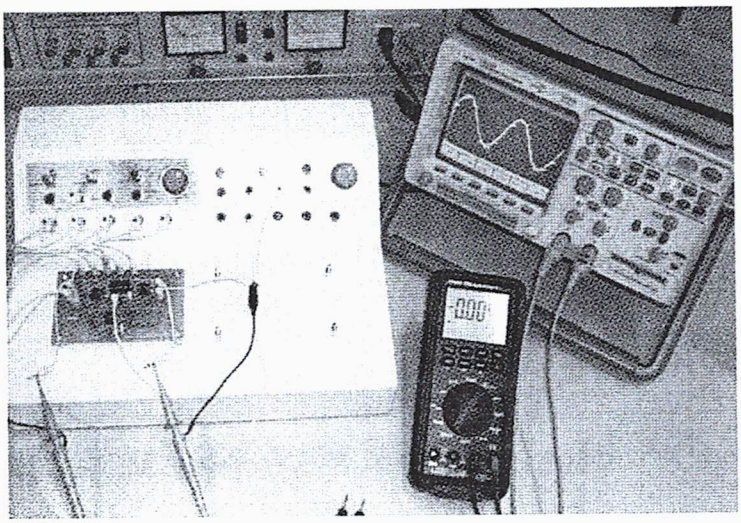
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก

ลำดับที่	สัญญาณอินพุต								V_O
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	1	0.019
3	0	0	0	0	0	0	1	0	0.039
4	0	0	0	0	0	0	1	1	0.058
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0.07
6	0	0	0	0	0	1	0	1	0.089
7	0	0	0	0	0	1	1	0	0.109
8	0	0	0	0	0	1	1	1	0.128
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0.156
10	0	0	0	0	1	0	0	1	0.175

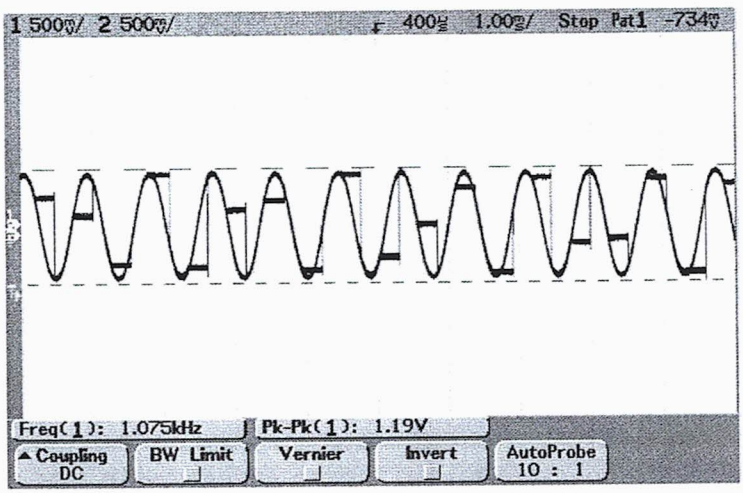
- สรุปผล

จากการทดสอบพบว่าสัญญาณเอาต์พุตในวงจร D/A เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตเข้าไป จะมีสัญญาณพัลส์เกิดขึ้นที่เอาต์พุต ซึ่งมีแอมปลิจูดหลายระดับต่อกันเป็นสัญญาณซายน์

4.2.3 วงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ



รูปที่ 4.22 การทดสอบวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ

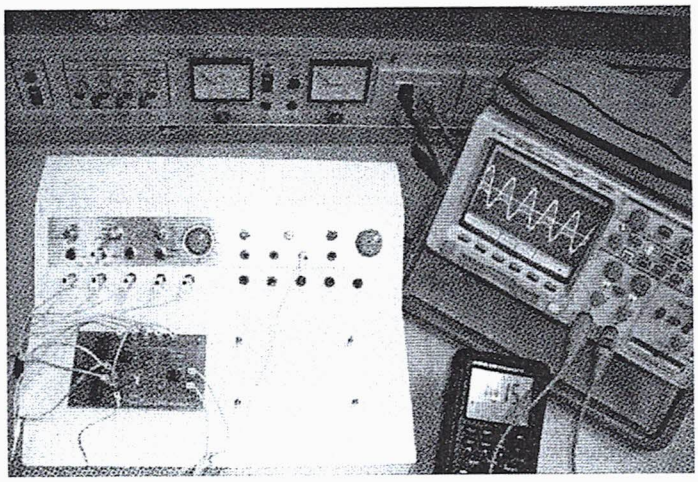


รูปที่ 4.23 ผลการทดสอบวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ

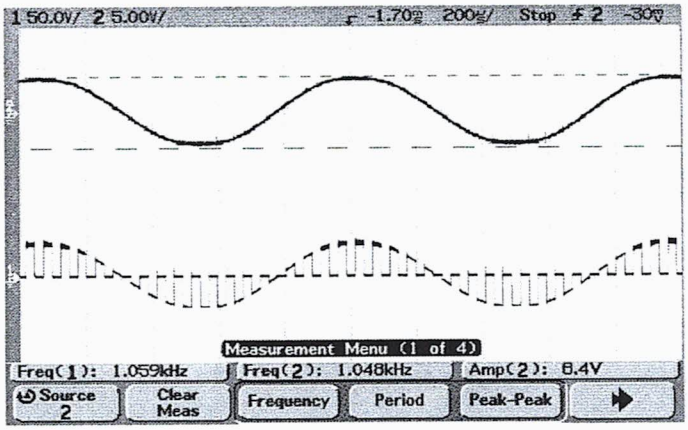
- สรุปผล

จากการทดสอบจะพบว่า เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณซายน์เข้าไปในวงจร สัญญาณจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณ ที่มีความสูงเท่ากับขนาดของสัญญาณอนาลอกที่เวลาสุ่มนั้นและจะคงค่าสัญญาณที่ความสูงนั้นไปตลอดจนมีการสุ่มอีกครั้ง

4.2.4 การมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์



รูปที่ 4.24 การทดสอบวงจรมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์



รูปที่ 4.25 ผลการทดสอบวงจรมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

ปริญญานิพนธ์เรื่องชุดทดลองระบบสื่อสารแบบดิจิตอล ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชา พื้นฐานการสื่อสาร รหัสวิชา 04-230-202 ในหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ซึ่งเนื้อหาได้กล่าวถึงอุปกรณ์สื่อสารต่าง ๆ ทั้งทางภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบสื่อสาร โดยผู้ศึกษาได้รับเนื้อหาทั้งทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ ซึ่งการเรียนในภาคปฏิบัติจะทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ได้เห็นจริงและเข้าใจเนื้อหามากกว่าการเรียนทฤษฎีเพียงอย่างเดียว และเพื่อที่จะช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและบรรลุตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคมดังนั้นทางผู้เสนอโครงงานจึงได้เสนอเรื่อง ชุดทดลองระบบสื่อสารแบบอนาลอก เป็นหัวข้อโครงงานปริญญานิพนธ์เพื่อช่วยให้การสอนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและบรรลุตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม โดยโครงงานชุดนี้จะประกอบไปด้วย ชุดทดลองและใบประลองที่สามารถทำการทดลองได้ง่าย โดยขอบเขตของปริญญานิพนธ์ประกอบด้วย 4 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 กล่องชุดทดลองระบบสื่อสารแบบดิจิตอล

ส่วนที่ 2 ชุดแหล่งกำเนิด

ส่วนที่ 3 บอร์ดทดลองระบบสื่อสารแบบดิจิตอล

ส่วนที่ 4 ใบประลองพร้อมเฉลย

การออกแบบและในการสร้างชุดทดลองระบบสื่อสารแบบดิจิตอล สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ชุดทดลองระบบสื่อสารแบบดิจิตอลมีแหล่งกำเนิดสัญญาณ 2 ชุดซึ่งจะทำให้สะดวกในการทดสอบวงจร

5.1.2 บอร์ดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอลเป็นบอร์ดสำเร็จรูป ซึ่งสามารถนำไปวัด และทดสอบได้เลย

5.1.3 สามารถนำวงจรระบบสื่อสารดิจิตอลทั้ง 18 วงจรไปทดลอง และบันทึกผลในใบประลอง ซึ่งใช้ประกอบการเรียนการสอนได้

5.1.4 สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับวงจรที่เกี่ยวข้องได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ขนาดของชุดทดลองที่จะสร้างขึ้นสามารถปรับปรุงให้มีขนาดที่เล็กลง เพื่อเหมาะแก่การใช้งานมากยิ่งขึ้น

5.2.2 แหล่งกำเนิดสัญญาณที่ใช้ในชุดทดลองควรเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณที่สามารถปรับแอมปลิจูดของสัญญาณรูปซายน์ได้สูงกว่านี้

5.2.3 กล่องของชุดทดลองสามารถปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงเพื่อให้มีรูปแบบที่เหมาะสมตามที่ต้องการได้

5.3 ปัญหาและการแก้ไข

5.3.1 การหาซื้อไอซีบางเบอร์ หาซื้อไม่ได้การแก้ไขโดยการหาซื้อเบอร์แทนที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน

5.3.2 การทดสอบวงจรบางวงจรไม่ทำงาน แก้ไขโดยการตรวจสอบวงจรหาข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นแล้วทำการแก้ไขให้ทำงาน

5.3.3 กล่องชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอลสามารถปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงรูปแบบที่เหมาะสมตามที่ต้องการได้

บรรณานุกรม

[1] นายไกรศร สาริขา. 2546. **ชุดทดลองระบบสื่อสารแบบดิจิตอล.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.te.kmutnb.ac.th/~msn/digitalcomproject.pdf (20 มกราคม 2553)

[2] ชาญชัย ยมดิษฐ์. 2548. **เทคนิคและวิธีการสอนร่วมสมัย**. กรุงเทพฯ : หลักพิมพ์.

[3] บัณฑิต บัวบูชา. 2536. **ทฤษฎีและการออกแบบวงจรดิจิตอล**. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยเทคโนและอาชีวศึกษา.

[4] ปราโมทย์ อนันต์วราพงษ์. 2551. **การมอดูเลตสัญญาณข่าวสารแบบดิจิตอล**. กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

[5] ฟ้าฟื้น เบญจดล. 2551. **การมัลติเพล็ก (Multiplexing)**. กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

[6] ละออ การุณยวณิชและคณะ.2536. **วิธีการสอนทั่วไป.** กรุงเทพฯ : ปริญญานิพนธ์บัณฑิตคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[7] สมบูรณ์ สงวนญาติ. 2534. **เทคโนโลยีทางการเรียนการสอน .** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา.

[8] Edward A. Lee and David G. Messerschmitt, **Digital Communication**, Allied Publishers Limited, Bombay Indian, 1996.

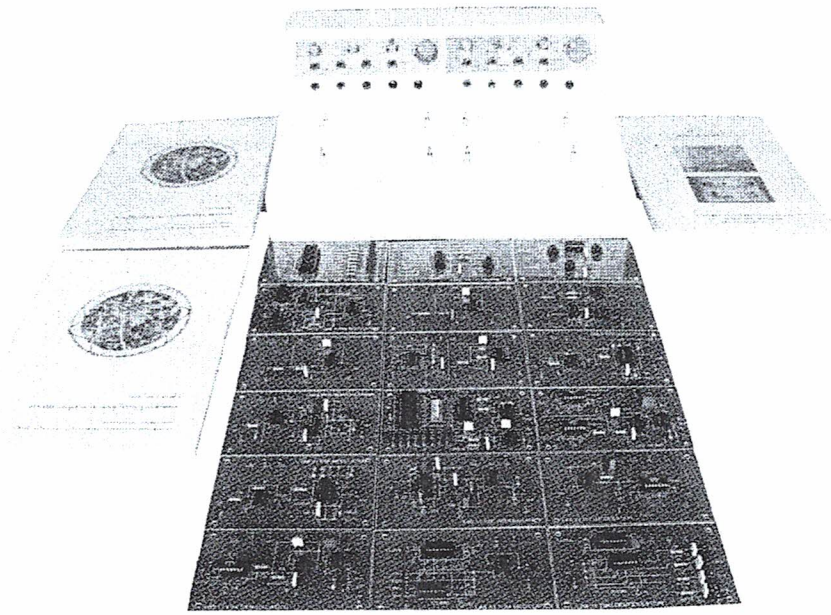
[9] Haykin, **Introduction To Analog And Digital Communications**. Wiley India Pvt.Ltd., 2009.

[10] John B.Anderson, Tor Aulinlow, and Carl-Erik Sundberger, **Digital Phase Modulation**, A Division of Plenum Publishing Corporation, New York, 1986.

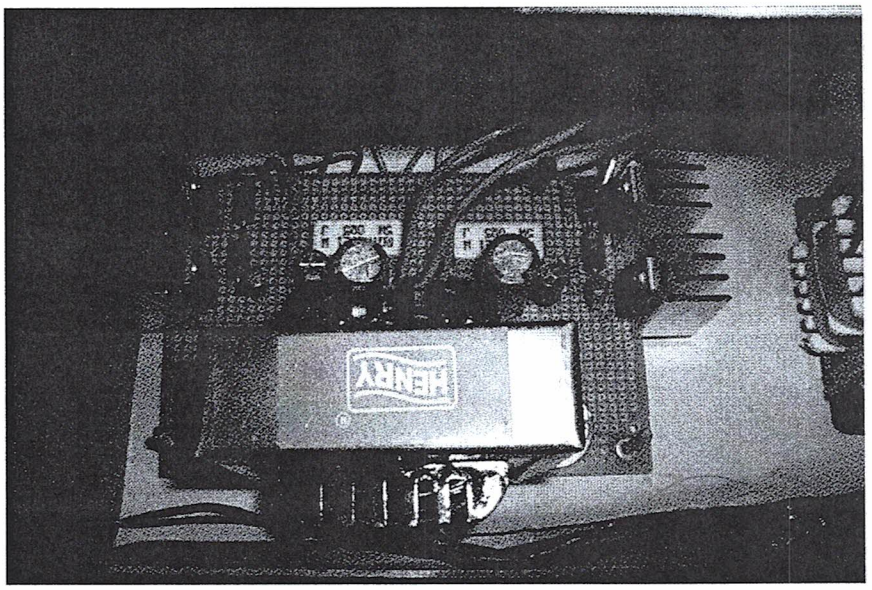
ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล

ภาคผนวก ก

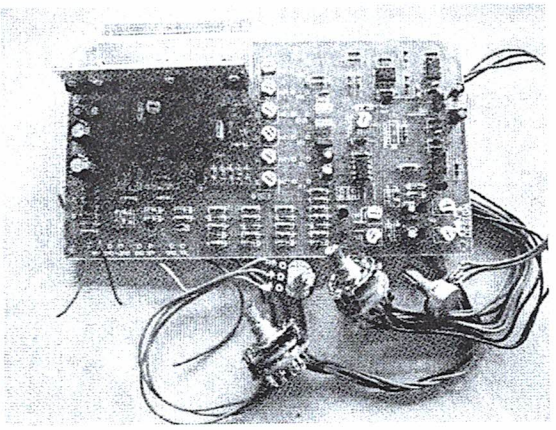
เครื่องต้นแบบชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล



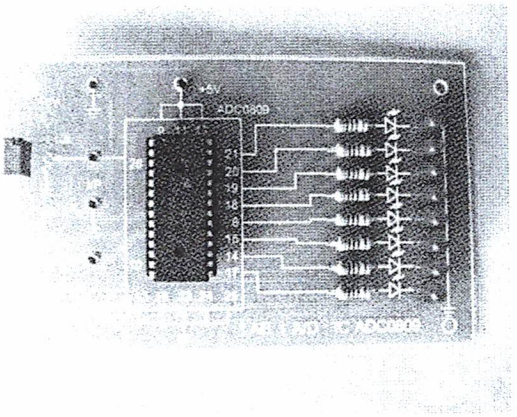
รูปที่ ก.1 ชุดทดลองระบบสื่อสารดิจิตอล



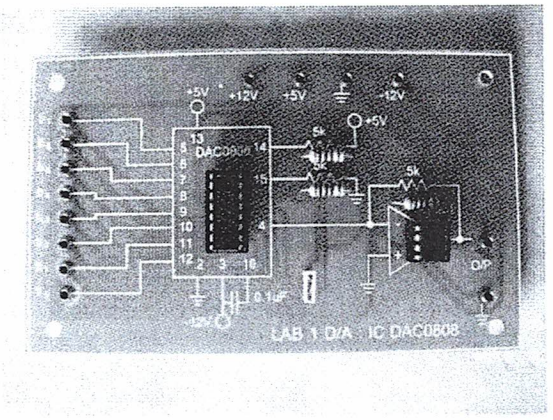
รูปที่ ก.2 แหล่งจ่ายไฟ ±5 โวลต์ และ ±12 โวลต์



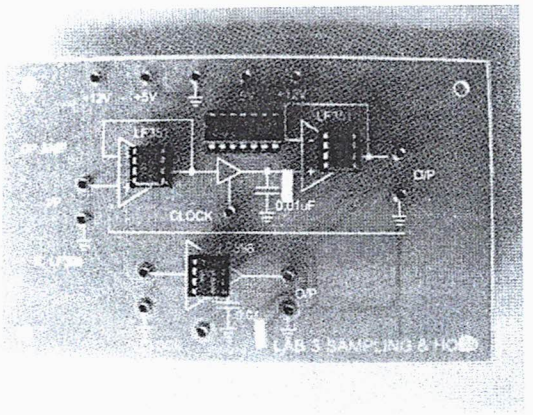
รูปที่ ก.3 วงจรกำเนิดสัญญาณ



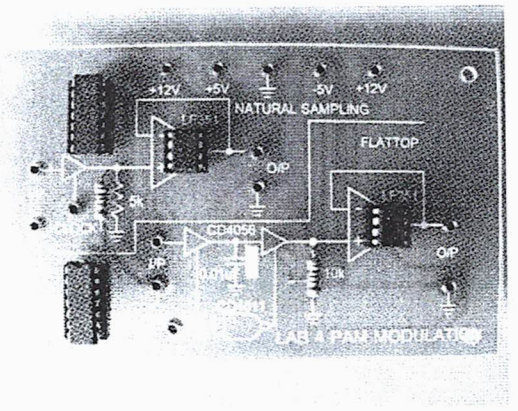
รูปที่ ก.4 บอร์ดทดลองการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล



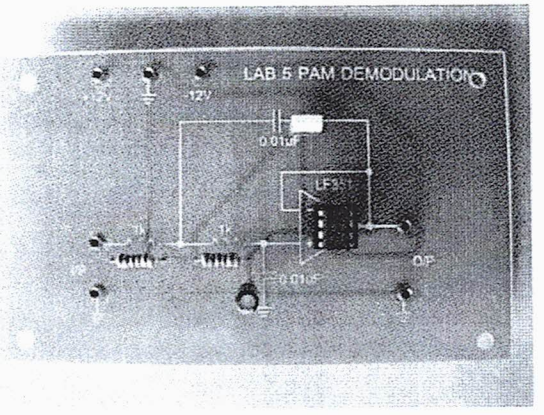
รูปที่ ก.5 บอร์ดทดลองการเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก



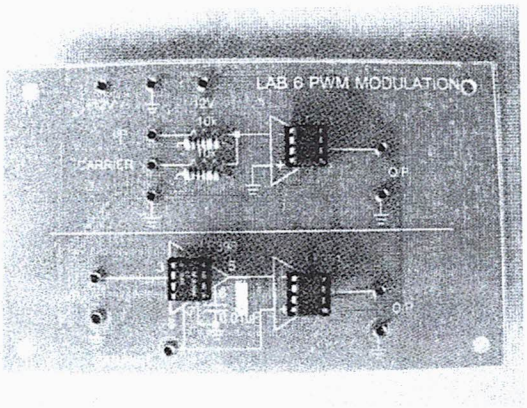
รูปที่ ก.6 บอร์ดทดลองวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ



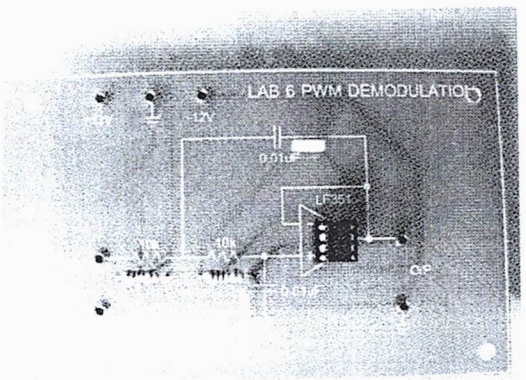
รูปที่ ก.7 บอร์ดทดลองการมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์



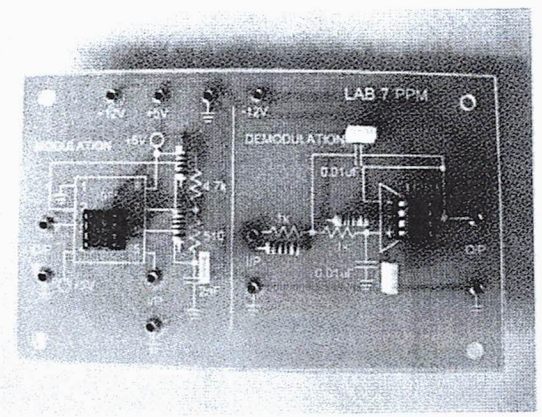
รูปที่ ก.8 บอร์ดทดลองการดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์



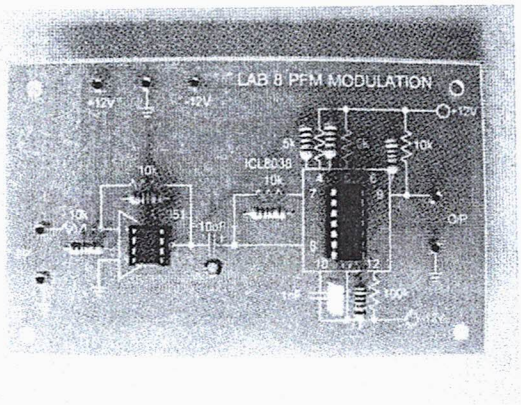
รูปที่ ก.9 บอร์ดทดลองการมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์



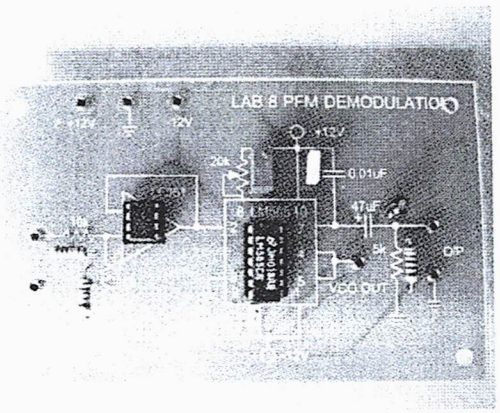
รูปที่ ก.10 บอร์ดทดลองการดีมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์



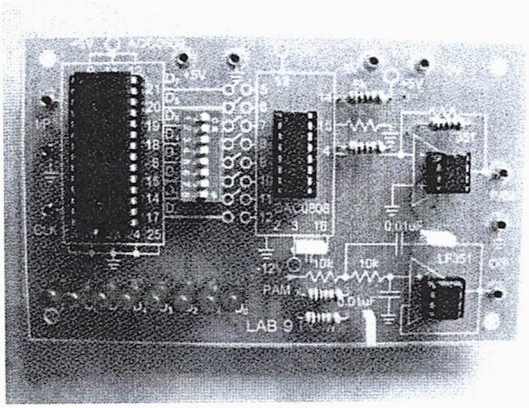
รูปที่ ก.11 บอร์ดทดลองการมอดูเลตและการดีมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์



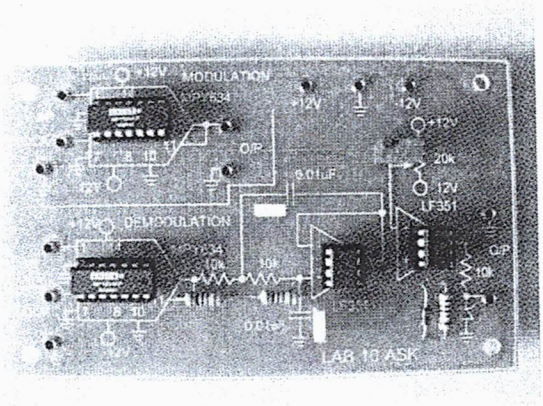
รูปที่ ก.12 บอร์ดทดลองการมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์



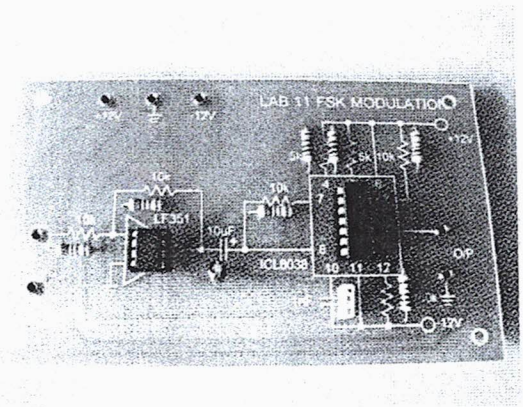
รูปที่ ก.13 บอร์ดทดลองการดีมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์



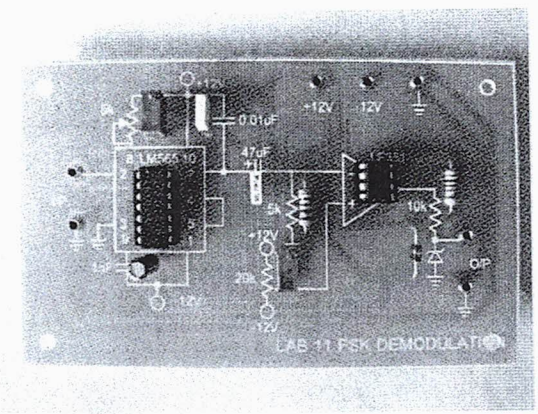
รูปที่ ก.14 บอร์ดทดลองการมอดูเลตเชิงรหัสพัลส์



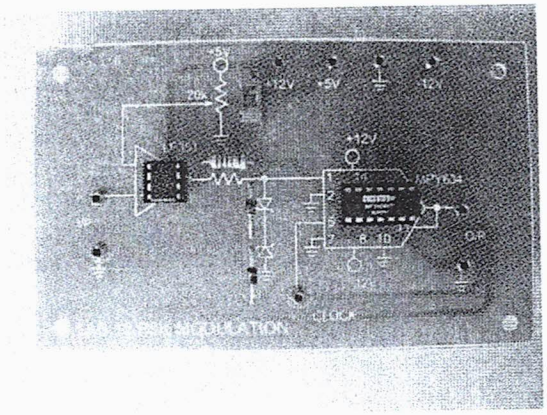
รูปที่ ก.15 บอร์ดทดลองการมอดูเลตและการดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด



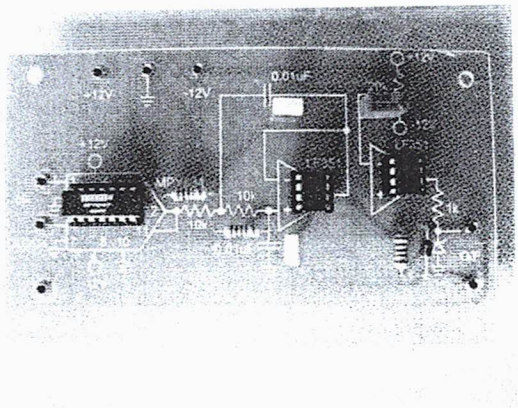
รูปที่ ก.16 บอร์ดทดลองการมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่



รูปที่ ก.17 บอร์ดทดลองการดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่



รูปที่ ก.18 บอร์ดทดลองการมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส



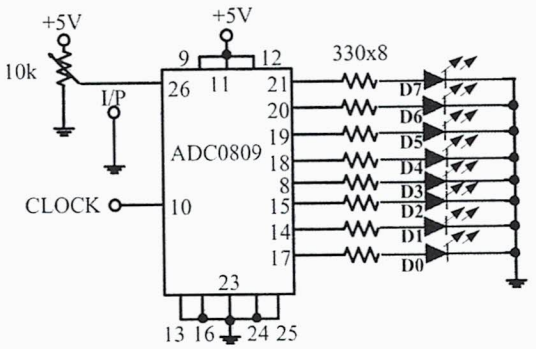
รูปที่ ก.19 บอร์ดทดลองการดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส

ภาคผนวก ข

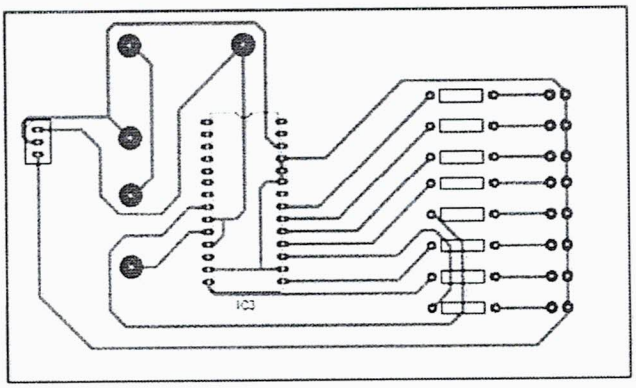
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ข

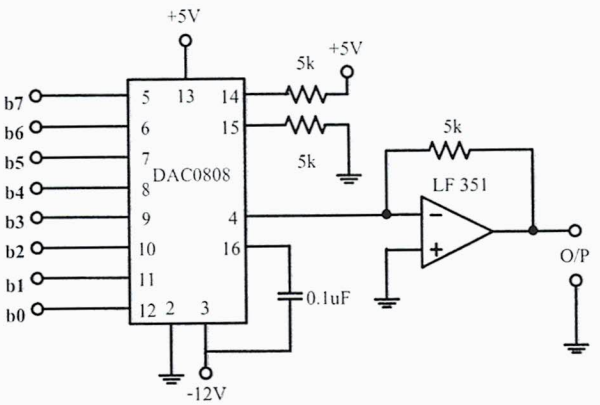
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์



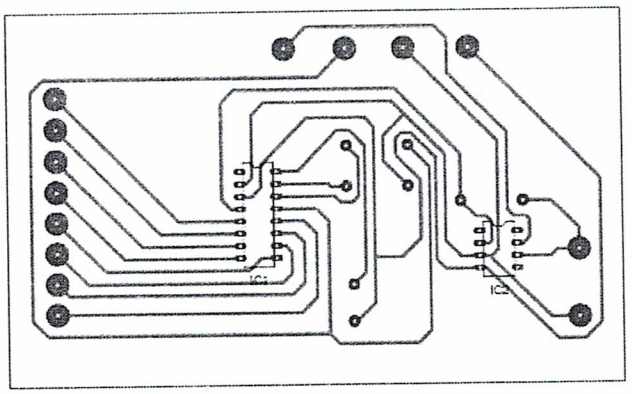
รูปที่ ข.1 วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล



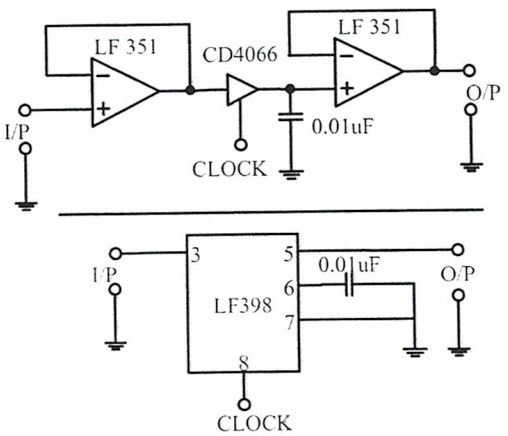
รูปที่ ข.2 ลายวงจรการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล



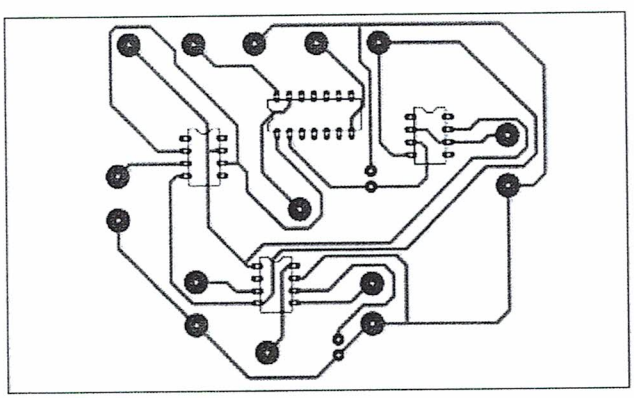
รูปที่ ข.3 วงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก



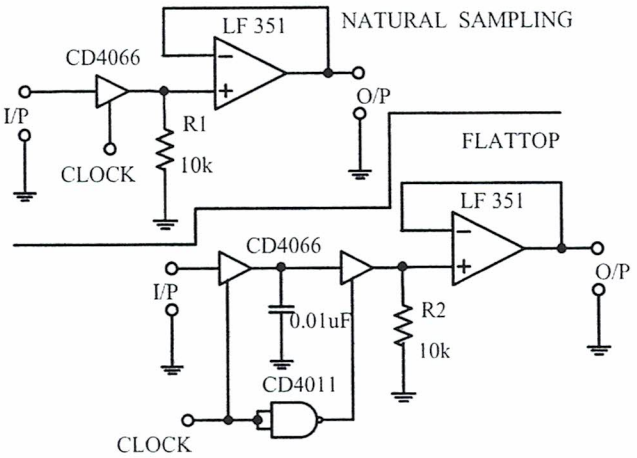
รูปที่ ข.4 ลายวงจรการเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก



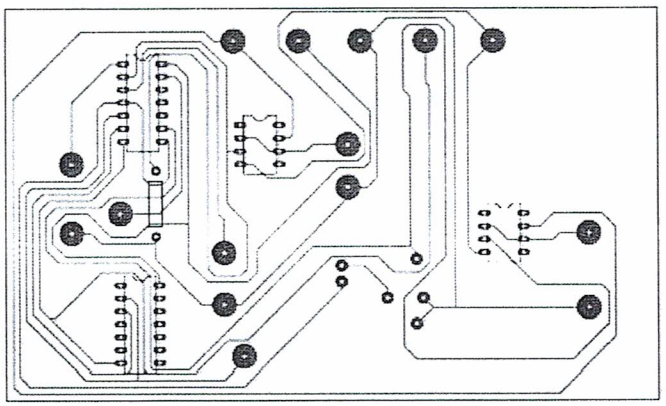
รูปที่ ข.5 วงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ



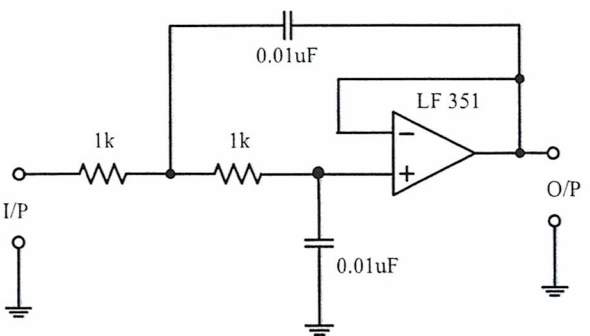
รูปที่ ข.6 ลายวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ



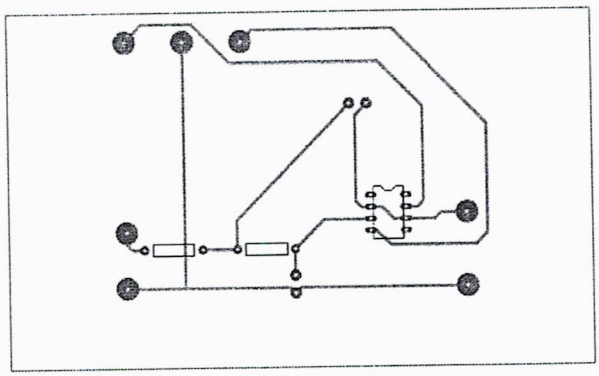
รูปที่ ข.7 วงจรมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์



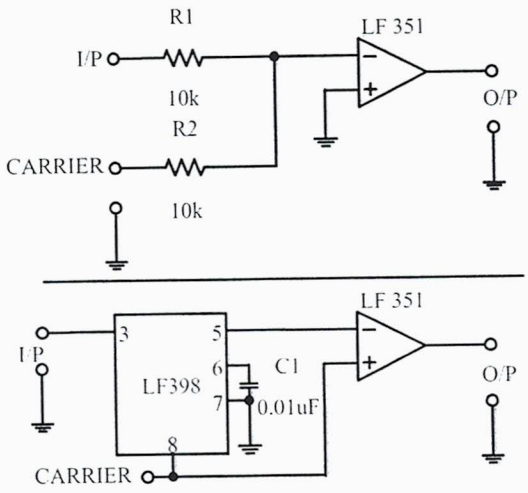
รูปที่ ข.8 ลายวงจรการมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์



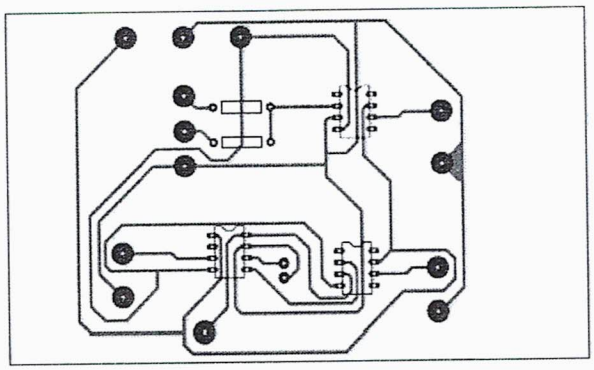
รูปที่ ข.9 วงจรดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์



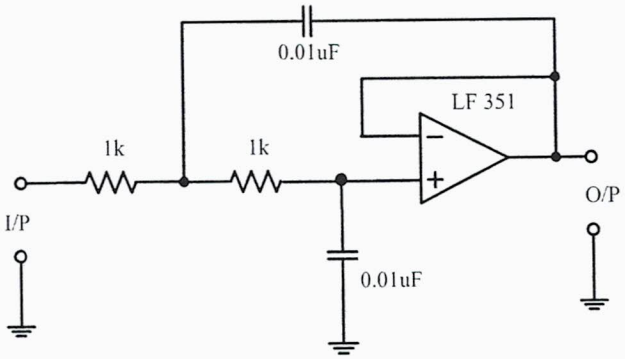
รูปที่ ข.10 ลายวงจรการดีมอดูเลตเชิงขนาดพัลส์



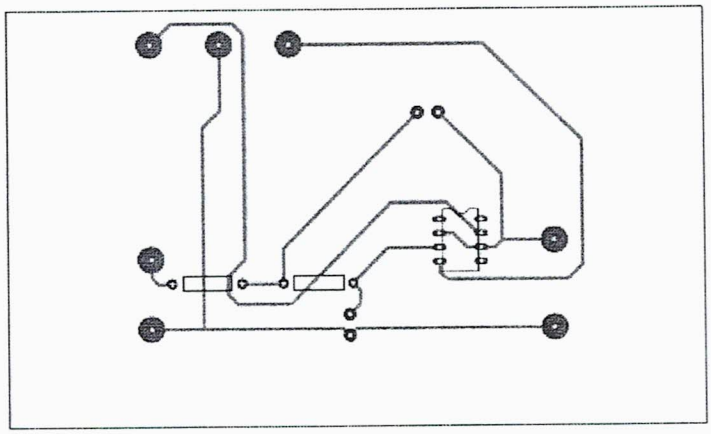
รูปที่ ข.11 วงจรมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์



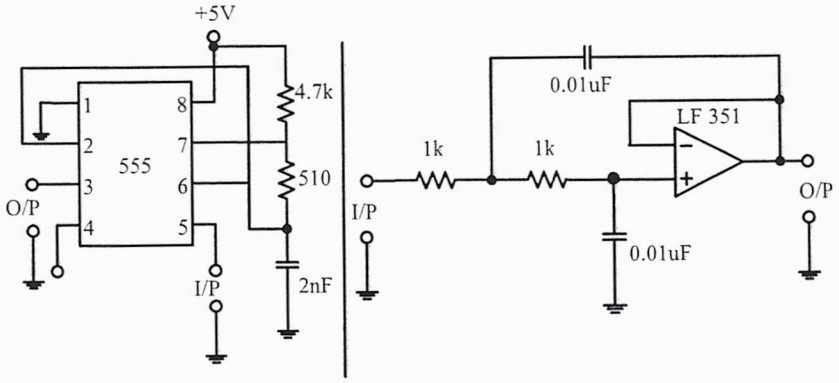
รูปที่ ข.12 ลายวงจรการมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์



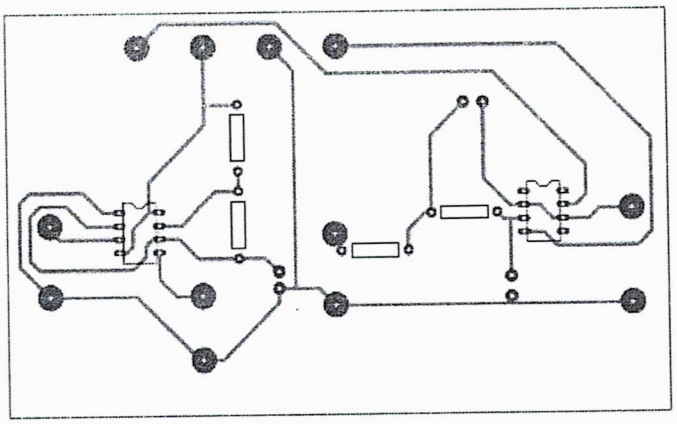
รูปที่ ข.13 วงจรดีมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์



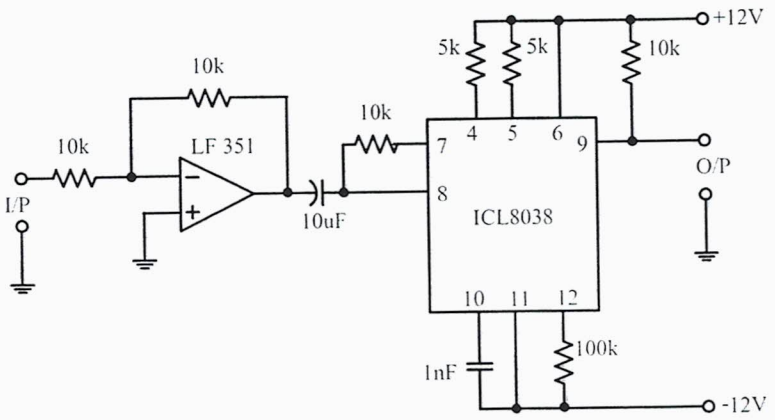
รูปที่ ข.14 ลายวงจรการดีมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์



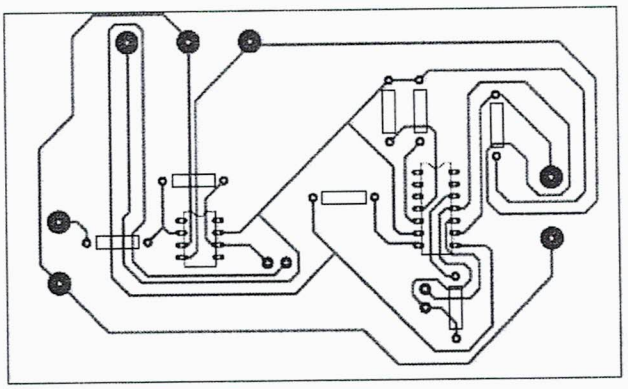
รูปที่ ข.15 วงจรมอดูเลตและดีมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์



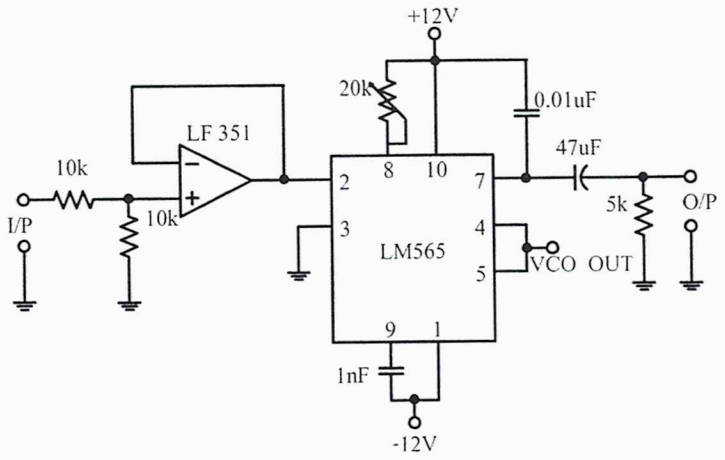
รูปที่ ข.16 ลายวงจรการมอดูเลตและการดีมอดูเลตเชิงตำแหน่งพัลส์



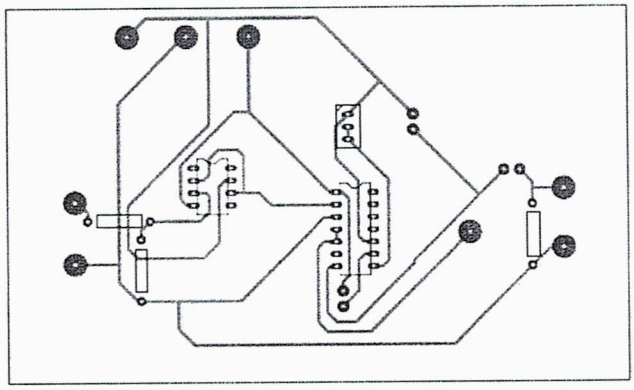
รูปที่ ข.17 วงจรมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์



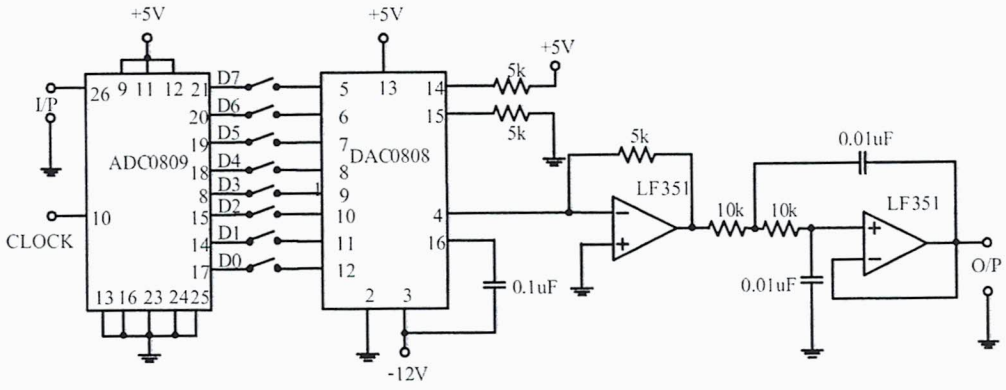
รูปที่ ข.18 ลายวงจรการมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์



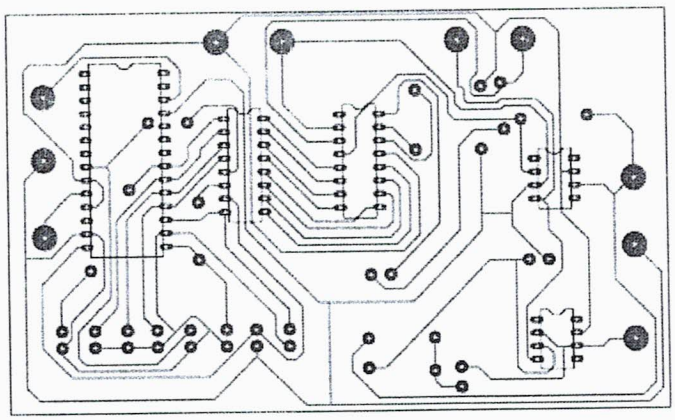
รูปที่ ข.19 วงจรดีมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์



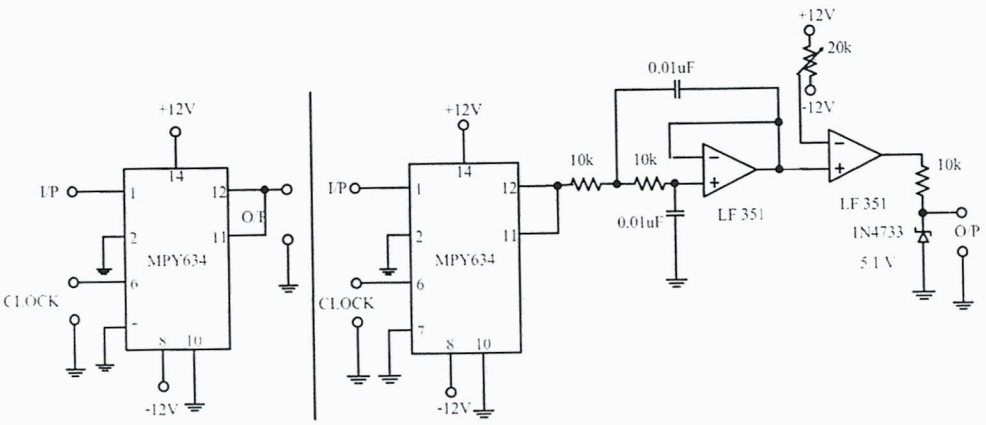
รูปที่ ข.20 ลายวงจรการดีมอดูเลตเชิงความถี่พัลส์



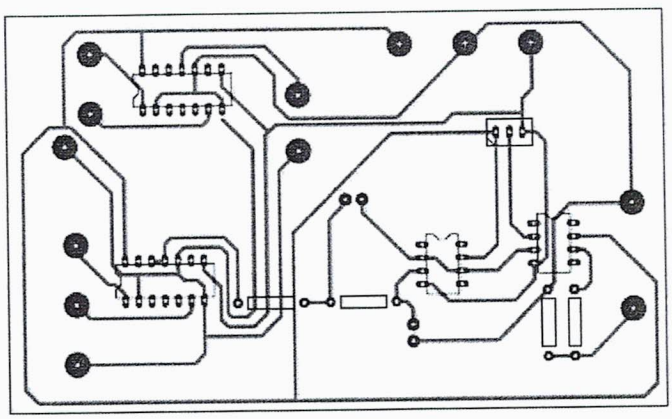
รูปที่ ข.21 วงจรมอดูเลตเชิงรหัสพัลส์



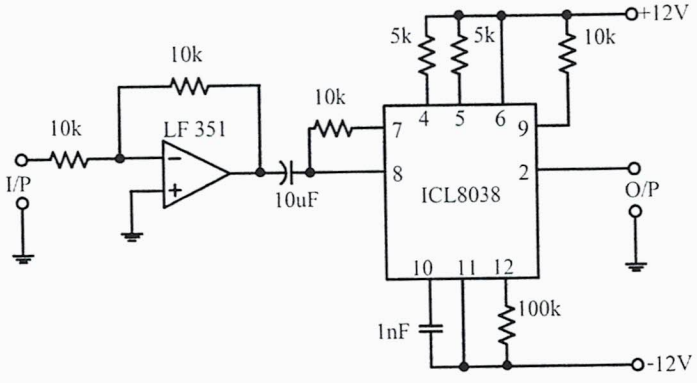
รูปที่ ข.22 ลายวงจรการมอดูเลตเชิงรหัสพัลส์



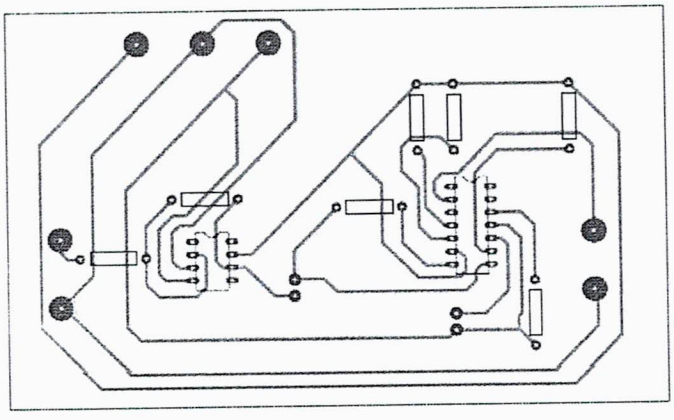
รูปที่ ข.23 วงจรมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด



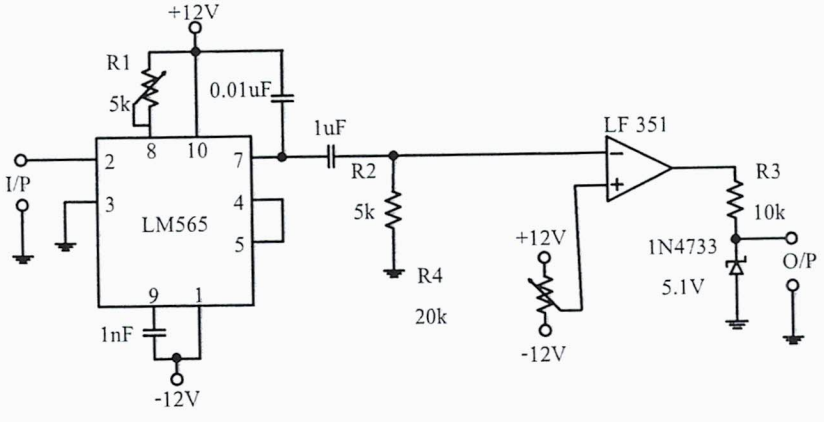
รูปที่ ข.24 ลายวงจรการมอดูเลตและการดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามขนาด



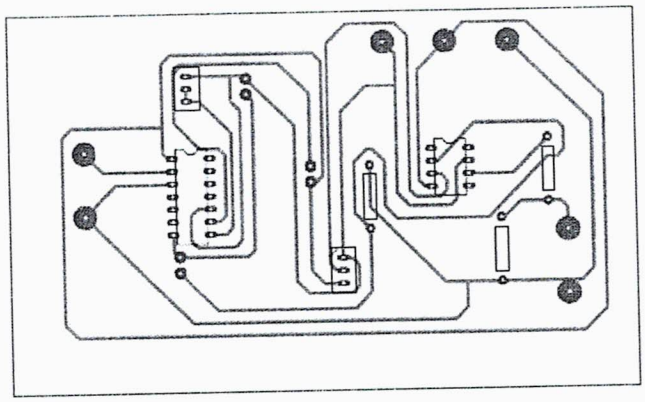
รูปที่ ข.25 วงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่



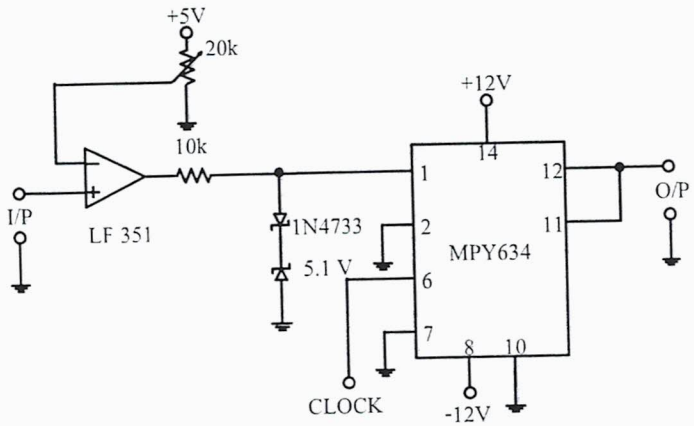
รูปที่ ข.26 ลายวงจรการมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่



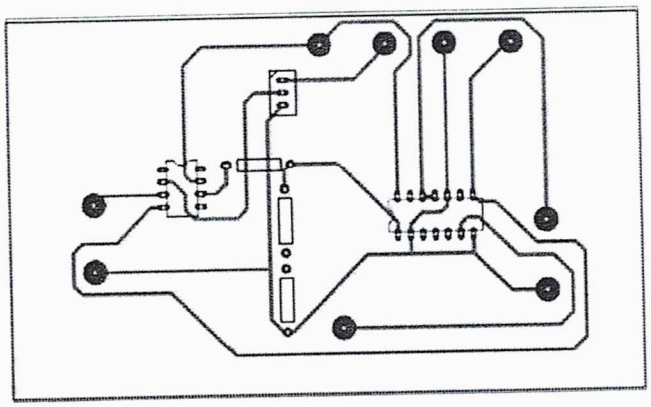
รูปที่ ข.27 วงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่



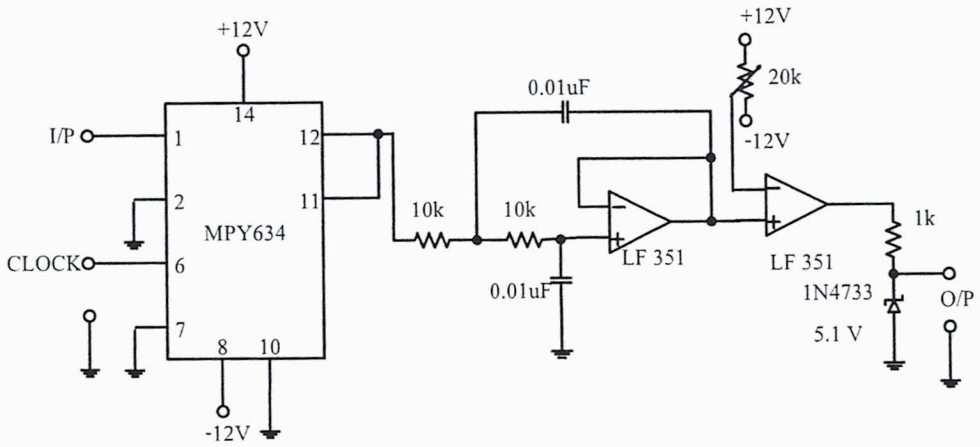
รูปที่ ข.28 ลายวงจรการดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามความถี่



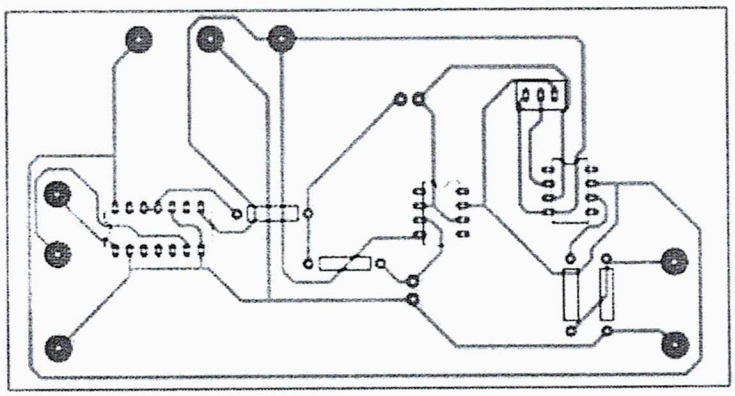
รูปที่ ข.29 วงจรมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส



รูปที่ ข.30 ลายวงจรการมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส



รูปที่ ข.31 วงจรดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส



รูปที่ ข.32 ลายวงจรการดีมอดูเลตแบบเลื่อนตามเฟส