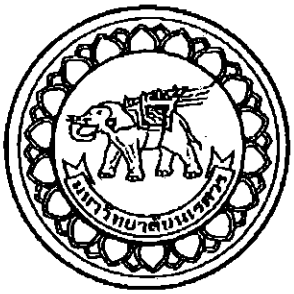


เครื่องรับ-ส่งสัญญาณเอฟเอ็มความถี่ 30เมกกะเฮิรตซ์

FM TRANSMITTER AND RECEIVER 30MHz

นายพิทักษ์ ยศวิชัย รหัส 46361721

นายภาคภูมิ สิทธิชัย รหัส 46363362

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 25 พ.ค. 2553
เลขทะเบียน 15001286
เลขเรียกหนังสือ ปร. พ๒๖ ท๑ ๒๕๕๐
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2550

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน	เครื่องรับ-ส่งสัญญาณเอฟเอ็มความถี่ 30เมกกะเฮิรตซ์	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายพิทักษ์ ยศวิชัย	รหัส 46361721
	นายภาคภูมิ สิทธิชัย	รหัส 46363362
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.อัครพันธ์ วงศ์กังแห	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2550	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรอนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ
(ดร.อัครพันธ์ วงศ์กังแห)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรเชษฐ์ กานต์ประชา)

.....กรรมการ
(ดร.ชัยรัตน์ พินทอง)

หัวข้อโครงงาน	เครื่องรับ-ส่งสัญญาณเอฟเอ็มความถี่ 30เมกกะเฮิรตซ์	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายพิทักษ์ ยศวิชัย	รหัส 46361721
	นายภาคภูมิ สิทธิชัย	รหัส 46363362
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.อัครพันธ์ วงศ์กังแห	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2550	

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างเครื่องส่งและรับเอฟเอ็มความถี่คลื่นพาหะ 30 เมกกะเฮิรตซ์ ในโครงงานเราศึกษาและทดลอง การมอดูเลชั่นทางความถี่แบบโดยตรงคือการนำเอาสัญญาณเสียงไปทำการเปลี่ยนแปลงความถี่คลื่นพาห์โดยตรง ซึ่งความถี่คลื่นพาห์ในโครงงานนี้ใช้วงจรกำเนิดความถี่แบบ LC ออสซิลเลเตอร์ ความถี่ของวงจรกำเนิดความถี่ถูกกำหนดโดยวงจรเรโซแนนท์ LC การสั่นสะเทือนทำให้ค่า C ของวงจรเรโซแนนท์ LC ในออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนแปลงซึ่งจะทำให้เกิดการมอดูเลตสัญญาณเอฟเอ็ม สำหรับเครื่องรับใช้ไอซีเบอร์ TDA7000 เป็นภาครับซึ่งภายในไอซีมีวงจรดีเทคเตอร์แบบควอดเดรเจอร์ดีเทคชั่นเป็นตัวดีมอดูเลตสัญญาณเอฟเอ็มให้กลับมาเป็นสัญญาณเสียง

Project Title	FM Transmitter and Receiver 30MHz	
Name	Mr.Pithuk Yotwichai	ID. 46361721
	Mr.Phakphum Sitthichai	ID. 46363362
Project Adviser	Akaraphunt Vongkunghae, Ph.D.	
Major	Electrical Engineering	
Department	Electrical and Computer Engineering	
Academic Year	2007	

.....

ABSTRACT

This project is a study of FM 30MHz transmitter and receiver. The oscillator and audio modulation circuits are studied and built. The transmitter circuit is assembled from the basic electronic components, transistors, resisters, capacitors, and inductors. For receiver, IC TDA7000 is used for detecting and demodulating the FM 30 MHz signal. In this project, the signals and behaviors in transmitter circuit are simulated using an evaluation version of P-spice circuit simulation program. The real signals from oscilloscope measurements are also studied for our insightfully understanding the real circuit

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาจากอาจารย์อัครพันธ์ วงศ์กังแห อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้ความกรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแก้ไขรายงานโครงงานนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้เขียนรู้สึกในความกรุณาและขอบพระคุณอาจารย์เห็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณครูช่างทุกท่านที่อำนวยความสะดวก เอื้อเฟื้อในการให้ใช้สถานที่และอุปกรณ์และช่วยแนะนำการใช้เครื่องมือทดสอบชนิดต่างๆ ในการปฏิบัติโครงงาน

ขอขอบพระคุณเพื่อนนิสิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยเหลือ

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่น้อง ที่ให้การสนับสนุนทั้งในเรื่องการศึกษาและเงินทุนในการทำโครงงานนี้

นายพิทักษ์ ยศวิชัย

นายภาคภูมิ สิทธิชัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญรูป ..... จ

บทที่1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน 1

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 1

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.6 งบประมาณที่ใช้ 2

บทที่2 หลักการและทฤษฎี

2.1 การสร้างสัญญาณFM 3

2.1.1 การสร้างสัญญาณ FM แบบทางตรง 3

2.2 การตอบสนองความถี่และการกำเนิดความถี่ 4

2.2.1 วงจรกำเนิดความถี่ (OSCILLATOR CIRCUIT) 5

2.3 การดีมอดูเลตสัญญาณFM 9

2.3.1 ควอดเดรเจอร์ดีเทคชัน (Quadrature detection 9

บทที่3 เครื่องส่ง FM 30MHz

3.1 วงจรขยายสัญญาณเสียงจากไมโครโฟน 12

3.1.1 วิเคราะห์วงจรขยายโดยใช้โปรแกรม Pspice 15

3.2 วงจรออสซิลเลเตอร์ 18

3.2.1 โครงสร้างของวงจรออสซิลเลเตอร์ 18

3.2.2 วงจรออสซิลเลเตอร์ความถี่ 30 MHz 18

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.2.3 วิเคราะห์การทำงานของของภาคออสซิลเลเตอร์ 20
3.3 การมอดูเลชั่น 35
3.4 ทดลองและวัดผล 37

บทที่ 4 ภาครับสัญญาณ FM 30 MHz
4.1 วงจรภาครับFM 30 MHz.....40
4.1.1 ภาควงจรจูนสัญญาณ RF.....42
4.1.2 ภาคโลคอลออสซิลเลเตอร์.....43
4.2 ทดลองและวัดผล 43

บทที่ 5 สรุป
เอกสารอ้างอิง 47
ประวัติย่อของผู้จัดทำ.....48

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงการสร้างสัญญาณเอฟเอ็มแบบทางตรง 3
2.2 วงจรเรโซแนนท์ L, C 4
2.3 สภาวะเริ่มต้นของการทำงานวงจรกำเนิดความถี่ C ประจุไฟ 5
2.4 สภาวะเริ่มคายประจุของCและสภาวะ Lเกิดสนามแม่เหล็ก 6
2.5 สภาวะสนามแม่เหล็กในLยุบตัวตัดผ่านตัวมันเกิดแรงดันชักนำไปประจุ C 6
2.6 สภาวะเริ่มคายประจุของ C และสภาวะ L เกิดสนามแม่เหล็ก 7
2.7 สภาวะสนามแม่เหล็กในLยุบตัวตัดผ่านตัวมันเกิดแรงดันชักนำไปประจุ C 7
2.8 แรงดันตกคร่อมจุด A,B ของวงจรออสซิลเลเตอร์L,C 8
2.9 บล็อกไดอะแกรมของวงจรกำเนิดความถี่ที่สมบูรณ์ 8
2.10 บล็อกไดอะแกรมของระบบควอดเดรเจอร์ดีเทคชัน 10
3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่ง FM 30MHz 11
3.2 วงจรเครื่องส่งFM 30 MHz 11
3.3 วงจรภาคขยายสัญญาณจากไมโครโฟน 12
3.4 กราฟคุณลักษณะของทรานซิสเตอร์ 2N3904 12
3.5 โครงสร้างของไมค์คอนเดนเซอร์ 14
3.6 หลักการทำงานของไมค์คอนเดนเซอร์ 14
3.7 แสดง schematic ของวงจรขยาย 15
3.8 แสดงโวลต์และกระแสของวงจร 15
3.9 แสดงรูปสัญญาณ V2 แอมปลิจูด 10mV ความถี่ 1kHz 16
3.10 แสดงสัญญาณเอาต์พุตจากวงจรขยาย วัดหลัง C3 16
3.11 แสดงสัญญาณ V2 แอมปลิจูดV2แอมปลิจูด20mVความถี่1kHz 17
3.12 แสดงสัญญาณเอาต์พุตจากวงจรขยาย วัดหลัง C3 17
3.13 บล็อกไดอะแกรมวงจรออสซิลเลเตอร์ 18
3.14 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์ 18
3.15 แสดงคาพาซิเตอร์ที่มีผลต่อวงจรเรโซแนนท์ 19
3.16 แสดงการสร้างความถี่ของออสซิลเลเตอร์ 19
3.17 วงจรเครื่องส่ง FM 30MHz 20
3.18 Schematic วงจรออสซิลเลเตอร์30MHz 20

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.19 แสดงโวลต์และกระแสไฟตรงของวงจร 21
3.20 แสดงสัญญาณพัลส์ V2 21
3.21 แสดงจุดที่ทำการวัดสัญญาณ 22
3.22 สัญญาณ V_C วัดที่มาร์กเกอร์ในรูปที่ 3.21 22
3.23 สัญญาณ V_C วัดที่มาร์กเกอร์ในรูปที่ 3.21 โดเมนความถี่ 23
3.24 แสดงจุดการวัดสัญญาณ V_E 23
3.25 สัญญาณ V_E วัดที่มาร์กเกอร์ในรูป 3.24 24
3.26 สัญญาณ V_E วัดที่มาร์กเกอร์ในรูป3.24โดเมนความถี่ 24
3.27 แสดงจุดการวัด V_B 25
3.28 แสดงสัญญาณ V_B 25
3.29 เปรียบเทียบสัญญาณ V_B กับสัญญาณ V_E (V_B =แดง, V_E =เขียว) 26
3.30 แสดงจุดการวัดสัญญาณ I_C 26
3.31 แสดงสัญญาณ I_C 27
3.32 แสดงสัญญาณ I_C โดเมนความถี่ 27
3.33 แสดงจุดการวัดกระแส I_E 28
3.34 แสดงสัญญาณกระแส I_E 28
3.35 แสดงสัญญาณกระแสI_Eโดเมนความถี่ 29
3.36 แสดงจุดการวัดกระแส I_B 29
3.37 แสดงสัญญาณของกระแส I_B 30
3.38 แสดงสัญญาณของกระแส I_B โดเมนความถี่ 30
3.39 แสดงจุดการวัดกระแสที่ ไหลผ่าน L1และC5 31
3.40 กระแส I_C5 และI_L1(I_C5 =สีเขียว, I_L1=สีแดง) 31
3.41 แสดงความถี่ของกระแสที่ไหลผ่าน C5 31
3.42 แสดงความถี่ของกระแสที่ไหลผ่าน L1 32
3.43 แสดงจุดการวัดกระแส I_C5และI_C6 32
3.44 แสดงกระแสที่ไหลผ่านC6 33
3.45 แสดงกระแสที่ไหลผ่าน C6 ในโดเมนความถี่ 33
3.46 แสดงจุดการวัดกระแสที่ไหลผ่านC4 34

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.47 แสดงกระแสที่ไหลผ่าน C4 34

3.48 แสดงกระแสที่ไหลผ่าน C4โดเมนความถี่ 34

3.49 แสดงตัวเก็บประจุที่รอยต่อมีผลต่อวงจรเรโซแนนท์ 35

3.50 แสดงรูปแบบการมอดูเลชั่น 36

3.51 แสดงสัญญาณที่วงจรออสซิลเตอร์สร้างขึ้นวัดที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2 37

3.52 แสดงสัญญาณที่วงจรออสซิลเตอร์สร้างขึ้น ในโดเมนความถี่วัดที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2 37

3.53 สัญญาณพัลส์ที่ป้อนเข้าไปที่ขาอิมิตเตอร์ Q2 38

3.54 สัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตระหว่างพัลส์กับความถี่คลื่นพาห์ 38

3.55 สัญญาณที่ป้อนเข้าที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2 39

3.56 สัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตระหว่างสัญญาณไซน์ที่ป้อนเข้าไปกับความถี่คลื่นพาห์ 39

4.1 แสดงบล็อคไดอะแกรมของเครื่องรับ FM 30 MHz 40

4.2 วงจรภายในไอซี TDA7000 41

4.3 แสดงวงจรเครื่องรับสัญญาณเอฟเอ็ม 30 เมกกะเฮิรตซ์ที่ใช้ไอซีTDA7000 42

4.4 วงจรเรโซแนนท์ที่ใช้จูนสัญญาณ 30 เมกกะเฮิรตซ์ 42

4.5 วงจรที่ใช้กำหนดความถี่ของภาคโลคอลออสซิลเลเตอร์ 43

4.6 สัญญาณจากโลคอลออสซิลเลเตอร์. 43

4.7 สัญญาณจากโลคอลออสซิลเลเตอร์ในรูปโดเมนความถี่ 44

4.8 สัญญาณเสียงที่ส่งจากเครื่องส่ง 44

4.9 สัญญาณที่ได้จากเครื่องรับ 45

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันการสื่อสารไร้สายได้เข้ามามีบทบาทต่อการดำเนินชีวิตของเรามาก เราสามารถนำเอาการสื่อสารไร้สายแบบต่างๆเข้ามาช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้กับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆและหัวข้อที่ทำเป็นโครงงานนี้ทำเป็น ศึกษาถึงภาครับและภาคส่งของสัญญาณเอฟเอ็มซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในด้านการส่งข้อมูล เช่น ข้อมูลเสียง เป็นต้น การส่งกระจายเสียงโดยระบบไร้สายนั้นทำให้ประหยัดค่า ใช้จ่ายในเรื่องสายส่งสัญญาณ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาการทำงานของภาครับ-ส่ง สัญญาณเอฟเอ็ม
2. เพื่อศึกษาการออกแบบวงจรของภาครับ-ส่งสัญญาณวิทยุ
3. เพื่อส่งสัญญาณวิทยุในระยะประมาณ 5 เมตร
4. เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการส่งกระจายเสียง

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

1. ศึกษาภาครับและภาคส่งของสัญญาณเอฟเอ็ม
2. ออกแบบและสร้างเครื่องรับและเครื่องส่งเอฟเอ็ม

1.4 ขั้นตอนการทำงาน

1. ศึกษาภาคส่งของเครื่องเอฟเอ็ม
2. ศึกษาภาครับของเครื่องเอฟเอ็ม
3. ออกแบบวงจรภาครับและส่งสัญญาณเอฟเอ็มโดยใช้ความถี่ 30 MHz.
4. สร้างเครื่องส่งและเครื่องรับสัญญาณเอฟเอ็มตามที่ออกแบบไว้
5. รวบรวมข้อมูลทำเป็นรูปเล่ม

1.5 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	2550				
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
ศึกษาภาคส่งสัญญาณเอฟเอ็ม	⟷				
ศึกษาภาครับสัญญาณเอฟเอ็ม	⟷				
ออกแบบวงจรรับและส่งสัญญาณเอฟเอ็มความถี่30 MHz		⟷			
สร้างเครื่องรับและเครื่องส่งเอฟเอ็มตามที่ออกแบบไว้			⟷		
รวบรวมข้อมูลทำเป็นรูปเล่ม				⟷	

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบหลักการของการส่งและรับสัญญาณเอฟเอ็ม
2. สามารถออกแบบวงจรภาครับ-ส่งสัญญาณวิทยุได้
3. สามารถส่งสัญญาณเอฟเอ็มได้เป็นระยะทาง 5 เมตร

1.7 งบประมาณของโครงงาน

1. ค่าวัสดุไฟฟ้าและวิทยุ	เป็นเงิน	1,000	บาท
2. ค่าวัสดุสำนักงาน	เป็นเงิน	500	บาท
3. ค่าถ่ายเอกสาร	เป็นเงิน	200	บาท
4. ค่าวัสดุอื่น ๆ	เป็นเงิน	200	บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น		1,900	บาท (หนึ่งพันเก้าร้อยบาทถ้วน)

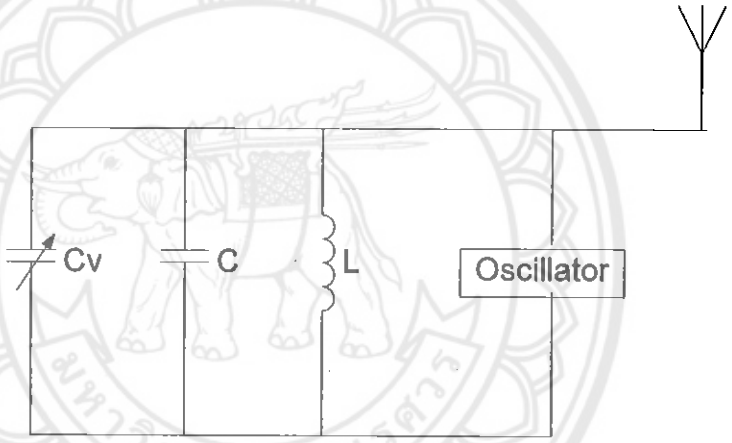
บทที่2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การสร้างสัญญาณ FM

การสร้างสัญญาณ FM นั้นสามารถแบ่งได้กว้างๆ เป็น 2 แบบด้วยกันคือ แบบทางตรงกับแบบทางอ้อม แบบทางตรงนั้นจะหมายถึงการนำสัญญาณที่เข้ามามอดูเลตไปเปลี่ยนความถี่ของคลื่นพาห์โดยตรง สำหรับแบบทางอ้อมนั้นก็จะเป็นวิธีการที่อาศัยวงจรหลายๆอย่างประกอบกัน สำหรับในโครงงานนี้จะใช้การสร้างสัญญาณเอฟเอ็มแบบทางตรง

2.1.1 การสร้างสัญญาณ FM แบบทางตรง

การสร้างสัญญาณFMแบบทางตรงนั้นเป็นการนำเอาสัญญาณที่จะเข้ามามอดูเลตไปเปลี่ยนความถี่ของคลื่นพาห์โดยตรง



รูปที่ 2.1 แสดงการสร้างสัญญาณเอฟเอ็มแบบทางตรง

จากรูปด้านบนเมื่อเราเปลี่ยนแปลงค่า Cv จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่เกิดขึ้นเกิดเป็นสัญญาณเอฟเอ็มเนื่องจากความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์ถูกกำหนดโดย Cและ L ดังสมการด้านล่าง

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C+C_v)}} \qquad (2.1)$$

หากเรามีวงจรที่เมื่อป้อนสัญญาณแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าคาพาซิเตอร์ตามสัญญาณที่ป้อนเข้ามาเราก็จะสามารถนำมาต่อขนานกับวงจรเรโซแนนท์ของวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อสร้างสัญญาณเอฟเอ็มได้ โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าคาพาซิเตอร์ในตัวได้ก็คือทรานซิสเตอร์เนื่องจากทรานซิสเตอร์นั้นที่บริเวณรอยต่อระหว่าง สาร P และสาร N จะมีการสะสมประจุตรงบริเวณนี้ขึ้นทำให้

มีลักษณะเหมือนมีคาพาซิเตอร์ เมื่อเราให้การไบอัสกลับมากขึ้นประจุที่สะสมจะลดลงทำให้เหมือนค่าคาพาซิเตอร์ลดลง ในทำนองเดียวกันหากให้การไบอัสกลับลดลง ก็จะได้ค่าคาพาซิเตอร์ที่มากขึ้น

2.2 การตอบสนองความถี่และการกำเนิดความถี่

ความถี่ถือว่าเป็นตัวสำคัญเพราะเกี่ยวข้องกับระบบการทำงานในด้านอิเล็กทรอนิกส์เกือบทุกแขนง อุปกรณ์ตัวสำคัญที่สามารถนำมาใช้เป็นตัวกำเนิดความถี่หรือมีผลต่อการใช้ความถี่ คือR, Lและ Cโดยนำมาต่อเป็นแบบอันดับหรือแบบขนานก็สามารถนำไปใช้เป็นวงจรกำเนิดความถี่หรือวงจรตอบสนองความถี่ได้ ในวงจรที่ต้องการความถี่คงที่และแน่นอนก็ใช้ผลึกควอทซ์เป็นตัวกำเนิดความถี่หรือวงจรตอบสนองความถี่ความถี่ที่อุปกรณ์เหล่านี้ให้กำเนิดขึ้นมาหรือให้การตอบสนองความถี่เราเรียกความถี่จุดนี้ว่าความถี่เรโซแนนท์(RESONANT FREQUENCY)อุปกรณ์ที่มีผลต่อความถี่เรโซแนนท์และสามารถกำหนดปรับเปลี่ยนความถี่ได้ตามต้องการคือLและC ส่วนRจะไม่มีผลต่อการกำหนดหรือปรับเปลี่ยนความถี่ แต่Rมีผลในการทำให้ขนาดความแรงของสัญญาณความถี่ตกคร่อมตัวมันมากหรือน้อยได้ การต่อL, Cเพื่อใช้งานในความถี่เรโซแนนท์เรียกว่าวงจรเรโซแนนท์(RESONANT CIRCUIT) การต่อวงจรเรโซแนนท์ มี 2 แบบคือ แบบอันดับ และแบบขนาน

(ก)วงจรเรโซแนนท์แบบอันดับ (ข) วงจรเรโซแนนท์แบบขนาน

รูปที่ 2.2 วงจรเรโซแนนท์ L, C

การนำวงจรเรโซแนนท์ไปใช้งานได้หลายชนิดด้วยกันคือ

1. วงจรกำเนิดความถี่ (OSCILLATOR CIRCUIT)
2. วงจรรับความถี่ (TUNE CIRCUIT)
3. วงจรดักความถี่ (TRAP CIRCUIT)
4. วงจรกรองความถี่ (FILTER CIRCUIT)

2.2.1 วงจรกำเนิดความถี่ (OSCILLATOR CIRCUIT)

การกำเนิดความถี่ (OSCILLATION) ก็คือการทำให้ไฟกระแสสลับเปลี่ยนแปลงสลับไปสลับมาตลอดเวลาอย่างสม่ำเสมอ หรือกล่าวทั่วๆไปก็คือ การแกว่งตัวของสิ่งต่างๆด้วยความแรงและความเร็วคงที่ ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ วงจรกำเนิดความถี่ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญของการทำงานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์อย่างกว้างขวางเช่นด้านสื่อสารวิทยุ ด้านเครื่องมือวัดและทดสอบ ด้านดนตรีด้านคอมพิวเตอร์ ฯลฯ และยังใช้เป็นส่วนประกอบย่อยๆ ของวงจรอื่นอีกมากมาย ความถี่ที่ถูกกำเนิดขึ้นมาจะอยู่ในรูปของสัญญาณไซน์(SINE WAVE)เสมอซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับเวลา ความถี่ที่สามารถกำเนิดขึ้นมานั้นจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. มีการเคลื่อนไหวไปมาหรือมีการสั่นตัวของวัตถุ ถ้าเป็นทางด้านอิเล็กทรอนิกส์จะมีการทำงานของวงจรที่สลับไปสลับมาของแรงดันและกระแสตลอดเวลา

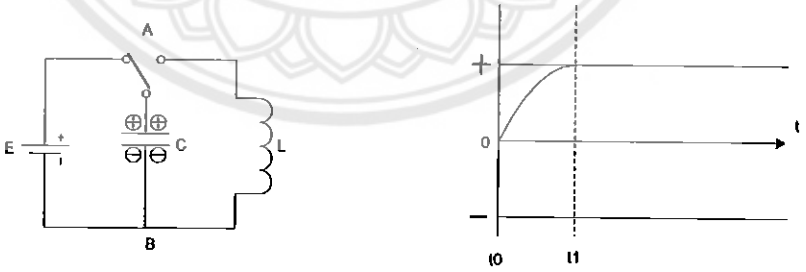
2. การเคลื่อนที่หรือการสั่นดังกล่าวจะต้องสัมพันธ์กับเวลา มีความคงที่และสม่ำเสมอจะทำให้เกิดความถี่ขึ้นมาเทียบกับเวลาใน 1 วินาทีคือความถี่ที่มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์

3. ถ้าระดับความแรงของคลื่นลดลงที่เรียกว่าคลื่นทรุด จะต้องมีการกระตุ้นเสริมความแรงของคลื่นเพื่อให้เกิดความคงที่และสม่ำเสมออยู่ต่อไป

วงจรเบื้องต้นของการกำเนิดความถี่ทางอิเล็กทรอนิกส์

วงจรประกอบไปด้วยขดลวด(INDUCTOR,L) และตัวเก็บประจุ (CAPACITOR,C) ประกอบรวมกันเป็นวงจรเรโซแนนท์แบบขนาน ในครั้งแรกจ่ายไฟให้ C C จะทำการประจุและคายประจุสลับกัน L จะเกิดสนามแม่เหล็กพองตัว และยุบตัวสลับกัน

ช่วงเวลา t0-t1

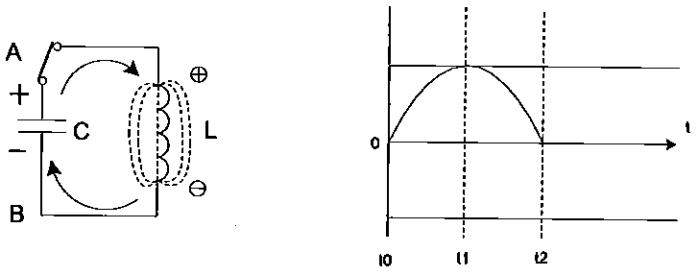


(ก) การสะสมประจุของตัวเก็บประจุ (ข) แรงดันตกคร่อมจุด A,B

รูปที่ 2.3 สภาวะเริ่มต้นของการทำงานวงจรกำเนิดความถี่ C ประจุไฟ

เมื่อต่อ C เข้ากับแบตเตอรี่ C จะเริ่มประจุแรงดันจากแบตเตอรี่เกิดโวลต์ตกคร่อม C ค่อยๆเพิ่มขึ้น ที่จุด A มีศักย์เป็น บวก จุด B มีศักย์เป็นลบ จนCประจุเต็มจะมีโวลต์ตกคร่อมC เท่าแหล่งจ่าย สภาวะ C ประจุจะได้กราฟออกมาดังรูป (ข)

ช่วงเวลา t1-t2

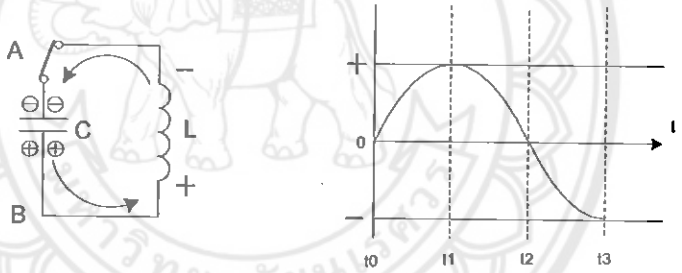


(ก) การปล่อยประจุครั้งที่ I (ข) แรงดันตกคร่อมจุด A,B

รูปที่ 2.4 สภาวะเริ่มคายประจุของCและสภาวะ Lเกิดสนามแม่เหล็ก

เมื่อ C ประจุเต็มโยกสวิทช์ต่อ C เข้ากับ L Cจะคายประจุผ่านLLเกิดสนามแม่เหล็กพองตัวออก แรงดันตกคร่อมจุดA,Bค่อยๆลดลงจนเป็น 0V ขณะนี้C จะคายประจุหมดแล้วLเกิดสนามแม่เหล็กพองตัวเต็มที่

ช่วงเวลาt2-t3

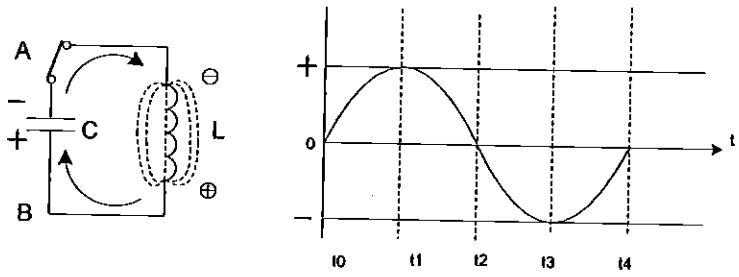


(ก) การสะสมประจุของตัวเก็บประจุ (ข) แรงดันตกคร่อมจุด A,B

รูปที่ 2.5 สภาวะสนามแม่เหล็กในLยุบตัวตัดผ่านตัวมันเกิดแรงดันชักนำไปประจุ C

เมื่อCคายประจุหมดแล้ว เส้นแรงแม่เหล็กในL จะเริ่มยุบตัวลง ตัดกับขดลวด L เกิดกระแสชักนำไหลผ่านเข้าไปประจุใน C ในทิศทางตรงข้ามกับครั้งแรก เกิดแรงดันตกคร่อมตัวC จุดA มีศักย์เป็นลบ จุดB มีศักย์เป็นบวกค่อยๆสูงขึ้นจนสนามแม่เหล็กยุบตัวหมดCประจุเต็มที่

ช่วงเวลา t3-t4

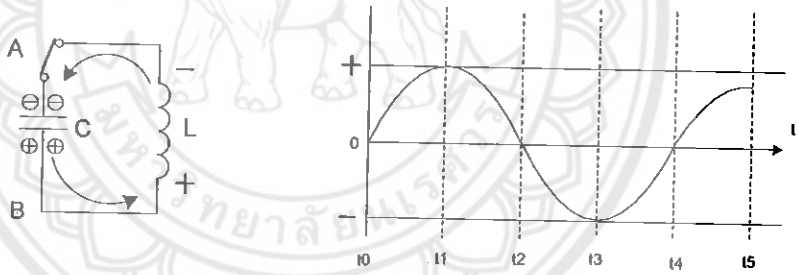


(ก) การปล่อยประจุครั้งที่ 2 (ข) แรงดันตกคร่อมจุด A,B

รูปที่ 2.6 สภาวะเริ่มคายประจุของ C และสภาวะ L เกิดสนามแม่เหล็ก

เมื่อสนามแม่เหล็ก Lยุบตัวหมด Cประจุเต็มที่แล้ว C จะเริ่มคายประจุคืนให้ Lอีกครั้ง L เกิดสนามแม่เหล็กพองตัวออก แรงดันตกคร่อมจุดA,Bค่อยๆลดลงเป็น 0V ขณะนี้ Cคายประจุหมดแล้ว และLเกิดสนามแม่เหล็กพองตัวเต็มที่

ช่วงเวลา t4-t5

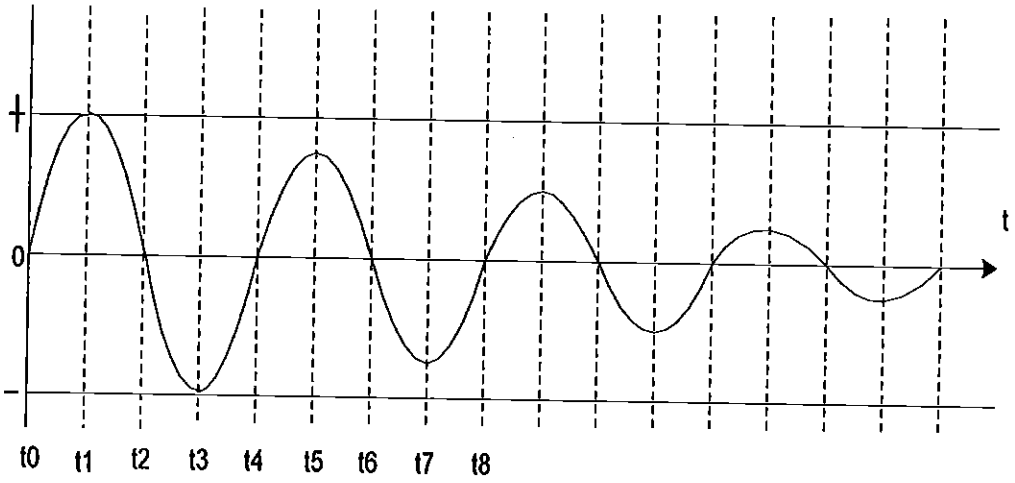


(ก) การสะสมประจุของตัวเก็บประจุ (ข) แรงดันตกคร่อมจุด A,B

รูปที่ 2.7 สภาวะสนามแม่เหล็กในLยุบตัวตัดผ่านตัวมันเกิดแรงดันชักนำไปประจุ C

เมื่อCคายประจุหมด เส้นแรงแม่เหล็กในLจะยุบตัวลง ตัดกับขดลวดLเกิดกระแสชักนำไหลผ่านเข้าไปประจุในC เกิดแรงดันตกคร่อม C จุด Aมีศักย์เป็นบวกจุดBมีศักย์เป็นลบ เป็นสภาวะเช่นเดียวกับช่วงเวลาt0-t1 คือจะเกิดสัญญาณกระแสสลับซ้ำของเดิม

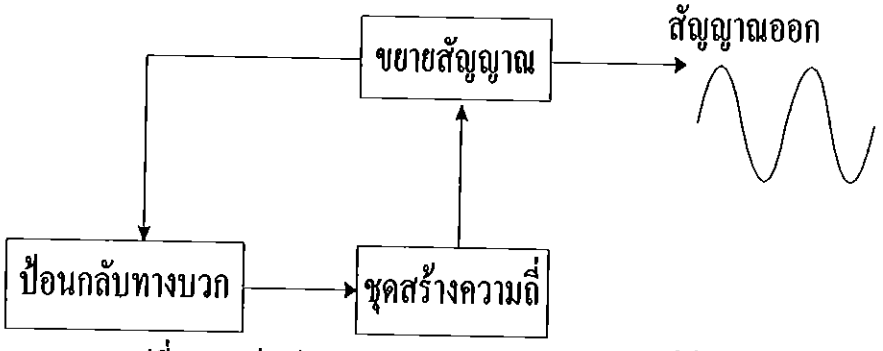
การทำงานจะเป็นเช่นนี้เรื่อยไป ทำให้เกิดแรงดันไฟสลับตกคร่อมจุดA,B ของวงจรตามรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แรงดันตกคร่อมจุด A,B ของวงจรออสซิลเลเตอร์L,C

รูปที่ 2.8 เป็นสัญญาณไฟสลับที่ตกคร่อมจุดA,B ของวงจรออสซิลเลเตอร์ L,C จะเกิดสภาวะคลื่นทรุด(DAMPING WAVE) เกิดขึ้นเนื่องจากค่าความต้านทานในตัว Cและ L เป็นตัวต้านทานการไหลของกระแสที่จะไปประจุ และคายประจุใน C ต้านการไหลของกระแสที่จะไปทำให้เกิดสนามแม่เหล็กพองตัวออกและยุบตัวเข้าใน L ทำให้ระดับแอมปลิจูดของสัญญาณลดลงเรื่อยๆจนหยุดการกำเนิดความถี่ในที่สุด ช่วงเวลาt0-t4 คือการเกิดสัญญาณไฟสลับครบ 1ลูกคลื่น ต่อหน่วยเวลา t โดยมีความยาวคลื่นเท่ากันตลอด ถึงแม้ระดับความแรงของสัญญาณจะค่อยๆลดลงก็ตาม ได้ความถี่คงที่ค่าหนึ่งออกมา ความถี่ดังกล่าวนี้เรียกว่าความถี่เรโซแนนท์(RESONANT FREQUENCY)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าวงจรเรโซแนนท์แบบขนาน สามารถสร้างความถี่ขึ้นมาได้ นำไปใช้เป็นชุดสร้างความถี่ให้กับวงจรกำเนิดความถี่ได้ แต่มีข้อเสียที่ระดับความแรงของสัญญาณลดลงเรื่อยๆไม่คงที่ ดังนั้นการจะนำไปใช้เป็นวงจรกำเนิดความถี่ที่สมบูรณ์ จะต้องเพิ่มวงจรขยายสัญญาณและวงจรป้อนกลับทางบวก(POSITIVE FEEDBACK)เข้าไป เพื่อทำให้วงจรกำเนิดความถี่สามารถกำเนิดความถี่ที่มีทั้งความถี่และแอมปลิจูดคงที่ตลอดเวลา สามารถใช้งานเป็นวงจรกำเนิดความถี่ได้



รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมของวงจรกำเนิดความถี่ที่สมบูรณ์

จากรูปที่ 2.9 การทำงานของวงจรเป็นดังนี้ ชุดสร้างความถี่ที่เป็นวงจรเรโซแนนท์แบบขนาน จะกำเนิดความถี่ขึ้นมา ส่งต่อไปวงจรขยายสัญญาณให้มีระดับความแรงมากขึ้นเพื่อส่งออกเอาต์พุต มีบางส่วนของสัญญาณที่ถูกขยายจะถูกป้อนกลับมาเข้าชุดสร้างความถี่ โดยเป็นการป้อนกลับทางบวกคือป้อนกลับมาเสริมความแรงของความถี่ที่กำเนิดขึ้นมา สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \tag{2.2}$$

F = ความถี่ที่เกิดขึ้นจากวงจรกำเนิดความถี่ หน่วยเป็นเฮิรตซ์(Hz)

L = ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด หน่วยเป็น เฮนรี่(H)

C = ค่าความจุของตัวเก็บประจุ หน่วยเป็น ฟารัด(F)

¶ = 22/7

2.3 การดีมอดูเลตสัญญาณ FM

การดีมอดูเลตสัญญาณ FM นั้นทำได้หลายแบบด้วยกัน มีที่ใช้อยู่อย่างกว้างขวาง 3 แบบคือ แบบที่ใช้การแปลงสัญญาณ FM เป็นสัญญาณ AM แบบควอดเดรเจอร์ดีเทคชัน และแบบที่ใช้เฟสล็อคลูป(phase locked loop ย่อว่าPLL) สำหรับในโครงงานนี้ใช้ไอซีเบอร์ TDA7000เป็นตัวดีมอดูเลตสัญญาณเอฟเอ็ม ซึ่งภายในตัวไอซีจะใช้การดีมอดูเลตแบบ ควอดเดรเจอร์ดีเทคชัน

2.3.1 ควอดเดรเจอร์ดีเทคชัน (Quadrature detection)

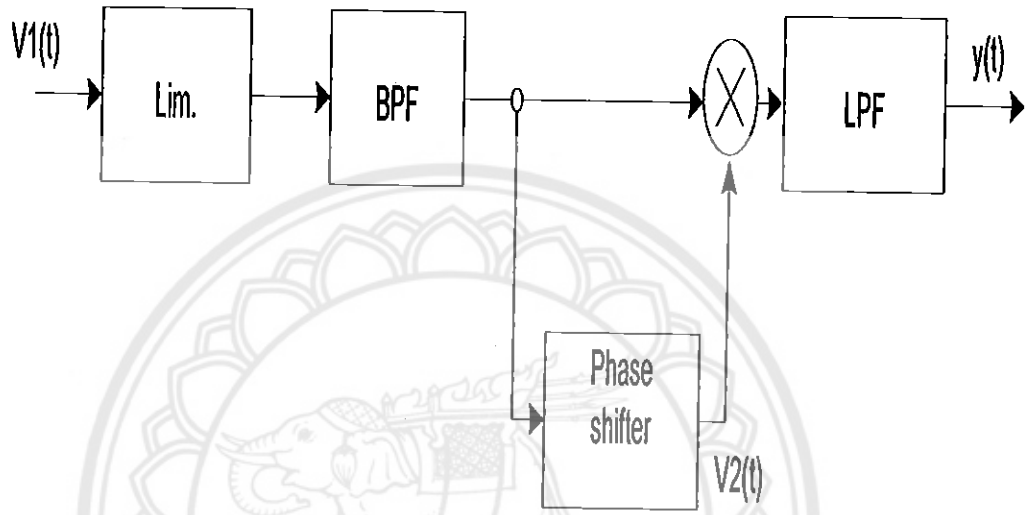
การดีมอดูเลตสัญญาณ FM แบบควอดเดรเจอร์ดีเทคชันนั้นเป็นการใช้วงจรแยกแยะเฟสในการดึงเอาสัญญาณเบสแบนด์ออกมาจากสัญญาณ FM ดังนั้นจึงต้องกล่าวถึงหลักการของวงจรแยกแยะเฟสก่อนดังต่อไปนี้ วงจรแยกแยะเฟสจะอาศัยหลักการพื้นฐานของการดิฟเฟอเรนชิเอทกล่าวคือ แสดงการดิฟเฟอเรนชิเอทให้อยู่ในรูปของการประมาณค่าดังนี้

$$\frac{d}{dt}\phi(t) = \frac{1}{\tau}[\phi(t) - \phi(t-\tau)] \tag{2.3}$$

ในกรณีของสัญญาณ FM นั้น เนื่องจาก $\phi(t) = k\int_{-\infty} m(t)dt$ ดังนั้นจะสามารถผูกพันสมการ(2.3)กับสัญญาณเบสแบนด์ m(t) ได้ดังต่อไปนี้

$$[\phi(t) - \phi(t-\tau)] = \tau\frac{d}{dt}\phi(t) = k\tau m(t) \tag{2.4}$$

นั้นคือถ้าเราสามารถสร้าง $\phi(t-\tau)$ และสร้างวงจรที่จะให้ผลระหว่าง $\phi(t)$ และ $\phi(t-\tau)$ สัญญาณขาออกที่ได้ก็จะแปรตรงกับสัญญาณเบสแบนด์ m(t) สร้างสัญญาณ $\phi(t-\tau)$ จากสัญญาณ FM ก็จะทำได้โดยใช้วงจรหน่วงเวลาหรือวงจรเฟสชิฟเตอร์แบบเชิงเส้นนั้นเอง สำหรับการสร้างสัญญาณ $\phi(t)-\phi(t-\tau)$ นั้น จะทำได้โดยนำสัญญาณ FM เดิมกับสัญญาณ FM ที่ถูกหน่วงเวลามาเข้าวงจรคูณแล้วกรองด้วยฟิลเตอร์ผ่านความถี่ต่ำ รูปที่2.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมของกระบวนการที่กล่าวมานี้ วงจรลิมิตเตอร์และฟิลเตอร์ผ่านแถบความถี่มีไว้จัดการกับระดับสัญญาณที่อาจจะเปลี่ยนแปลงตามเวลา และให้ผ่านเฉพาะ แถบความถี่ที่เกี่ยวข้องตามลำดับ



รูปที่ 2.10 บล็อกไดอะแกรมของระบบควอดเดรเจอร์ดีเทคชัน

ควอดเดรเจอร์ดีเทคชันนั้นเป็นชื่อเรียกระบบดีเทคชันข้างต้นที่ตั้งการหน่วงเวลาของวงจรหน่วงเวลาให้มีค่า τ ที่ทำให้ $\omega_c\tau = \pi/2$ ดังนั้นถ้าให้สัญญาณFM ที่เข้ามาเขียนได้เป็น $v_1(t) = \cos[\omega_c t + \phi(t)]$ สัญญาณที่ผ่านวงจรหน่วงก็จะเขียนได้เป็น

$$v_2(t) = \cos[\omega_c(t-\tau) + \phi(t-\tau)] = \sin[\omega_c t + \phi(t-\tau)] \qquad (2.5)$$

เมื่อคูณสัญญาณ $v_1 t$ และ $v_2 t$ ด้วยวงจรคูณแล้วผ่านฟิลเตอร์ผ่านความถี่ต่ำผลที่ได้ออกมาเขียนได้เป็น

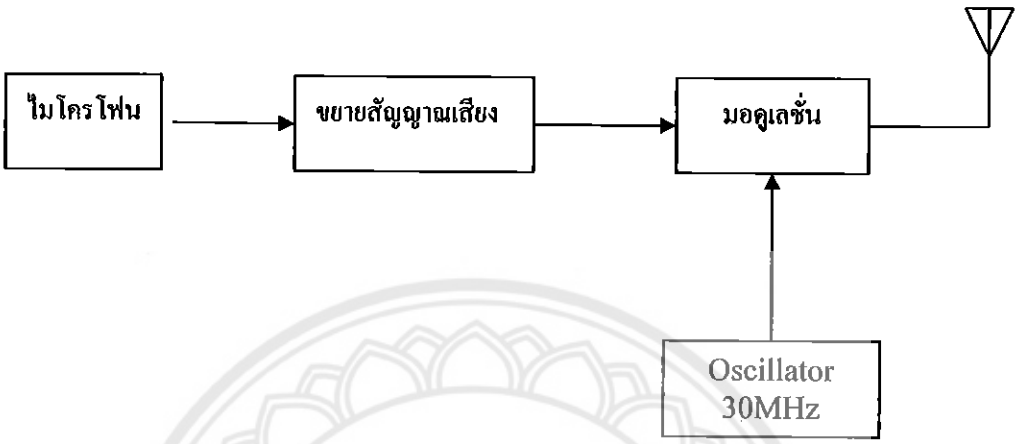
$$y(t) = \sin[\phi(t) - \phi(t-\tau)] \qquad (2.6)$$

และเนื่องจาก τ มีค่าเล็กมาก ทำให้ $[\phi(t)-\phi(t-\tau)] << \pi$ เราจึงสามารถประมาณ(2.6)สมการเป็นดังนี้

$$y(t) = \phi(t) - \phi(t-\tau) = k\tau m(t) \qquad (2.7)$$

บทที่ 3
เครื่องส่ง FM 30MHz

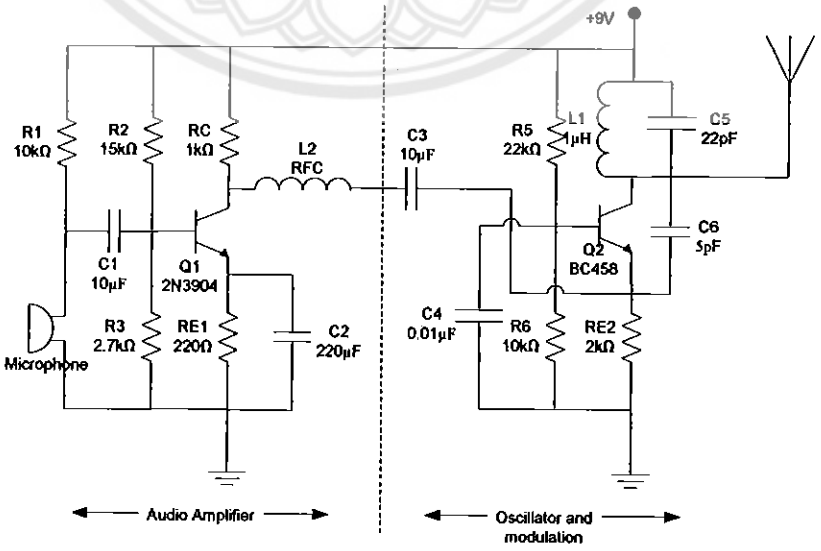
บล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่ง FM 30MHz



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่ง FM 30MHz

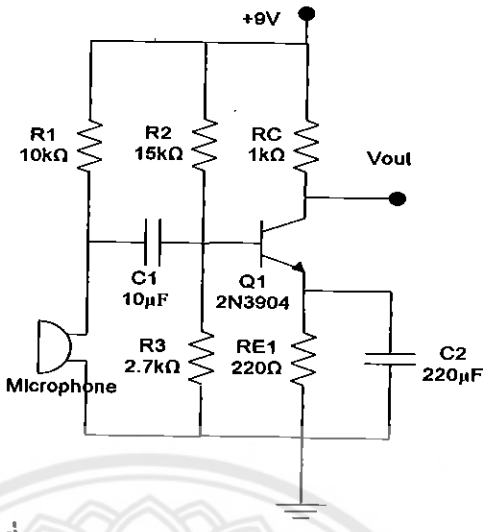
รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องส่งเอฟเอ็ม 30เมกกะเฮิรตซ์ ซึ่งเมื่อไมโครโฟนรับสัญญาณเสียงแล้วจะแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าและส่งไปขยายที่วงจรขยาย จากนั้นสัญญาณเสียงที่ถูกขยายแล้วจะถูกส่งไปทำการมอดูเลชั่นกับความถี่คลื่นพาห์ 30 เมกกะเฮิรตซ์และส่งออกอากาศต่อไป

วงจรเครื่องส่งFM 30 MHz



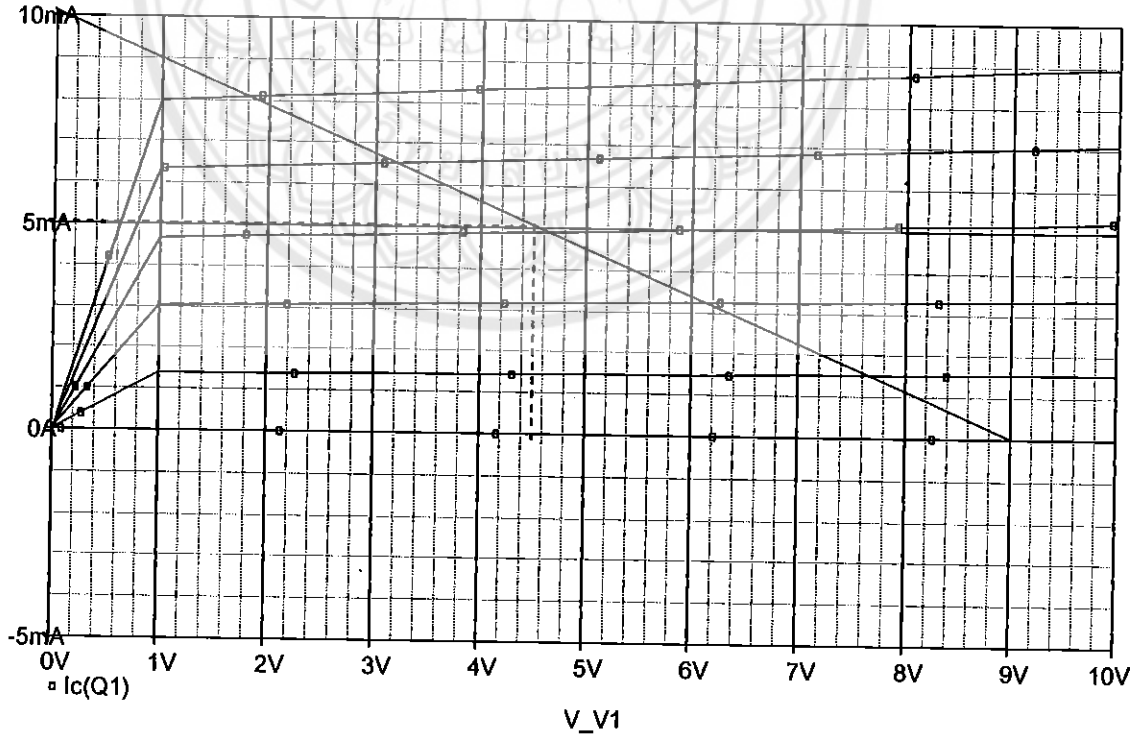
รูปที่ 3.2 วงจรเครื่องส่งFM 30 MHz

3.1 วงจรขยายสัญญาณเสียงจากไมโครโฟน



รูปที่ 3.3 วงจรภาคขยายสัญญาณจากไมโครโฟน

ใช้วงจรขยายสัญญาณ ชนิด คอมมอน อิมิตเตอร์ ในการออกแบบวงจรจะใช้กราฟคุณลักษณะทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3904 ในการหาค่า R_1, R_2, R_C, R_E จากกราฟคุณลักษณะของทรานซิสเตอร์จะได้ค่า $I_{CQ} = 5mA$, $V_{CEQ} = 4.5V$, และ $I_B = 30\mu A$



รูปที่ 3.4 กราฟคุณลักษณะของทรานซิสเตอร์ 2N3904

ให้ $V_E = 1\ V$

$$R_E = \frac{V_E}{I_E} = \frac{1V}{5mA} = 200\Omega$$

$$R_C = \frac{Vcc - V_{CE} - V_E}{I_C} = \frac{9V - 4.5V - 1V}{5mA} = 720\Omega$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{5mA}{30\mu A} = 160$$

$$R_3 = \frac{1}{10}\beta R_E = \frac{1}{10}(160)(200) = 3.2k\Omega$$

$$V_B = \frac{R_2 Vcc}{R_1 + R_2}$$

$$1.6V = \frac{3.2k\Omega(9V)}{R_1 + 3.2k\Omega}$$

$$R_2 = \left(\frac{3.2k\Omega(9V)}{1.6V}\right) - 3.2k\Omega = 14.8k\Omega$$

เลือกใช้ค่าRที่คำนวณได้ตามที่มีขายทั่วไปคือ R_2=15kΩ, R_3=2.7kΩ, R_C=1kΩ, R_E=220Ω
ใช้ค่า R ใหม่นี่มาหาค่าในวงจรใหม่จะได้ว่า

$$V_B = \frac{R_2 Vcc}{R_1 + R_2} = \frac{2.7k\Omega}{2.7k\Omega + 15k\Omega} \times 9V = 1.327V$$

$$V_E = V_B - V_{BE} = 1.372V - 0.7V = 0.672V$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{0.672V}{220\Omega} = 3.05mA$$

$$I_E \approx I_C = 3.05mA$$

$$R_B = R_2 \,//\, R_3 = 2.28k\Omega$$

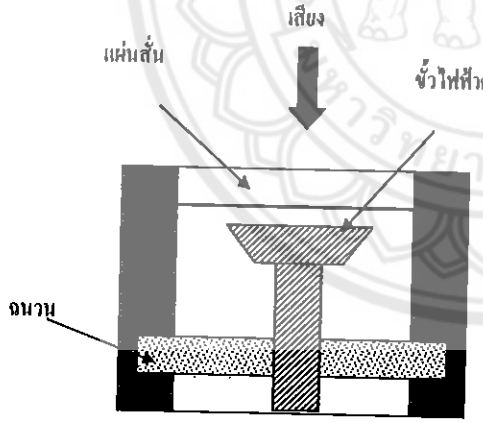
$$I_B = \frac{V_B}{R_B} = \frac{1.372V}{2.28k\Omega} = 601\mu A$$

$$V_C = I_C \times R_C = 3.05V$$

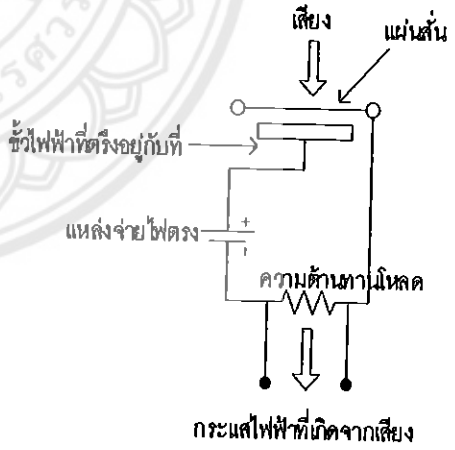
$$r_e = \frac{26mV}{I_E} = \frac{26mV}{3.05mA} = 8.52\Omega$$

$$A_V = \frac{Rc}{r_e} = \frac{1k\Omega}{8.52\Omega} = 117.3$$

ในโครงงานนี้จะใช้คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนเพราะเป็นไมโครโฟนคุณภาพดี ไม่ทำให้เกิดเสียงรบกวนและคุณภาพของเสียงที่ออกมาก็ดีมากโครงสร้างและการทำงานของไมโครโฟนชนิดนี้ แสดงไว้ในรูปด้านล่างตัวไมโครโฟนประกอบด้วย แผ่นสั่น(Diaphragm) กับขั้วไฟฟ้าที่ตรึงอยู่กับที่ แผ่นสั่นและขั้วไฟฟ้านี้ประกอบกันเป็นตัวเก็บประจุ(Condenser)ที่ตัวเก็บประจุจะมีแรงดันไฟฟ้าตรงคร่อมอยู่ เมื่อมีเสียงเข้ามากระทบจะทำให้แผ่นสั่นเกิดการสั่นสะเทือนขึ้นและผลของการสั่นจะทำให้ค่า Cของตัวเก็บประจุเปลี่ยนแปลงไปซึ่งมีผลทำให้ประจุไฟฟ้าที่ประจุอยู่เปลี่ยนแปลงไปด้วยการเปลี่ยนแปลงของประจุไฟฟ้านี้ก็คือกระแสไฟฟ้าจะเป็นสัญญาณเสียงต่อไป

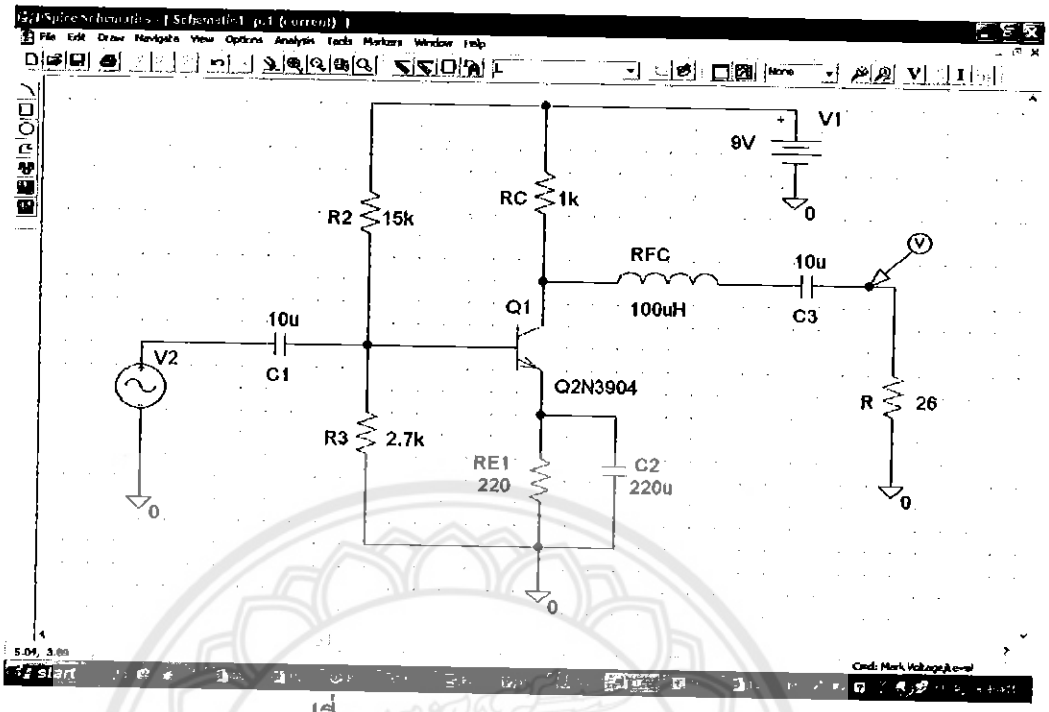


รูปที่ 3.5 โครงสร้างของไมค์คอนเดนเซอร์

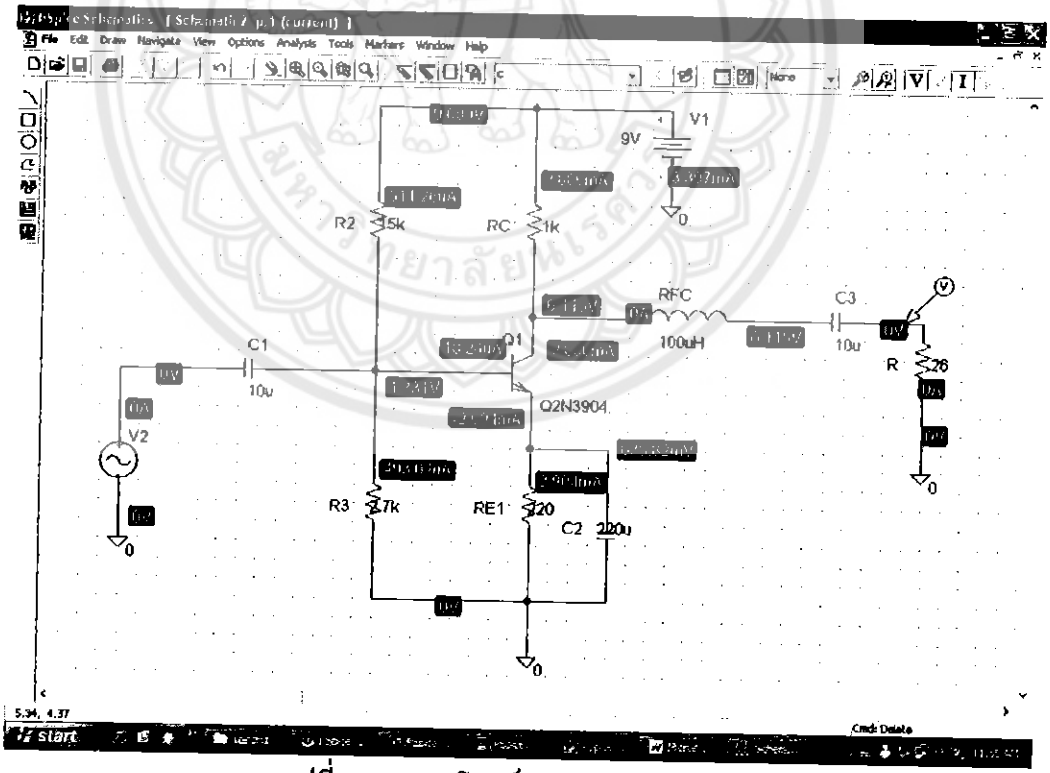


รูปที่ 3.6 หลักการทำงานของไมค์คอนเดนเซอร์

3.1.1 วิเคราะห์วงจรขยายโดยใช้โปรแกรม Pspice

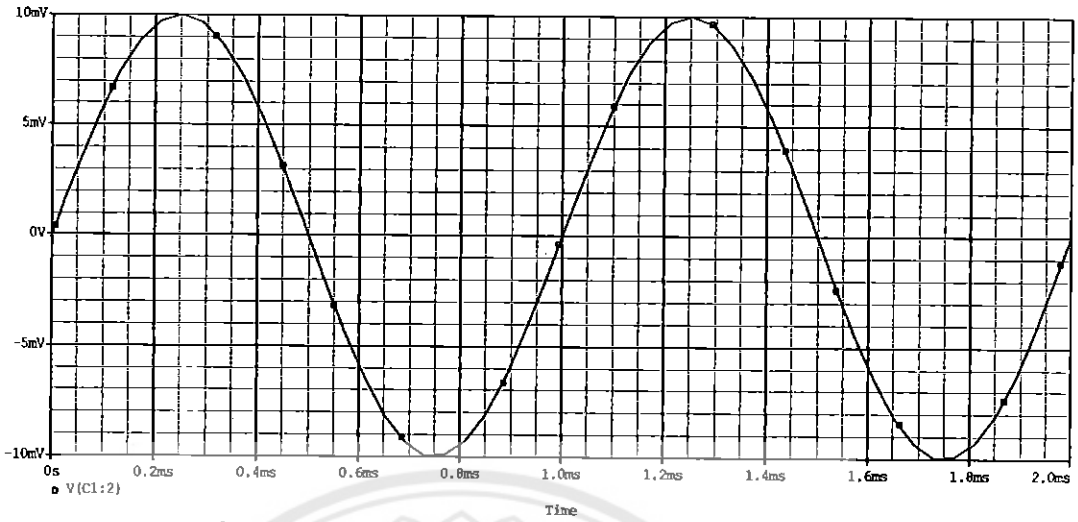


รูปที่ 3.7 แสดง Schematic ของวงจรขยาย



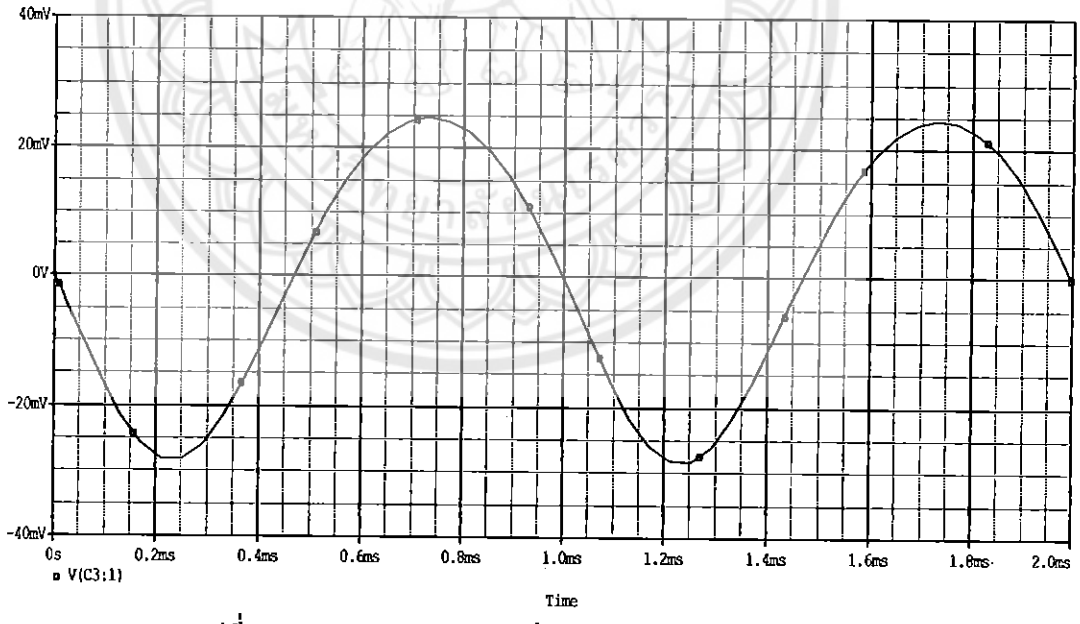
รูปที่ 3.8 แสดงโวลต์และกระแสของวงจร

3.1.1.1 ทำการป้อนสัญญาณ V2 มีแอมปลิจูด 10mV ความถี่ 1kHz



รูปที่ 3.9 แสดงรูปสัญญาณ V2 แอมปลิจูด 10mV ความถี่ 1kHz

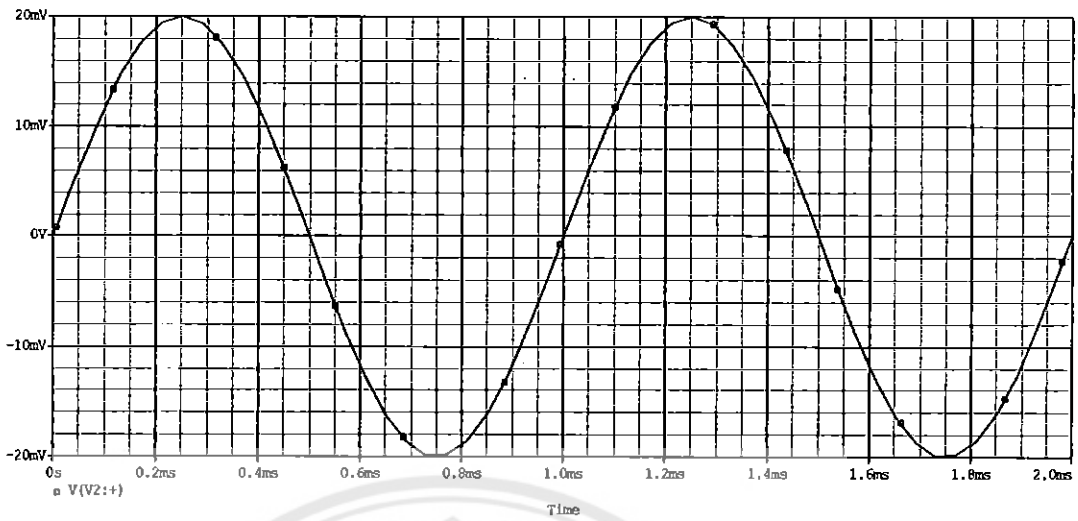
รูปที่ 3.9 แสดงสัญญาณที่เราป้อนให้กับวงจรขยายเพื่อทำการทดสอบ**ดูอัตราขยายของวงจรขยายสัญญาณ**ในขณะที่ต่อกับความต้านทานภาระที่มีค่า 26 โอมห์ซึ่งเป็นความต้า**นทานอินพุตของวงจรออสซิลเตอร์** ซึ่งสัญญาณที่ป้อนให้วงจรขยายนั้นมีแอมปลิจูด 10mV ความถี่ 1kHz



รูปที่ 3.10 แสดงสัญญาณเอาต์พุตจากวงจรขยาย วัดหลัง C3

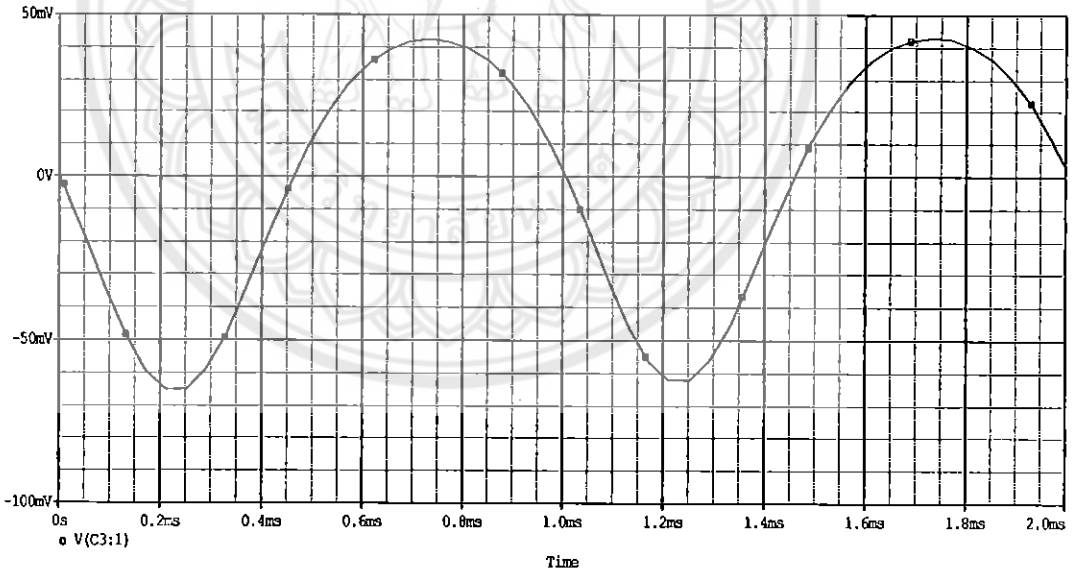
รูปที่ 3.10 แสดงรูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยายหลังจากที่ทำการป้อนสัญญาณ ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ แอมปลิจูด 10 มิลลิโวลต์มาทำการขยายซึ่งจากรูปที่ 3.10 จะเห็นได้ว่าสัญญาณมีแอมปลิจูดเพิ่มขึ้น 2.5เท่า

3.1.1.2 ทำการป้อนสัญญาณ V2 แอมปลิจูด 20mV ความถี่ 1kHz และวัดผลสัญญาณเอาต์พุต



รูปที่ 3.11 แสดงสัญญาณ V2 แอมปลิจูดV2แอมปลิจูด20mVความถี่1kHz

รูปที่ 3.11 แสดงสัญญาณที่เราป้อนให้กับวงจรขยายเพื่อทำการทดสอบดูอัตราขยายของวงจรขยายสัญญาณในขณะที่ต่อกับความต้านทานภาระที่มีค่า 26 โอมห์ซึ่งเป็นความต้านทานอินพุตของวงจรออสซิลเตอร์ ซึ่งสัญญาณที่ป้อนให้วงจรขยายนั้นมีแอมปลิจูด 20mV ความถี่ 1kHz



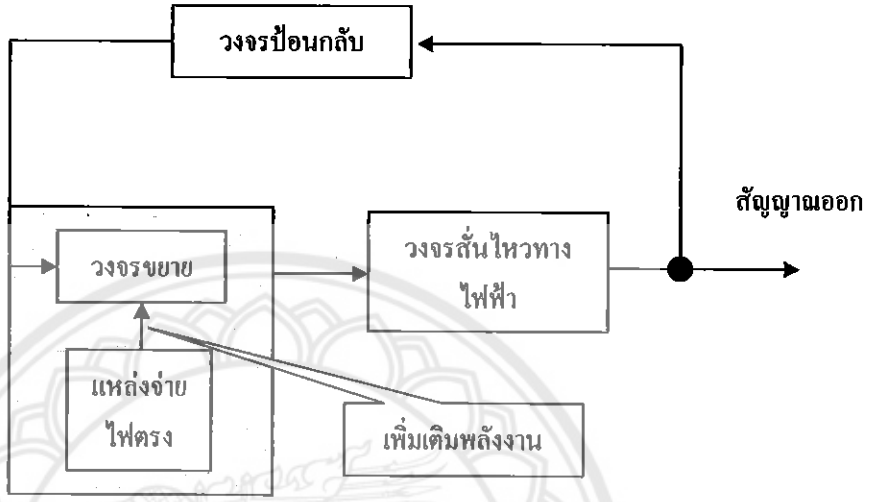
รูปที่ 3.12 แสดงสัญญาณเอาต์พุตจากวงจรขยาย วัดหลัง C3

รูปที่ 3.12 แสดงรูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยายหลังจากที่ทำการป้อนสัญญาณ ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ แอมปลิจูด 20 มิลลิโวลต์มาทำการขยายซึ่งจากรูปที่ 3.12 จะเห็นได้ว่าสัญญาณมีแอมปลิจูดเพิ่มขึ้นประมาณ 2เท่า

3.2 วงจรออสซิลเลเตอร์

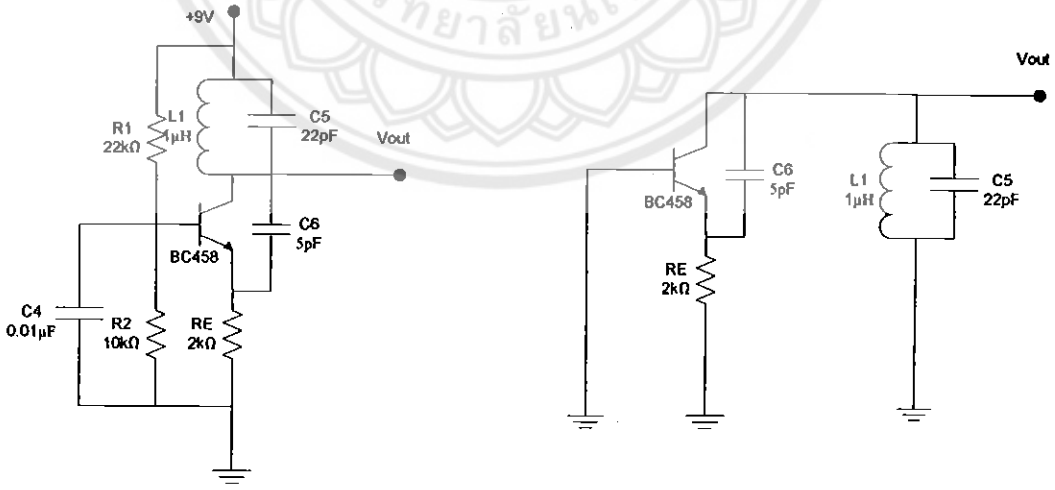
3.2.1 โครงสร้างของวงจร ออสซิลเลเตอร์

วงจรออสซิลเลเตอร์เป็นวงจรที่ประกอบด้วยวงจรสั่นไหวทางไฟฟ้ากับวงจรขยาย ประจุที่ลดหายไปจากวงจรสั่นไหวทางไฟฟ้าจะถูกทดแทนด้วยการขยาย ทำให้การสั่นไหวนั้นเกิดขึ้นต่อเนื่องกันไปตลอด



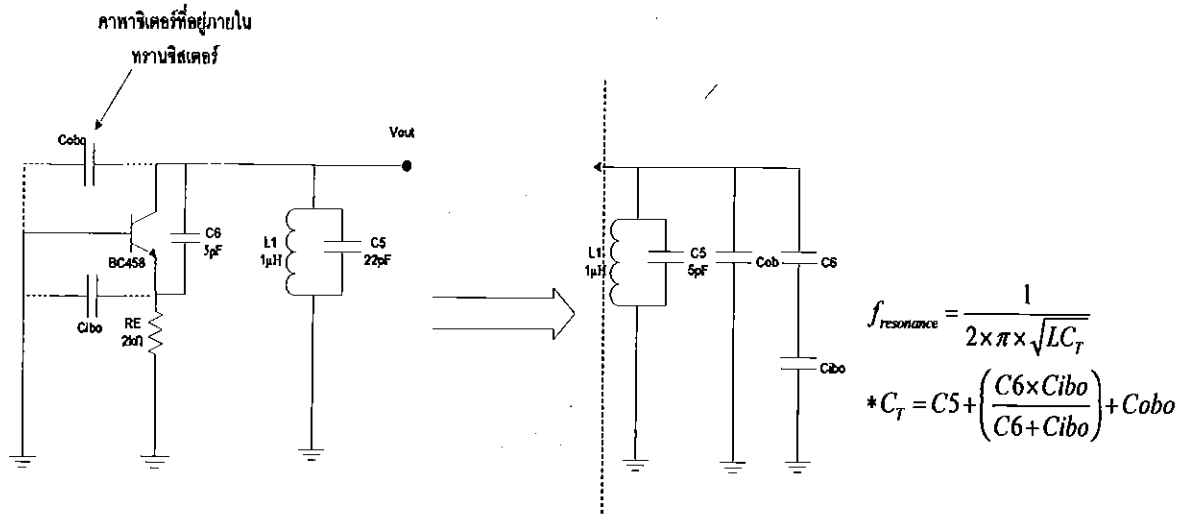
รูปที่ 3.13 บล็อกไดอะแกรมวงจรออสซิลเลเตอร์

3.2.2 วงจรออสซิลเลเตอร์ความถี่ 30 MHz



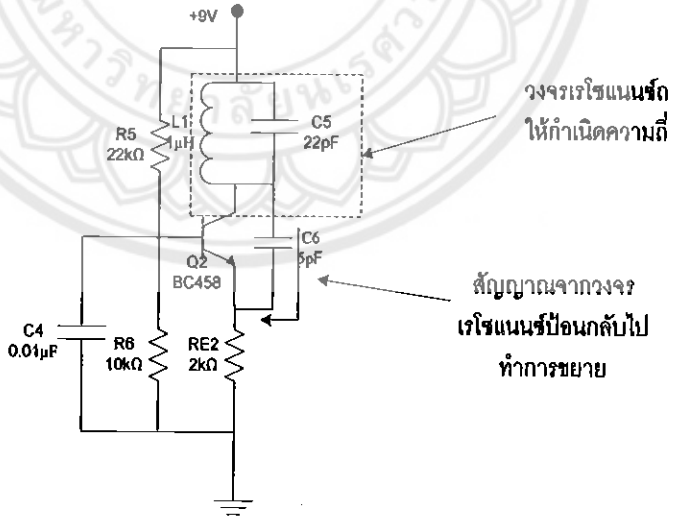
(ก) วงจรออสซิลเลเตอร์ที่สมบูรณ์ (ข)วงจรสมมูลกระแสสลับ

รูปที่ 3.14 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์



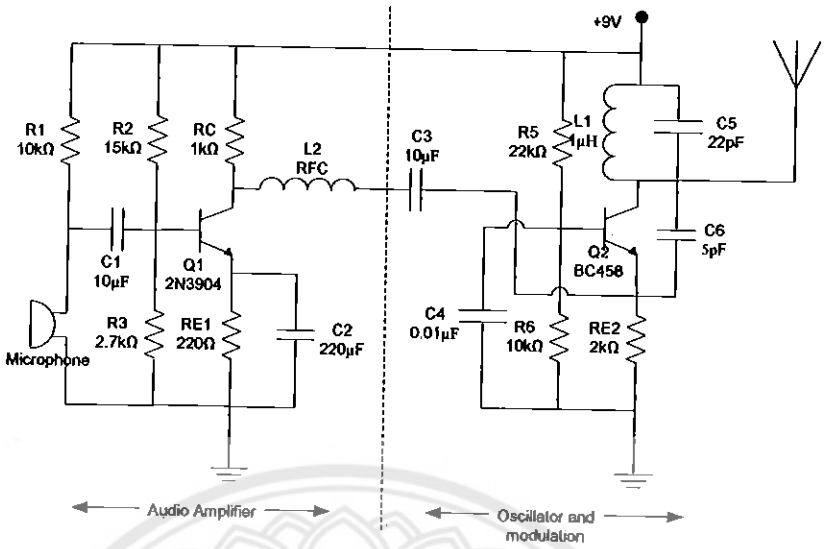
รูปที่ 3.15 แสดงคาพาซิเตอร์ที่มีผลต่อวงจรเรโซแนนท์

L1 และ C2 ต่อขนานกันเป็นวงจรเรโซแนนท์ โดยวงจรเรโซแนนท์นี้จะต่ออนุกรมอยู่กับวงจรขยายเบสร่วม และเมื่อต่อวงจรนี้กับแหล่งจ่ายกระแสไฟตรง วงจรเรโซแนนท์จะเกิดการสั่นไหวทางไฟฟ้าที่ความถี่ 30MHzขึ้น โดยสัญญาณนี้จะผ่าน C5 เพื่อป้อนกลับไปยังขา อิมิตเตอร์เพื่อให้วงจรขยายต่อไปเพื่อเติมพลังงานให้กับวงจรเรโซแนนท์เพื่อให้เกิดการออสซิลเลตอย่างต่อเนื่อง R5 และ R6 จะทำหน้าที่ไบอัสแรงดันให้กับทรานซิสเตอร์ BC 458



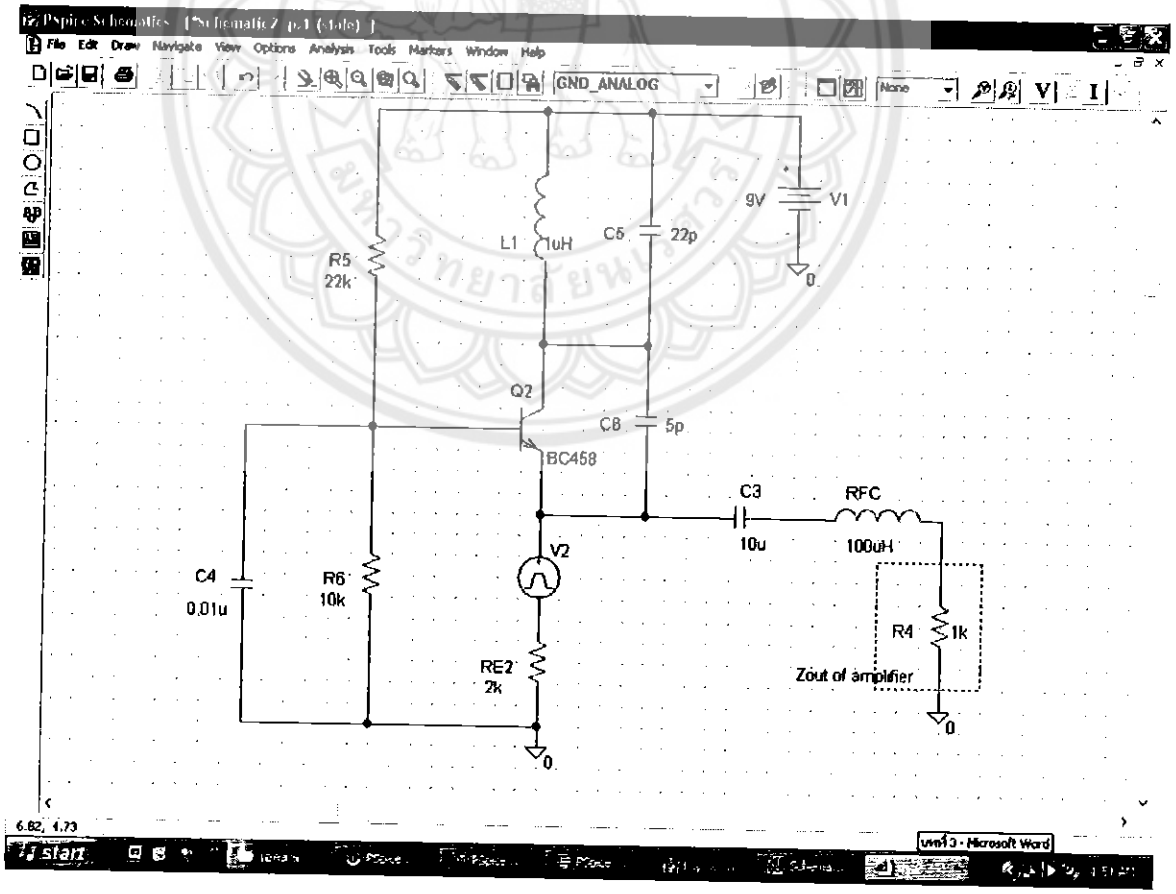
รูปที่ 3.16 แสดงการสร้างความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์

3.2.3 วิเคราะห์การทำงานของของภาค ออสซิลเลเตอร์

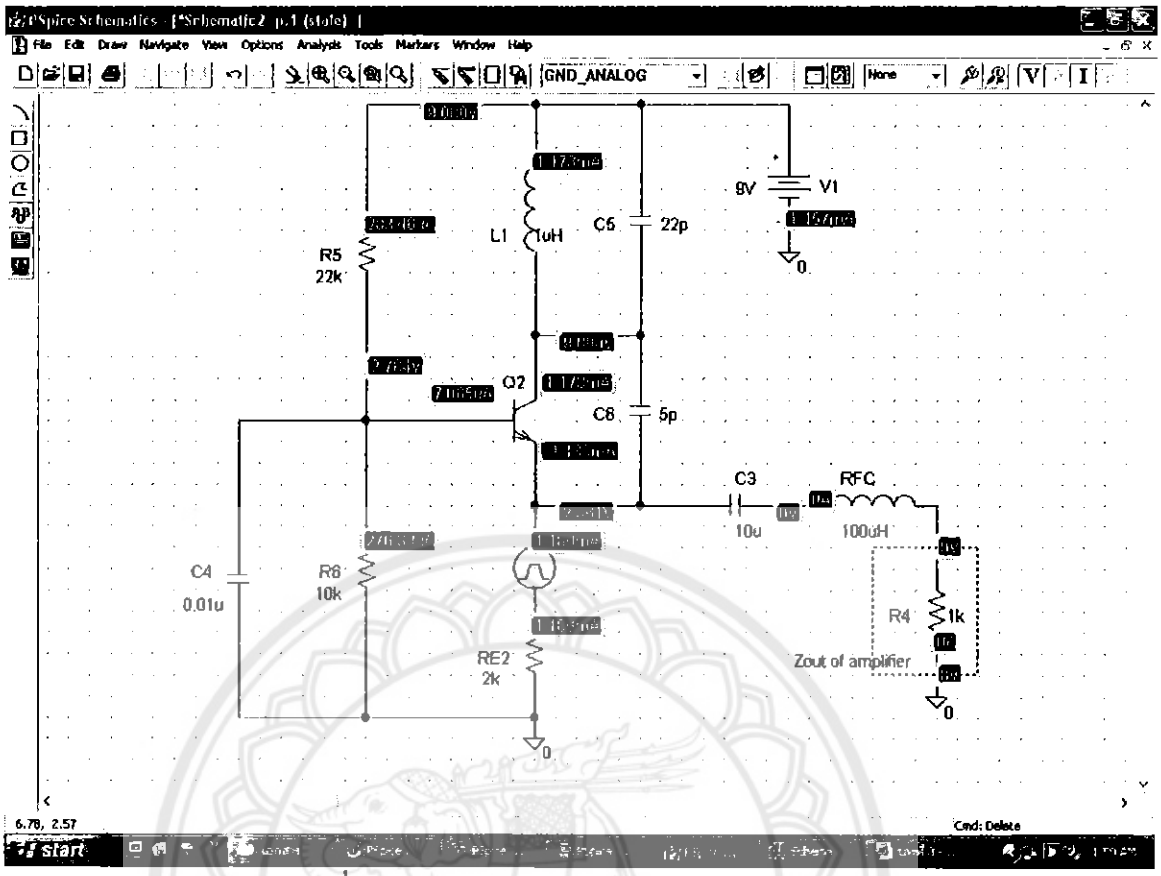


รูปที่ 3.17 วงจรเครื่องส่ง FM 30MHz

ทำการจำลองการทำงานวงจรเครื่องส่งภาคออสซิลเลเตอร์และมอดูเลชั่นโดยใช้โปรแกรมpspice

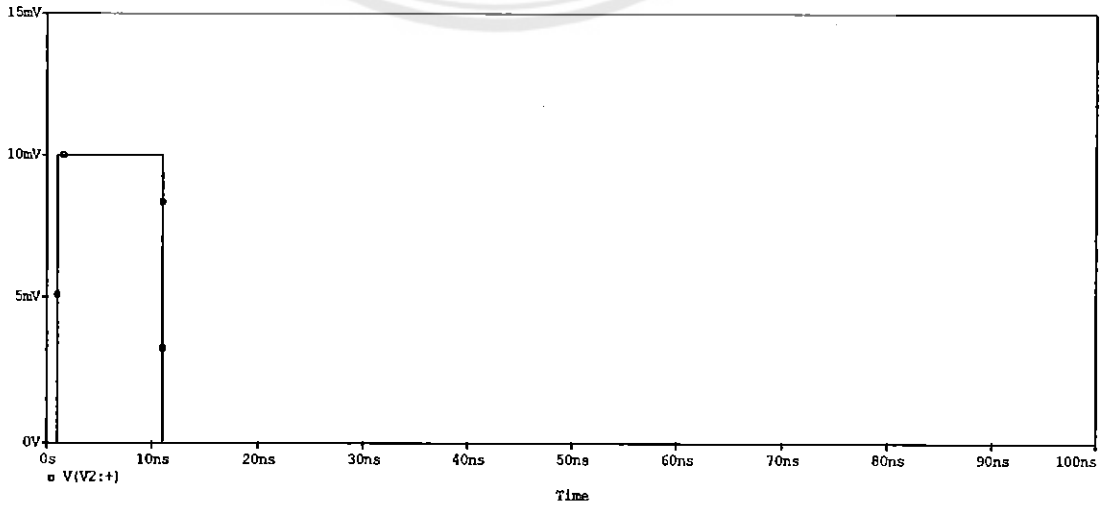


รูปที่ 3.18 Schematic วงจรออสซิลเลเตอร์30MHz



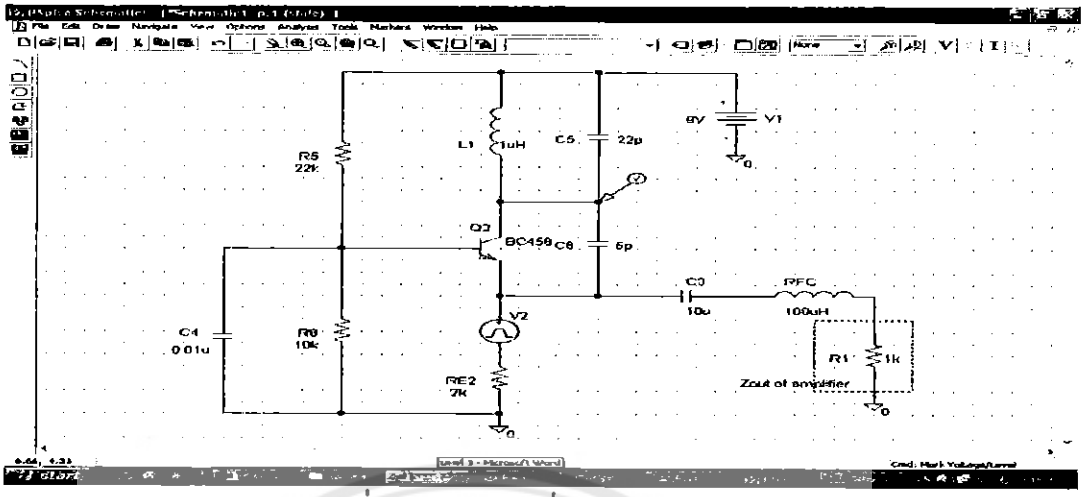
รูปที่ 3.19 แสดงโวลต์และกระแสไฟตรงของวงจร

รูปที่ 3.18 แสดงแผนผังวงจรที่ทำการจำลองการทำงานในโปรแกรม Pspice **ซึ่งได้ทำการใส่แหล่งกำเนิดสัญญาณพัลส์ไว้ที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ เพื่อเป็นการกระตุ้นการทำงานของวงจรออสซิลเลเตอร์ให้เกิดการออสซิลเลตขึ้น และได้ต่อกับความต้านทานเอาต์พุตของวงจรขยายไว้ด้วย ส่วนรูปที่** 3.19 ได้แสดงโวลต์และกระแสที่จุดต่างๆของแผนผังวงจร



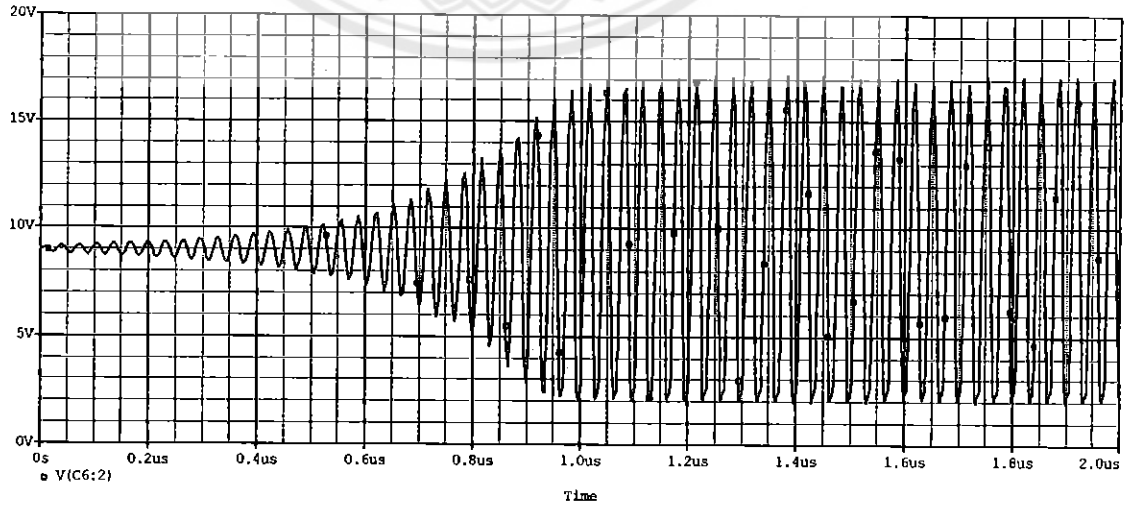
รูปที่ 3.20 แสดงสัญญาณพัลส์ V2

1.ทำการวัดสัญญาณ V_C

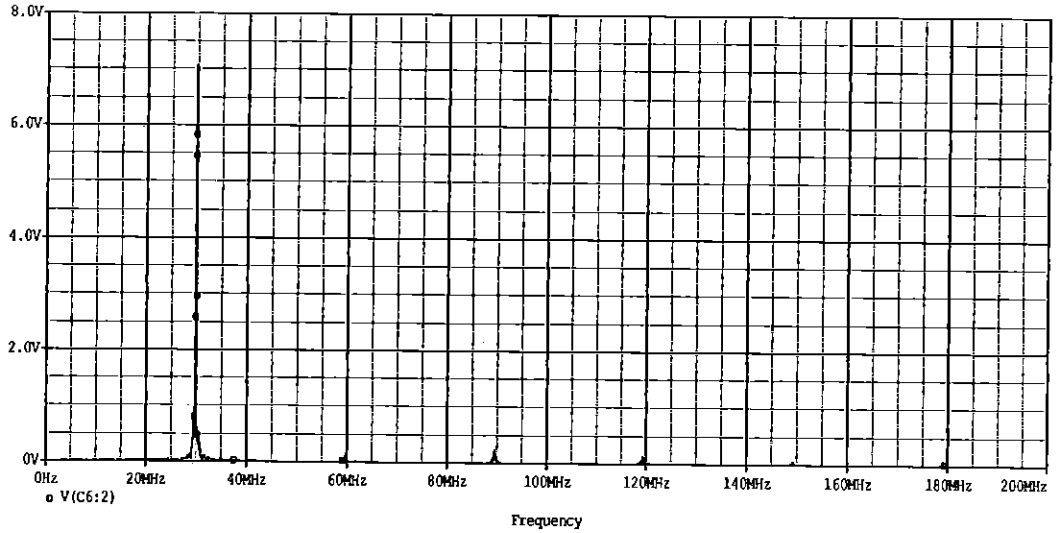


รูปที่ 3.21 แสดงจุดที่ทำการวัดสัญญาณ

เมื่อป้อนพัลส์เข้าไปที่ขาอิมิตเตอร์ ของ Q2 โวลต์ด้านบวกจะเพิ่มขึ้นตามสัญญาณพัลส์ ที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Q2 ก็จะมีโวลต์บวกเพิ่มขึ้นด้วย โวลต์ที่เพิ่มขึ้นนี้จะไปทำให้ C5 ทำการชาร์จประจุ เมื่อพัลส์ที่ขาอิมิตเตอร์สิ้นสุด โวลต์ที่ขาคอลเลคเตอร์จะเข้าสู่ภาวะปกติ C5 จะทำการคายประจุ ไหลผ่าน L1 เกิดการเรโซแนนท์ขึ้น และความถี่เรโซแนนท์จะถูกป้อนกลับผ่าน C6 มาทำการขยายโดยQ2 การป้อนกลับนี้เป็นการป้อนกลับบวก ทำให้สัญญาณมีการขยายมากขึ้นเรื่อยจนถึงจุดจำกัดที่ Q2 ไม่สามารถขยายได้มากว่านี้อีกแล้วก็จะได้สัญญาณที่มีแอมปลิจูดคงที่ดังรูปที่ 3.22 สัญญาณจะคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 1 ไมโครวินาทีรูปที่ 3.23 แสดงความถี่ของสัญญาณในรูป 3.22 ซึ่งจะมีความถี่ 30เมกกะเฮิรตซ์



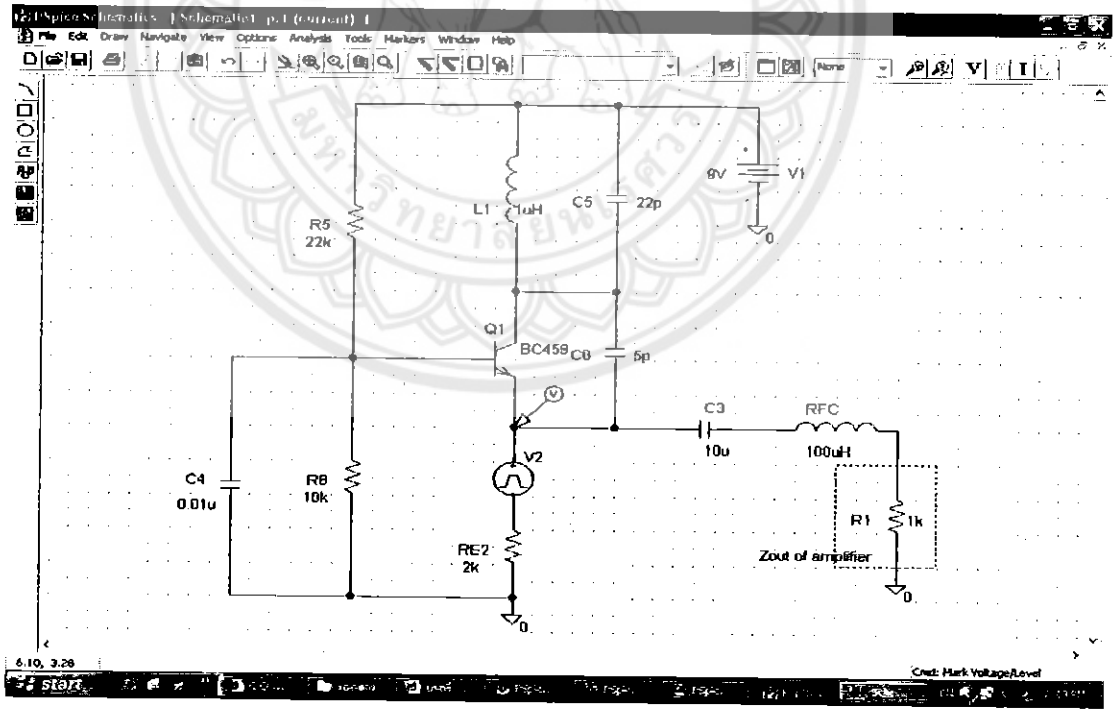
รูปที่ 3.22 สัญญาณ V_C วัดที่มาร์กเกอร์ในรูปที่ 3.21



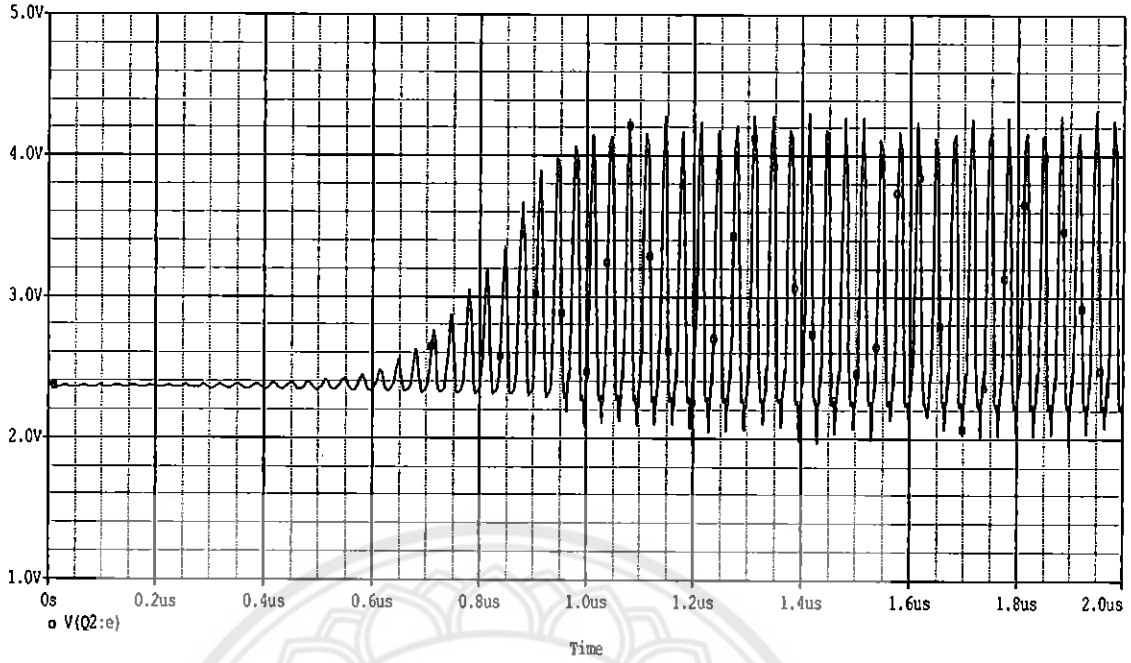
รูปที่ 3.23 สัญญาณ V_C วัดที่มาร์กเกอร์ในรูปที่ 3.21 โดเมนความถี่

สัญญาณ V_C จะมีความถี่ 30 เมกกะเฮิรตซ์ เนื่องจากเป็นความถี่ที่วงจรเรโซแนนท์สร้างขึ้นและทำการป้อนกลับไปทำการขยาย วงจรออสซิลเลเตอร์นี้จะถูกควบคุมความถี่โดยวงจรเรโซแนนท์

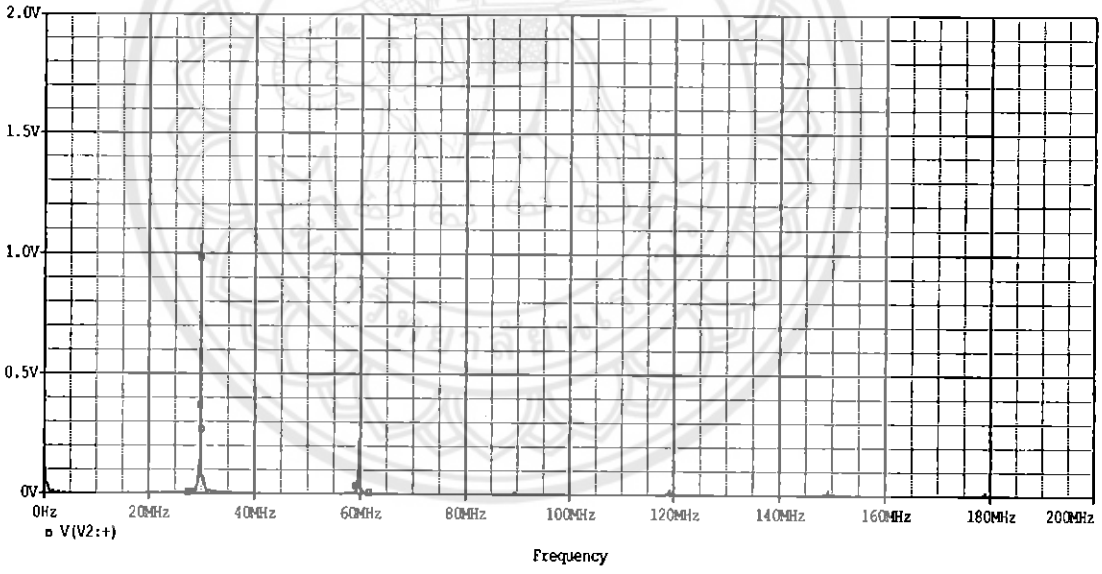
2. ทำการวัดสัญญาณ V_E



รูปที่ 3.24 แสดงจุดการวัดสัญญาณ V_E



รูปที่ 3.25 สัญญาณ V_E วัดที่มาร์กเกอร์ในรูป 3.24

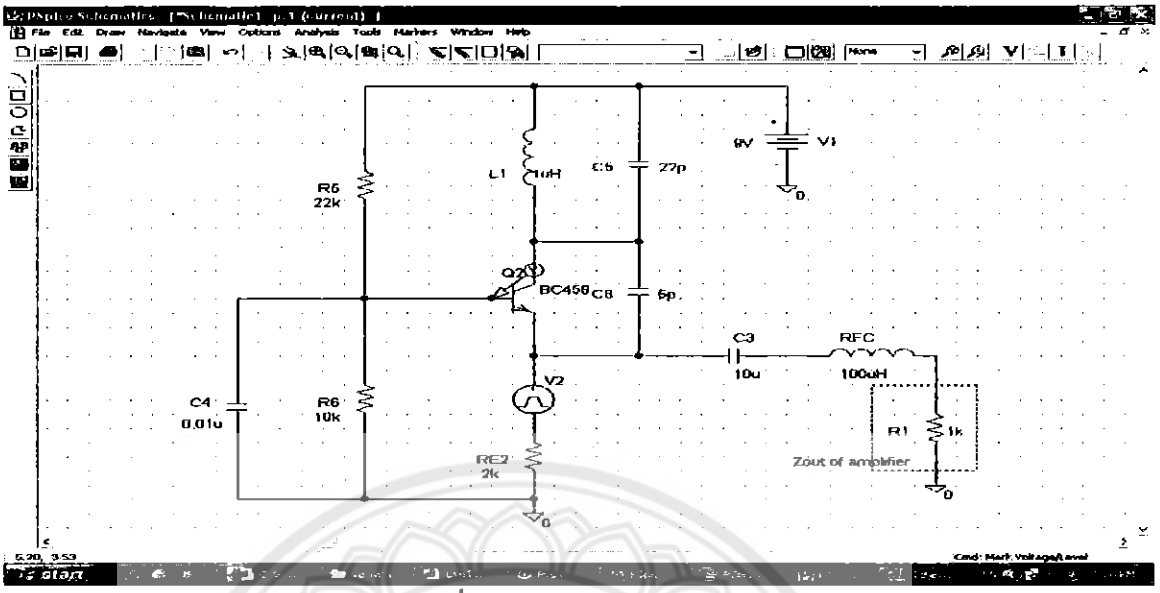


รูปที่ 3.26 สัญญาณ V_E วัดที่มาร์กเกอร์ในรูป3.24โดเมนความถี่

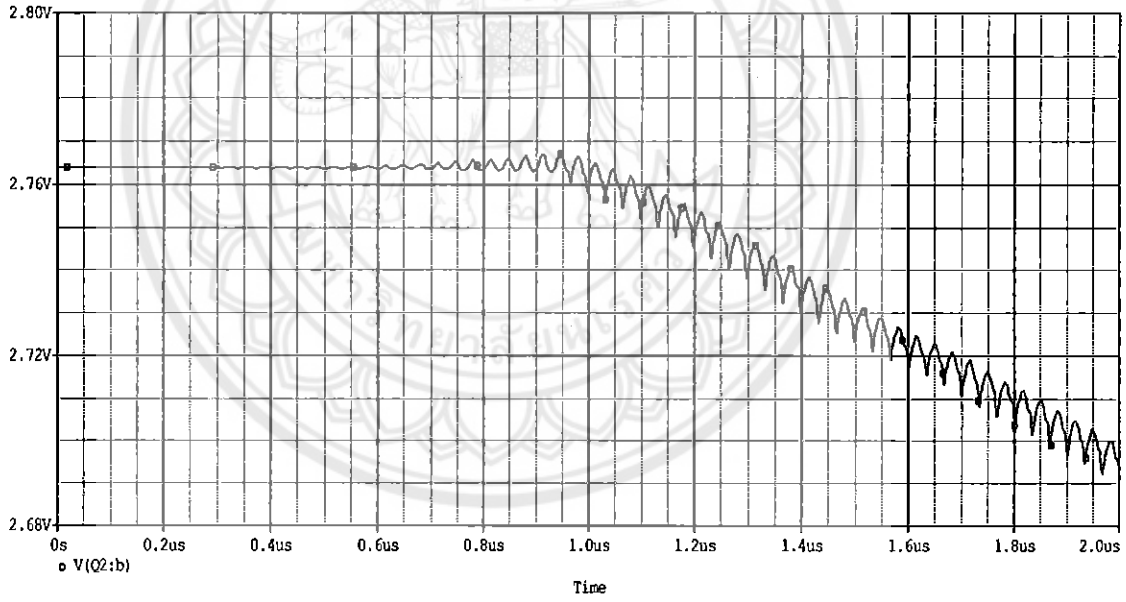
สัญญาณในรูปที่ 3.25 แสดงสัญญาณ V_E ซึ่งก็จะมีลักษณะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเพราะเป็นการป้อนกลับแบบบวก สัญญาณที่ถูกป้อนกลับมาจะมาเสริมกับสัญญาณเดิมทำให้ทำให้ Q2 ทำการขยายเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนสัญญาณเอาต์พุตมีขนาดคงที่การป้อนกลับก็จะคงที่ สัญญาณในรูป 3.25 ก็จะเริ่มคงที่ด้วย จากรูปจะเห็นว่าสัญญาณเริ่มมีแอมปลิจูดคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 1 ไมโครวินาที รูปที่ 3.26 แสดงความถี่ของสัญญาณในรูป 3.25

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
1500 1286
ปร.
WC731A
2550

3. วัดสัญญาณ V_B



รูปที่ 3.27 แสดงจุดการวัด V_B



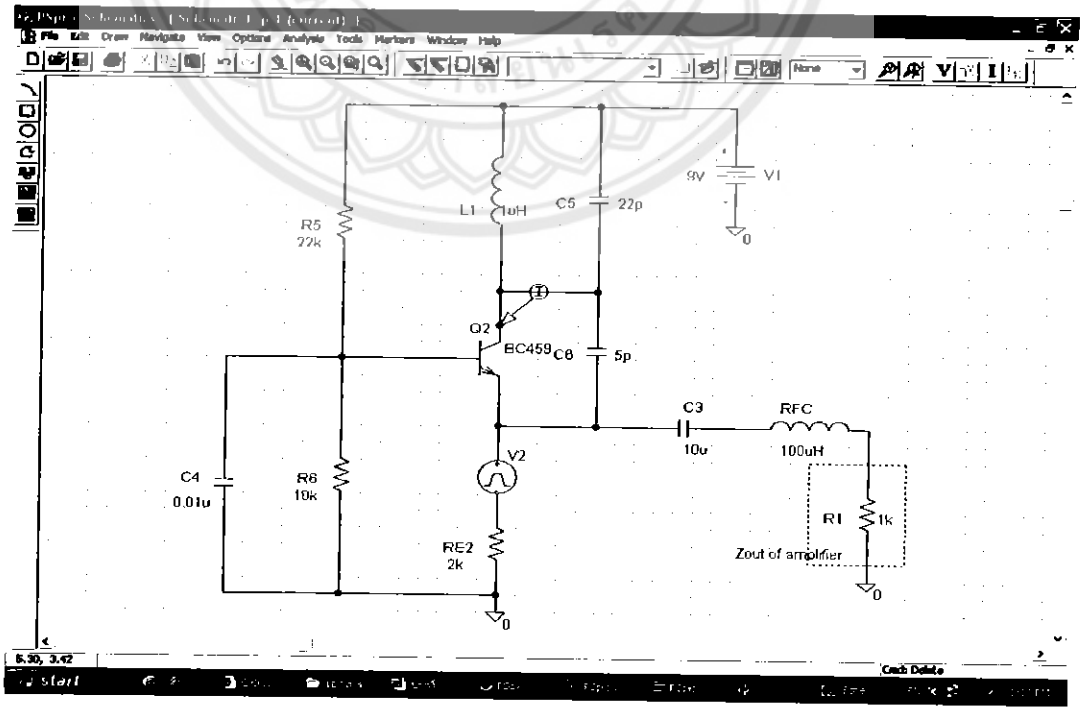
รูปที่ 3.28 แสดงสัญญาณ V_B

จากรูปที่ 3.28 สัญญาณ V_B จะมีค่าลดลงเรื่อยๆเมื่อเวลาผ่านไป 1ไมโครวินาที ซึ่งเวลาเดียวกันนี้เป็นเวลาที่วงจรเกิดการออสซิลเลตสัญญาณที่มีความคงที่แล้ว การลดลงนี้เกิดจาก V_E มีการเพิ่มขึ้นเมื่อวงจรเกิดการออสซิลเลต เมื่อ V_E เพิ่มขึ้นจะทำให้ V_B ลดลง เมื่อวงจรเกิดการออสซิลเลตที่สมบูรณ์แล้วค่า V_E จะคงที่ ทำให้ V_B เริ่มคงที่ด้วยดังแสดงในรูปที่ 3.29

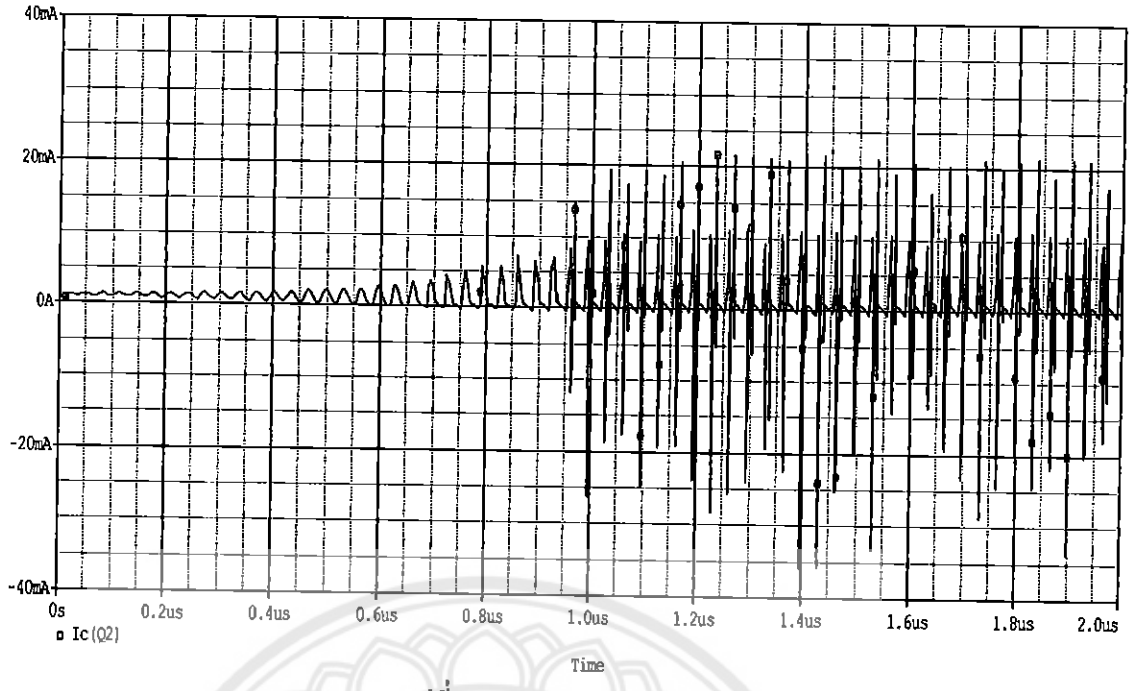
รูปที่ 3.29 เปรียบเทียบสัญญาณ V_B กับสัญญาณ V_E (V_B =แดง, V_E =เขียว)

รูปที่ 3.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณ V_B กับสัญญาณ V_E จากรูปจะเห็นว่าเมื่อสัญญาณ V_E มาขึ้น V_B ก็จะมีค่าลดลง

4. วัดกระแส I_C

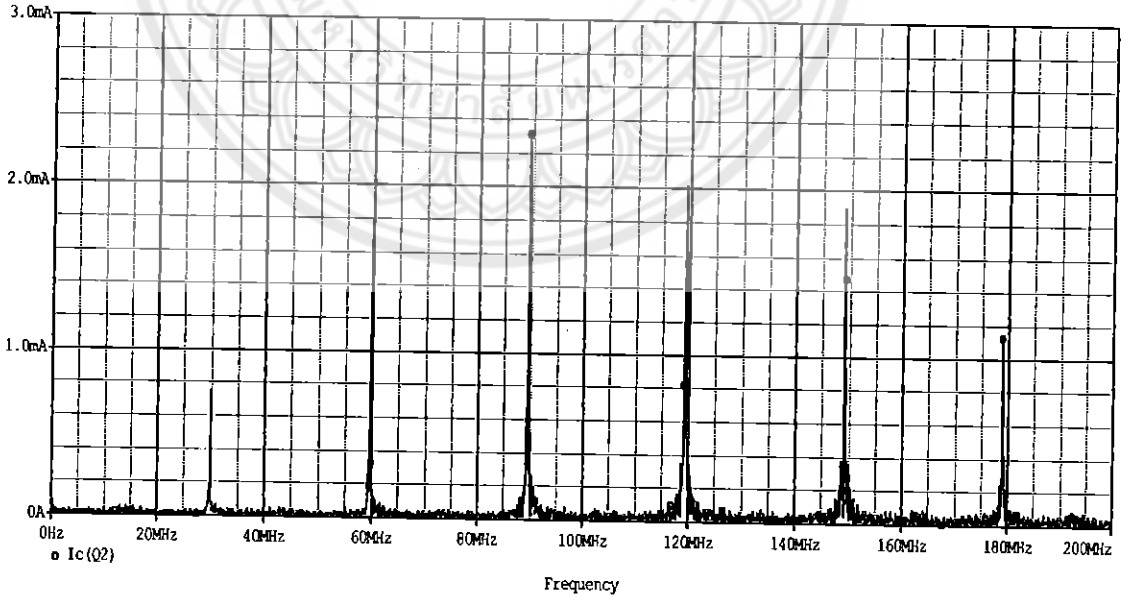


รูปที่ 3.30 แสดงจุดการวัดสัญญาณ I_C



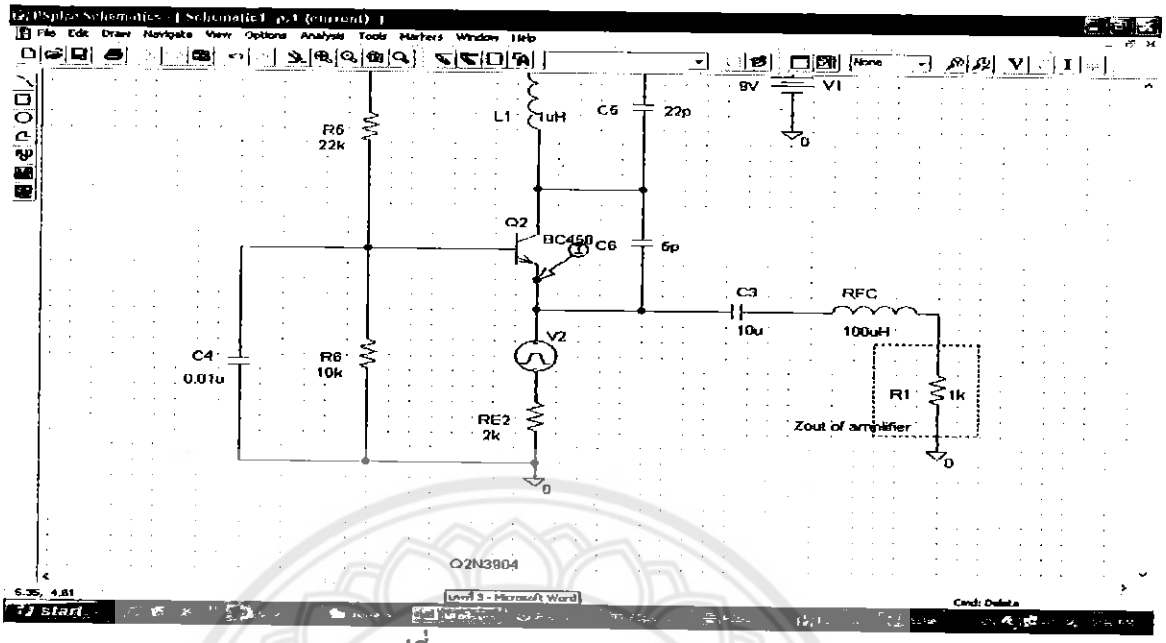
รูปที่ 3.31 แสดงสัญญาณ I_C

ระแส I_C จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยตามการออสซิลเลตของวงจร รูปที่ 3.31 แสดงกระแส I_C ของวงจร จากรูปกระแส I_C จะเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่าน 1 ไมโครวินาทีซึ่งเป็นเวลาเดียวกับที่วงจรเกิดการออสซิลเลตที่คงที่แล้ว จากรูปจะเห็นว่าความสูงของกระแสจะมีค่าไม่เท่ากันเนื่องจาก กระแส I_C มีหลายความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 3.32

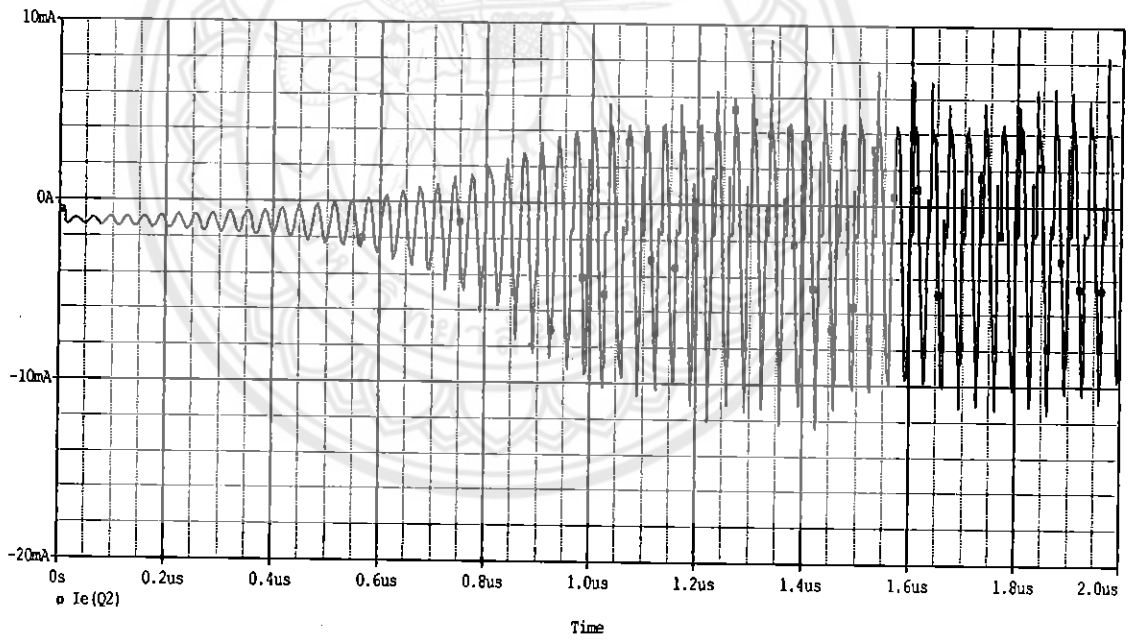


รูปที่ 3.32 แสดงสัญญาณ I_C โดเมนความถี่

5. วัดกระแส I_E

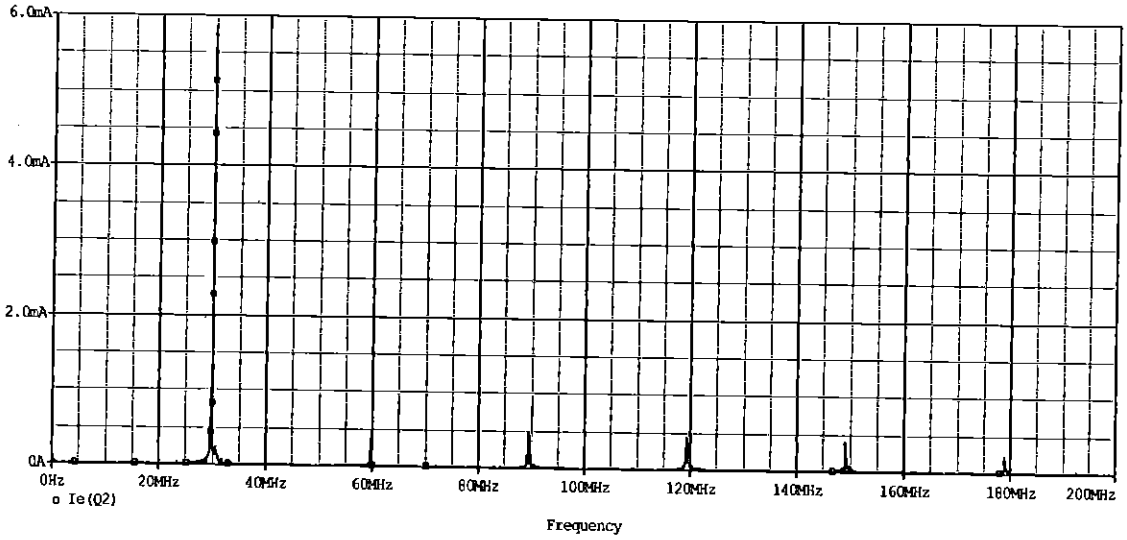


รูปที่ 3.33 แสดงจุดการวัดกระแส I_E



รูปที่ 3.34 แสดงสัญญาณกระแส I_E

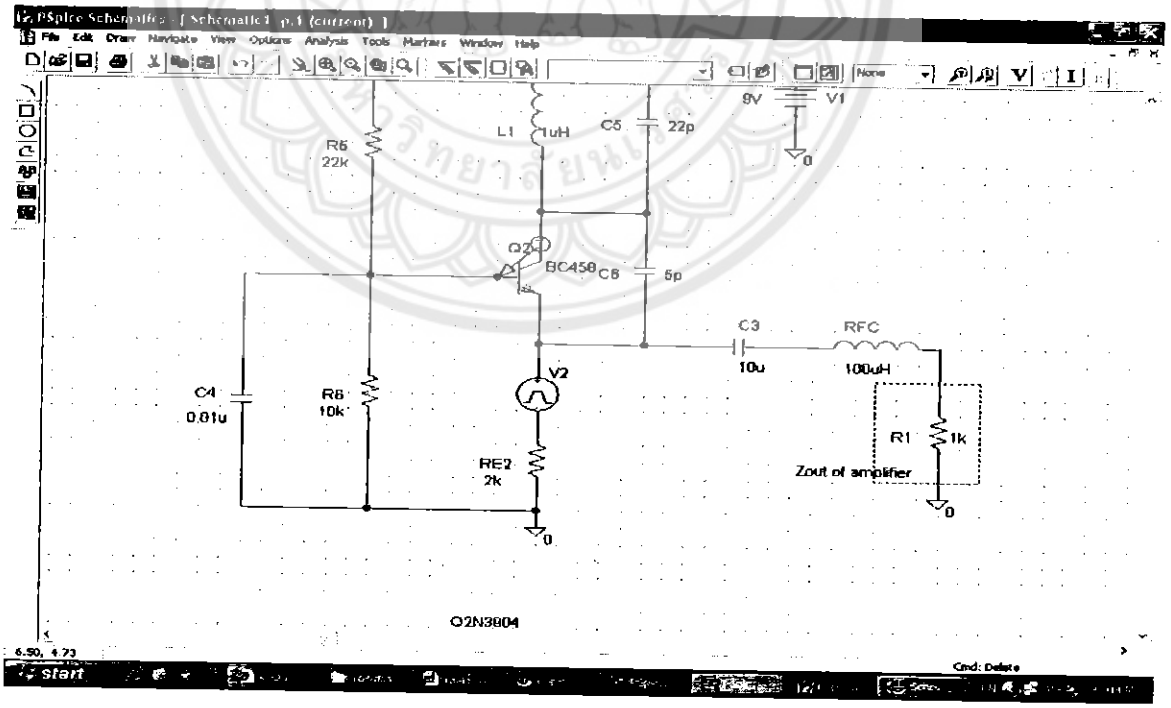
กระแส I_E ก็จะมีลักษณะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามการออสซิลเลตของวงจร รูปที่ 3.34 กระแส I_E จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 1 ไมโครวินาที ซึ่งเป็นเวลาเดียวกับที่วงจรเกิดการออสซิลเลตที่คงที่แล้ว กระแส I_E ในรูป 3.34 จะมีจะมีแอมปลิจูดไม่เท่ากันเนื่องจากมีหลายความถี่ทำให้แอมปลิจูดของแต่ละความถี่เกิดการเสริมกันและหักล้างกันทำให้สัญญาณในรูปที่ 3.34 มีแอมปลิจูดไม่เท่ากัน



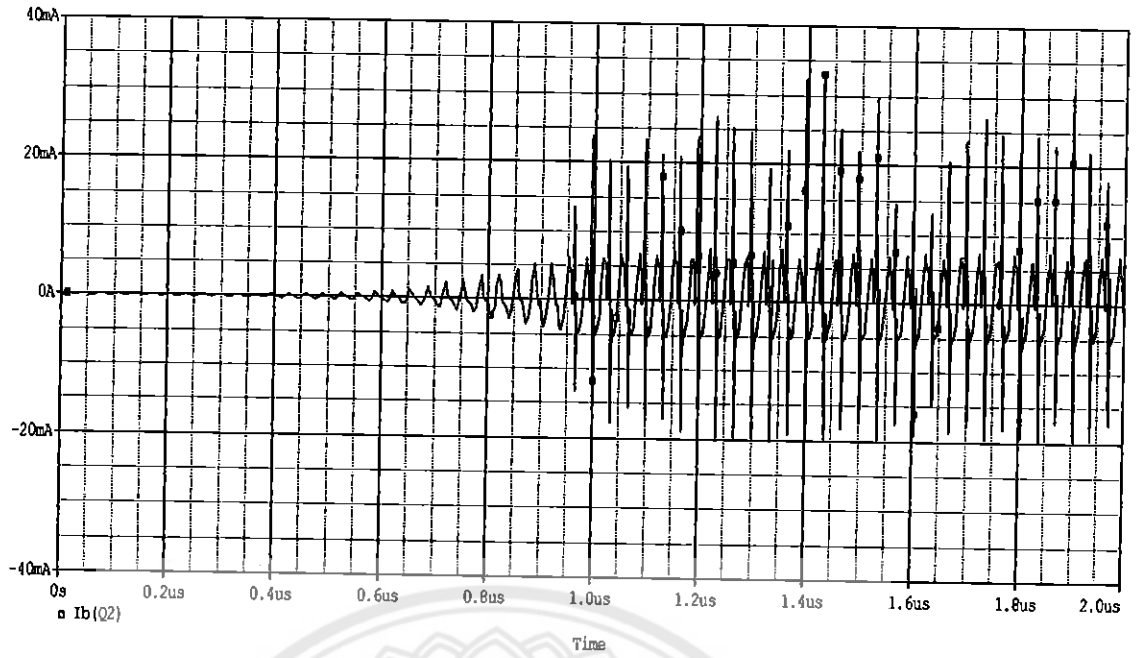
รูปที่ 3.35 แสดงสัญญาณกระแส I_E โดเมนความถี่

สัญญาณในรูปที่ 3.35 แสดงสัญญาณ I_E ในโดเมนความถี่ ความถี่ของกระแส I_E จะมีความถี่เท่ากับ 30 เมกกะเฮิรตซ์มากที่สุด และจะประกอบไปด้วยความถี่อื่นๆอีกแต่เมื่อเทียบกับความถี่ 30 เมกกะเฮิรตซ์จะมีค่าน้อยกว่ากันมาก

6. วัดกระแส I_B

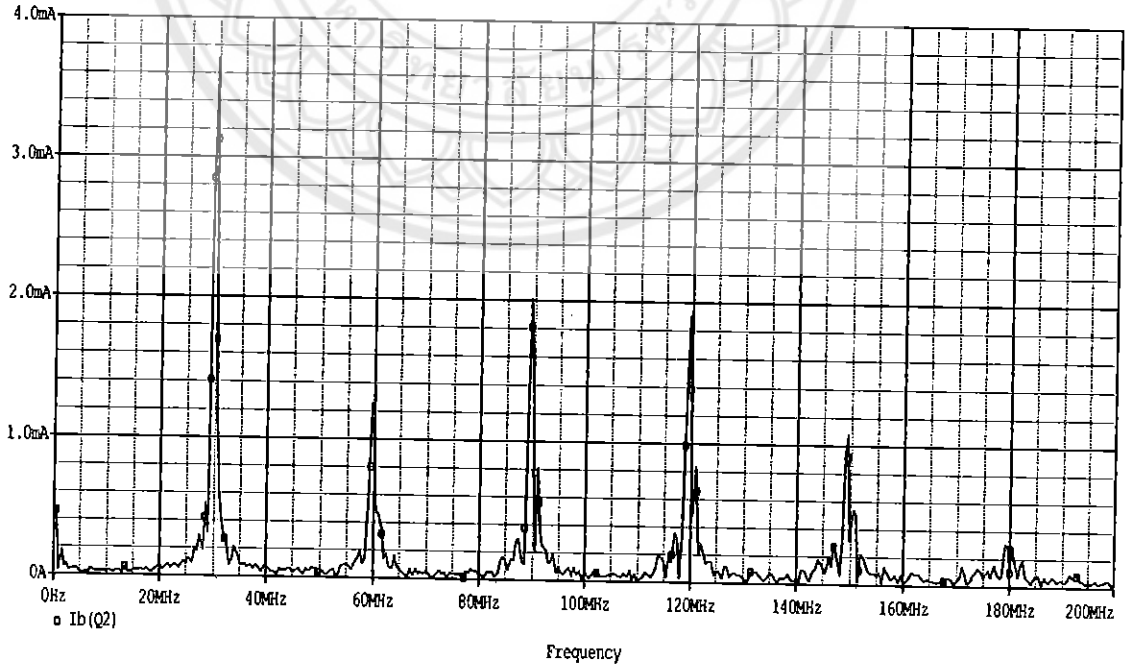


รูปที่ 3.36 แสดงจุดการวัดกระแส I_B



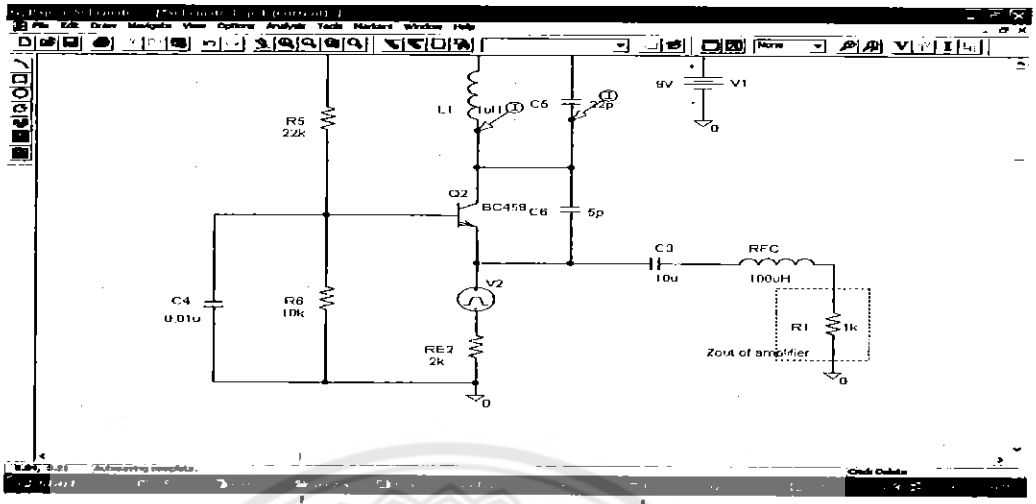
รูปที่ 3.37 แสดงสัญญาณของกระแส I_B

กระแส I_B จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยตามการออสซิลเลตของวงจร รูปที่ 3.37 แสดงกระแส **I_B ของวงจรจาก** รูปกระแส I_B จะเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่าน 1 ไมโครวินาทีซึ่งเป็นเวลาเดียวกับที่วงจรเกิดการออสซิลเลตที่ คงที่แล้ว จากรูปจะเห็นว่าความสูงของกระแสจะมีค่าไม่เท่ากันเนื่องจาก กระแส I_B มีหลายความถี่ ดัง แสดงในรูปที่ 3.38

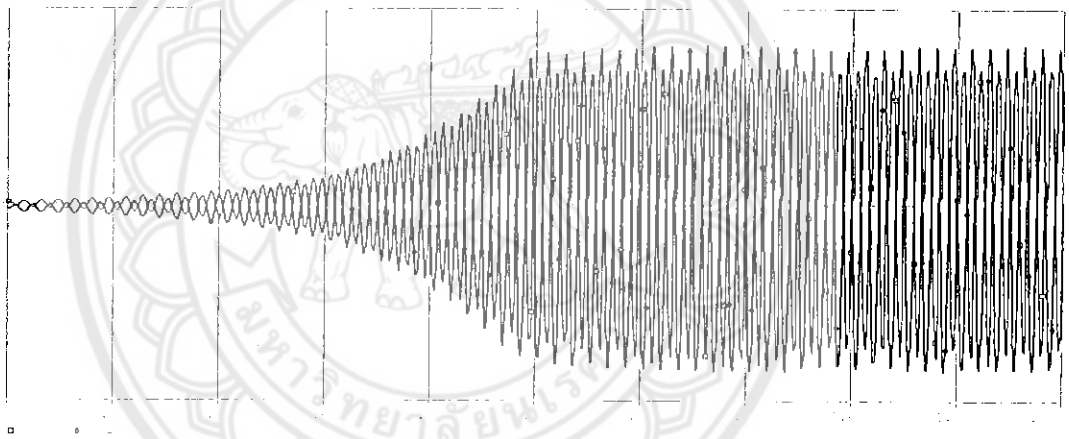


รูปที่ 3.38 แสดงสัญญาณของกระแส I_B โดเมนความถี่

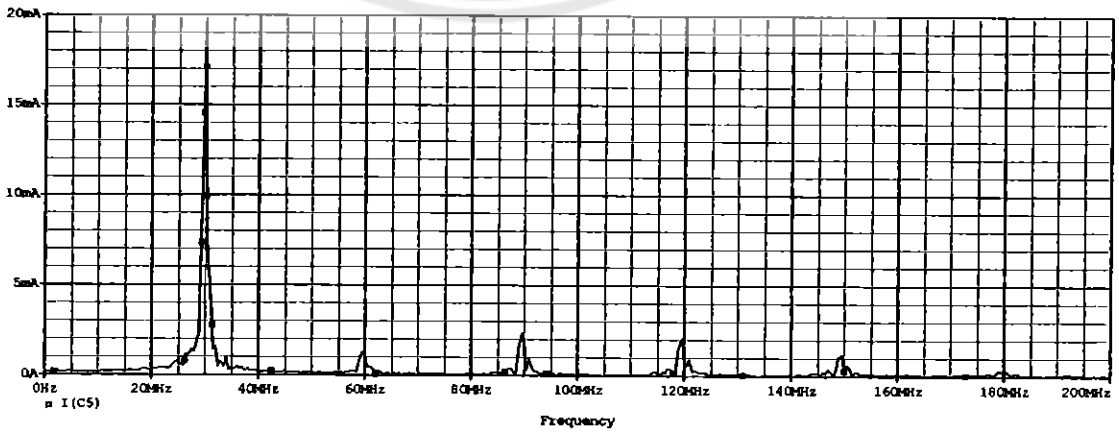
7. วัดกระแสที่ไหลผ่าน L1 และ C5



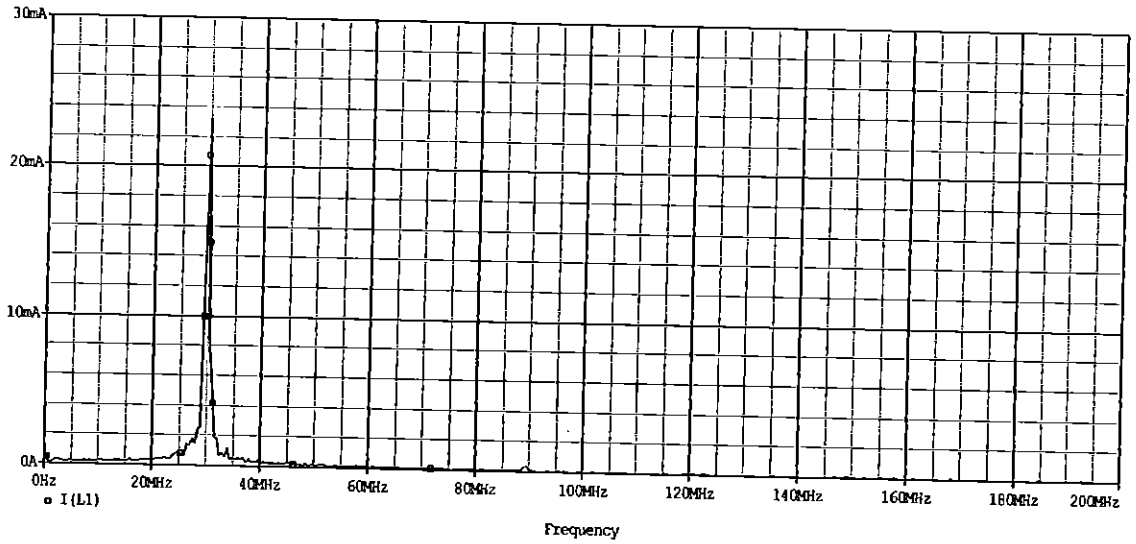
รูปที่ 3.39 แสดงจุดการวัดกระแสที่ ไหลผ่าน L1และC5



รูปที่ 3.40 กระแส I_C5 และI_L1(I_C5 =สีเขียว, I_L1=สีแดง)



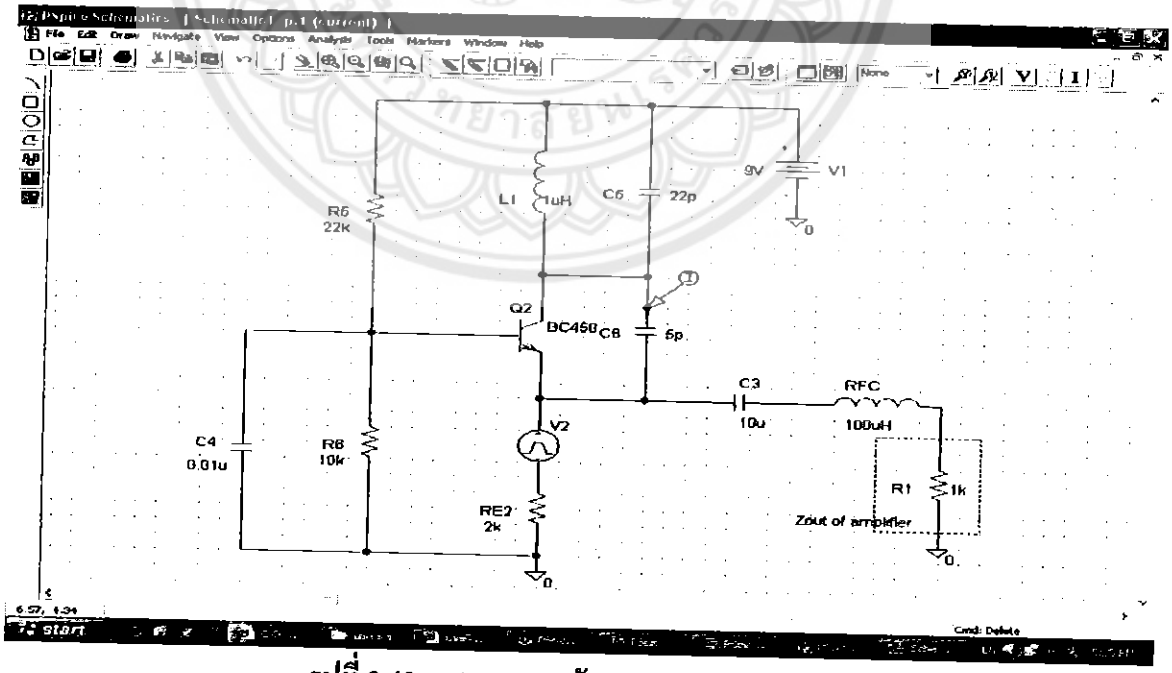
รูปที่ 3.41 แสดงความถี่ของกระแสที่ไหลผ่าน C5



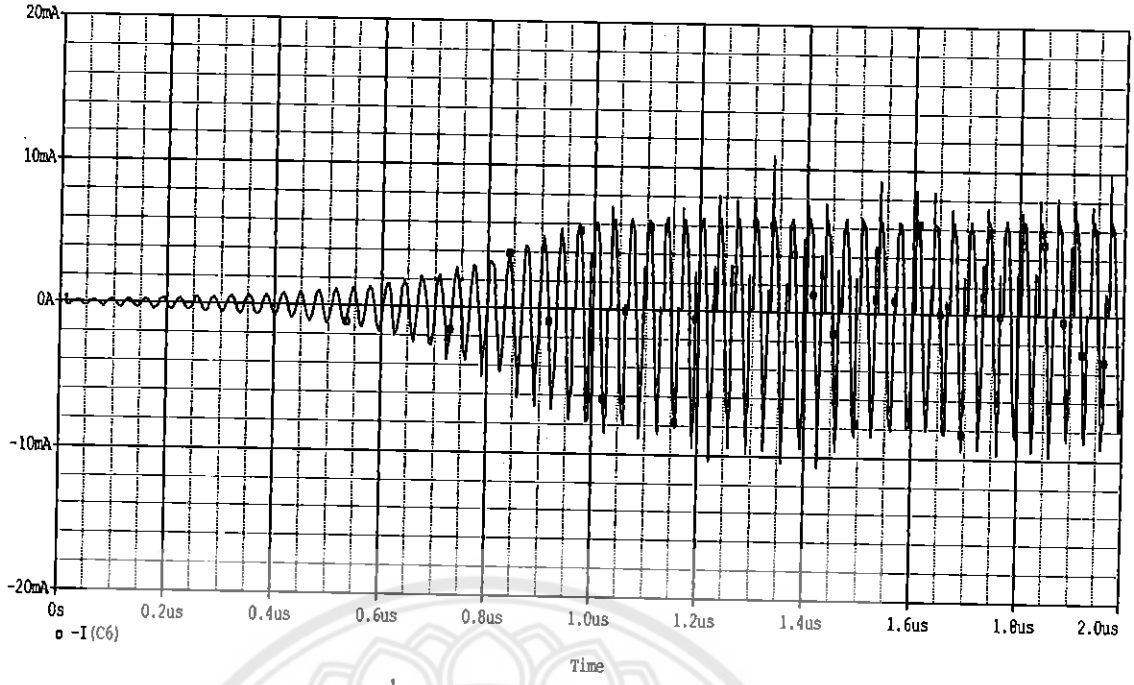
รูปที่ 3.42 แสดงความถี่ของกระแสที่ไหลผ่าน L1

จากรูปที่ 3.40 กระแส I_C5 และI_L1 จะมีลักษณะ สลับฟันปลากันเนื่องจากว่าเมื่อL1และC5 เกิดการเรโซแนนท์กระแสที่สองจุดนี้จะไหลเข้าออกสลับกัน จากการชาร์จประจุของ C5 และการเหนี่ยวนำของL1 ความถี่ของกระแสที่ไหลผ่านC5 แสดงดังรูปที่ 3.41 และความถี่ของกระแสที่ไหลผ่าน L1 แสดงได้ดังรูปที่ 3.42 ซึ่งจะมีความถี่เท่ากันคือ 30 เมกกะเฮิรตซ์

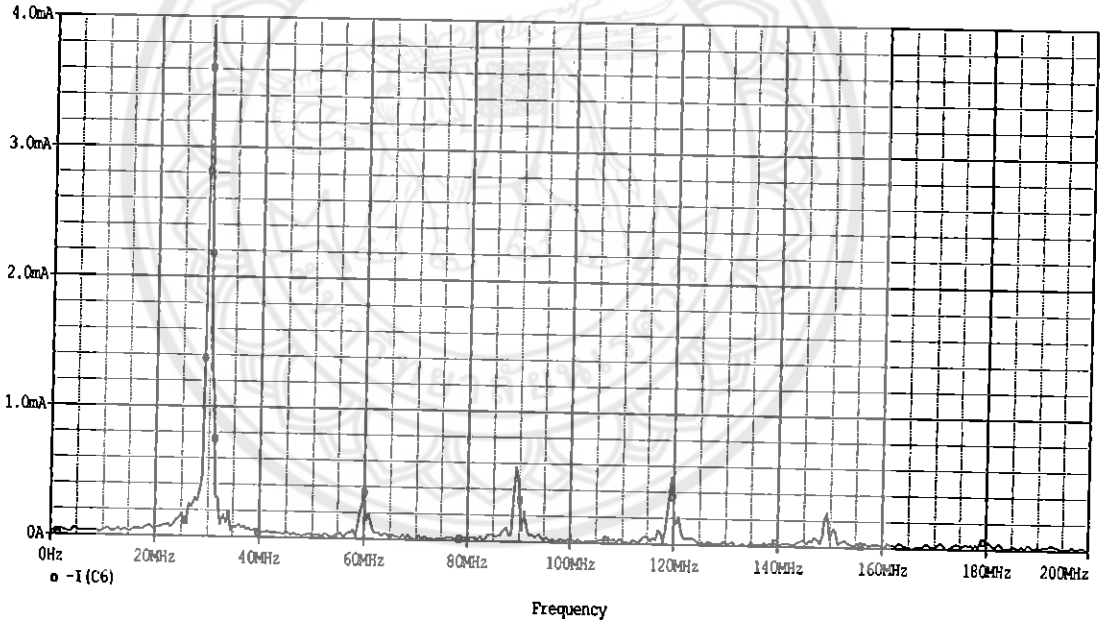
8. วัดกระแสที่ไหลผ่าน C6



รูปที่ 3.43 แสดงจุดการวัดกระแส I_C5และI_C6



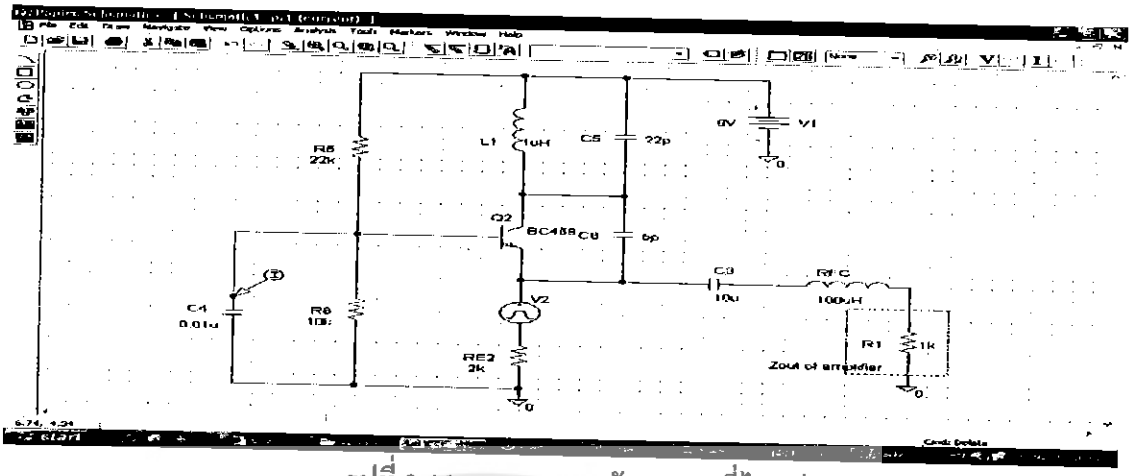
รูปที่ 3.44 แสดงกระแสที่ไหลผ่านC6



รูปที่ 3.45 แสดงกระแสที่ไหลผ่าน C6 ในโดเมนความถี่

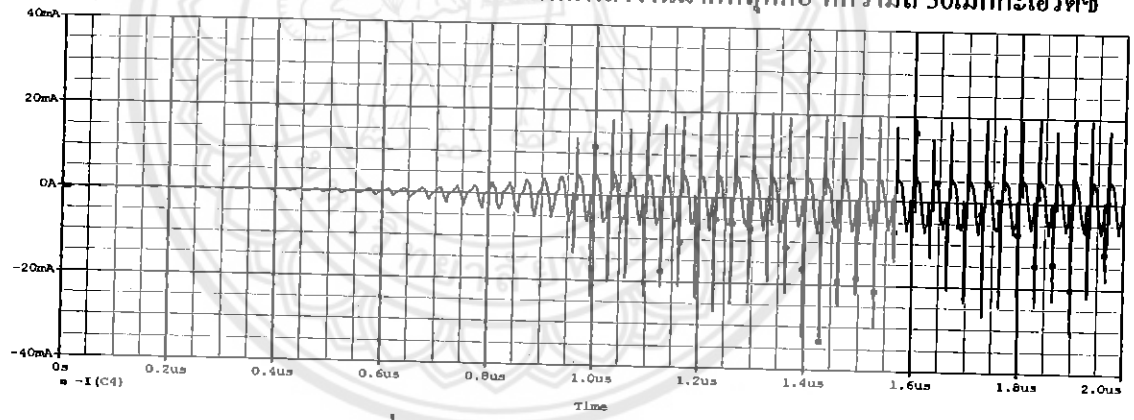
ในรูปที่ 3.44 กระแสที่ไหลผ่าน C6 จะค่อยๆมีค่าเพิ่มขึ้นจนคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 1ไมโครวินาที กระแสที่ไหลผ่าน C6 จะมีความถี่ดังรูปที่ 3.45 ซึ่งประกอบไปด้วยหลายความถี่ แต่ที่ความถี่ที่มีพลังงานมากที่สุดคือความถี่ 30เมกกะเฮิรตซ์

9. วัดกระแสที่ไหลผ่าน C4

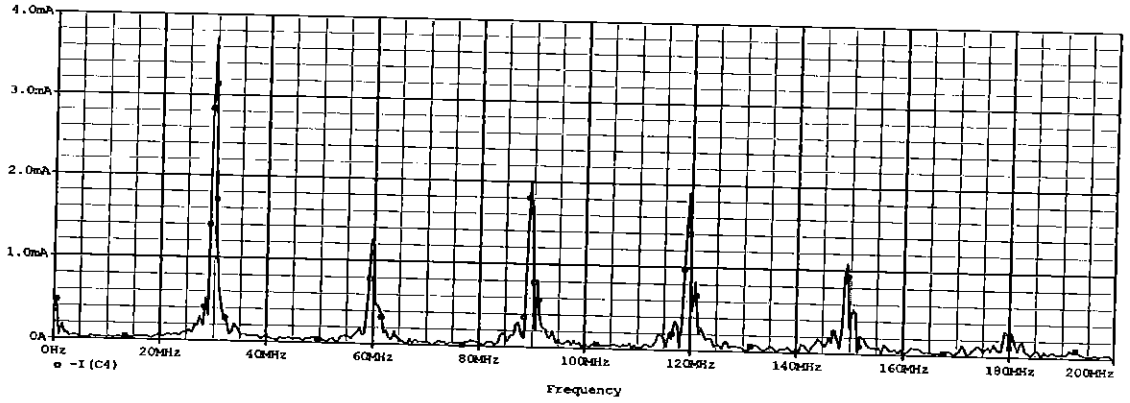


รูปที่ 3.46 แสดงจุดการวัดกระแสที่ไหลผ่านC4

ในรูปที่ 3.47 กระแสที่ไหลผ่าน C4 ก็จะเหมือนกับกระแสที่จุดอื่นคือ จะเริ่มมีค่ามากขึ้นเรื่อยๆ จนมีค่าคงที่เมื่อเวลาผ่านไป t ไมโครวินาที จากรูปจะเห็นได้ว่าแอมปลิจูของกระแสจะมีค่าไม่เท่ากัน เนื่องมาจากกระแสมีหลายความถี่ทำให้เกิดการหักล้างและเสริมกัน ความถี่ของกระแสที่ไหลผ่าน C4 แสดงดังรูปที่ 3.48 ซึ่งจะเห็นว่ามีหลายความถี่ แต่ที่มีพลังงานมากที่สุดคือ ที่ความถี่ 30เมกกะเฮิรตซ์



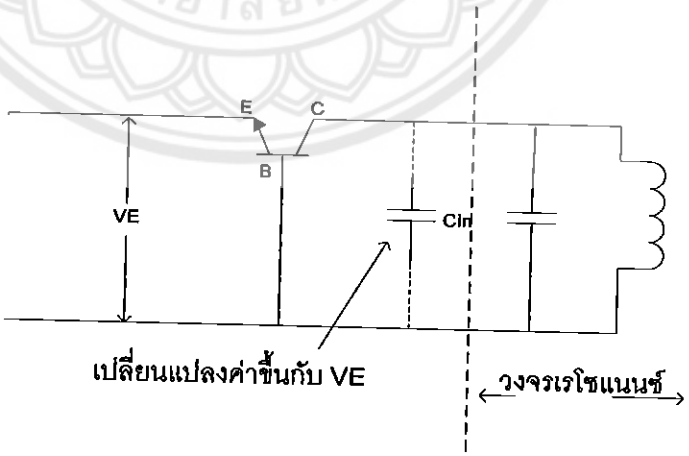
รูปที่ 3.47 แสดงกระแสที่ไหลผ่าน C4



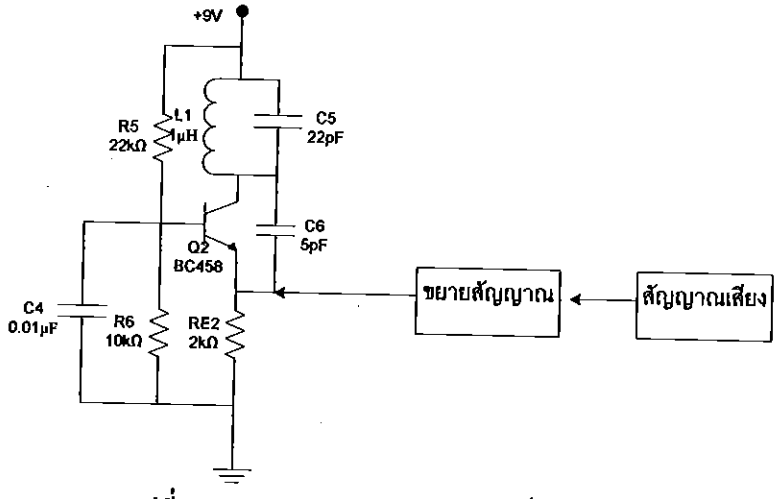
รูปที่ 3.48 แสดงกระแสที่ไหลผ่าน C4โดเมนความถี่

3.3 การมอดูเลชั่น

เมื่อไมค์รับเสียงมาก็จะแปลงเป็นสัญญาณเสียงส่งผ่านC1ไปขยายสัญญาณโดยQ1และส่งสัญญาณเสียงผ่านL2ซึ่งL2จะทำหน้าที่ป้องกันความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์ไม่ให้ผ่านไปรบกวนวงจรขยายและสัญญาณเสียงจะถูกส่งผ่านC3ไปทำการมอดูเลชั่นกับคลื่นพาห์ที่วงจรออสซิลเลเตอร์สร้างขึ้น โดยคลื่นพาห์ในโครงงานนี้คือ 30 MHzความถี่ของคลื่นพาห์จะกำหนดโดย L1 ,C5 และ C6 ซึ่งต่ออนุกรมอยู่กับทรานซิสเตอร์Q2โดยปกติแล้วจะเหมือนมีคาพาซิเตอร์ต่อระหว่างขาคอลเลคเตอร์และ เบสอยู่ ซึ่งเกิดจากการ ไบอัสกลับระหว่าง รอยต่อ PN junction ซึ่งจะทำให้เกิดการสะสมประจุที่บริเวณดีพลีชั่นซึ่งทำตัวเป็นเสมือนตัวเก็บประจุตัวหนึ่ง และเมื่อแรงดันอิมิตเตอร์เปลี่ยนแปลงจะทำให้แรงดันไบอัสกลับที่คอลเลคเตอร์และเบสพลอยเปลี่ยนแปลงไปด้วย ในขณะที่ทำการไบอัสกลับเพิ่มขึ้นบริเวณรอยต่อก็หนาขึ้นเป็นผลให้ค่าตัวเก็บประจุลดลง ถ้าแรงดันไบอัสกลับลดลงบริเวณรอยต่อก็จะแคบลงเป็นผลให้ค่าตัวเก็บประจุเพิ่มขึ้น และเมื่อตัวเก็บประจุที่รอยต่อนี้ต่อขนานกับวงจรเรโซแนนท์ก็จะทำให้ความถี่เรโซแนนท์พลอยเปลี่ยนแปลงตามด้วย เพราะฉนั้นเมื่อเราป้อนสัญญาณเสียงมาเข้าที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์Q2จะทำให้แรงดันที่ขาอิมิตเตอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณเสียงที่ต่อเข้ามาจะทำให้แรงดันตกคร่อมระหว่างขาเบสและคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์Q2 เปลี่ยนแปลงไปด้วย และจะทำให้ค่าตัวเก็บประจุที่เสมือนต่ออยู่ระหว่างขา เบส และ คอลเลคเตอร์เปลี่ยนไปด้วย ซึ่งตัวเก็บประจุนี้จะต่อขนานอยู่กับวงจร เรโซแนนท์ L1และ C5,C6 ที่เป็นตัวกำเนิดความถี่ ทำให้ความถี่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณเสียงที่ป้อนเข้ามาที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2



รูปที่ 3.49 แสดงตัวเก็บประจุที่รอยต่อมีผลต่อวงจรเรโซแนนท์

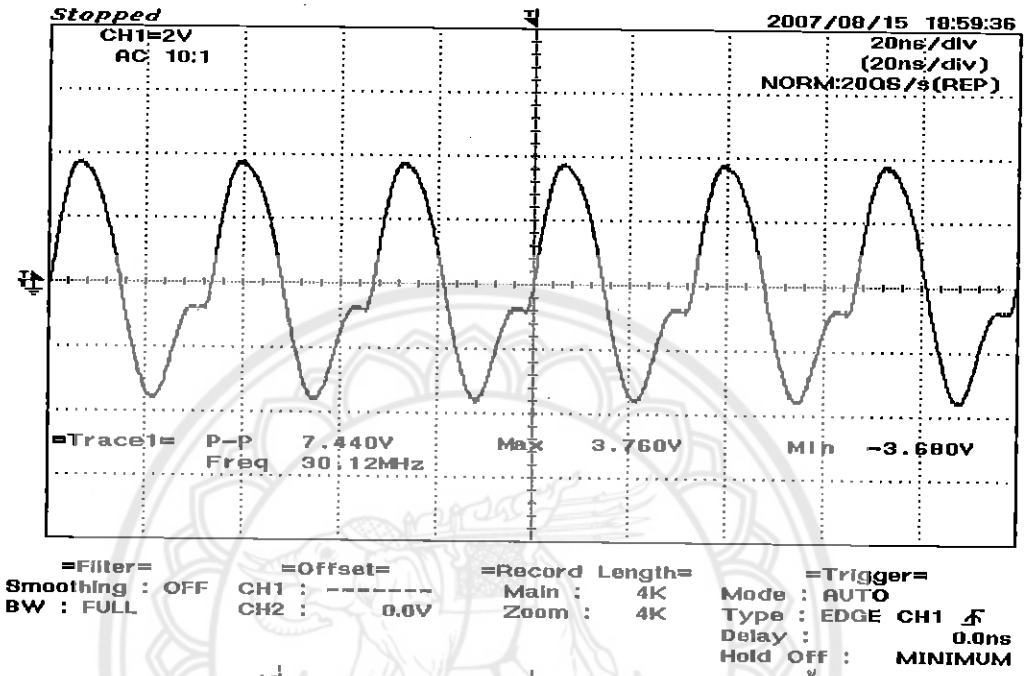


รูปที่ 3.50 แสดงรูปแบบการมอดูเลชั่น

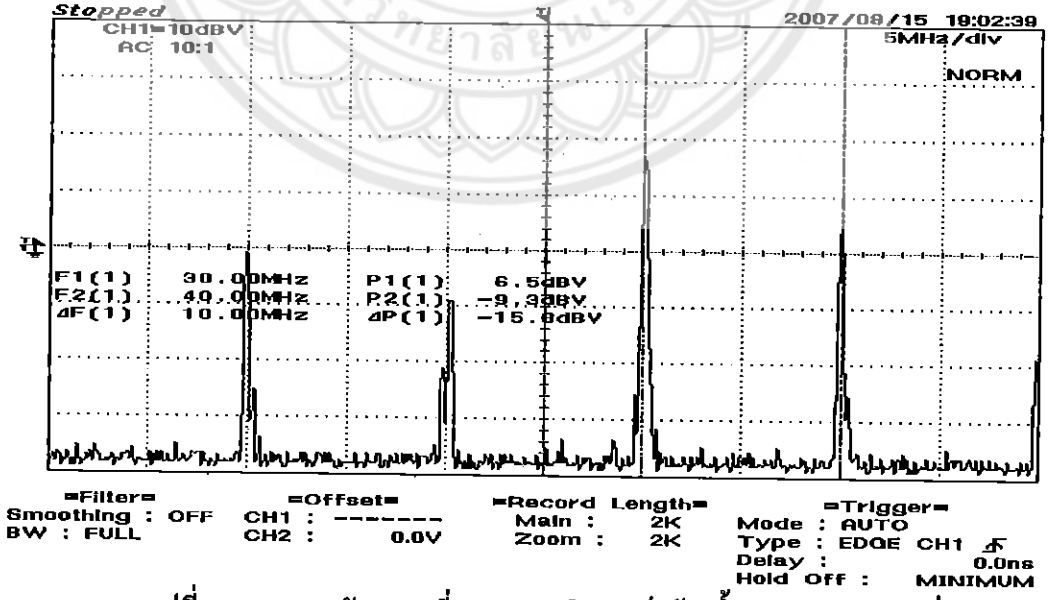
รูปที่ 3.50 เมื่อเราสร้างวงจรออสซิลเตอร์ได้แล้ว จากหลักการที่กล่าวมา เราจะทำการป้อนสัญญาณเข้าที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2 เพื่อทำให้ V_E เปลี่ยนแปลง ผลของV_E ที่เปลี่ยนแปลงจะทำให้ค่าตัวเก็บประจุที่เสมือนต่ออยู่ที่ระหว่างขาคอลเลคเตอร์และเบสเปลี่ยนแปลงค่าซึ่งตัวเก็บประจุนี้ต่อขนานกับวงจรเรโซแนนท์ที่เป็นตัวกำเนิดความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์จะทำให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งก็จะได้สัญญาณเอฟเอ็มออกมา

3.4 ทดลองและวัดผล

3.4.1 ทำการวัดสัญญาณที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Q2 จะได้สัญญาณความถี่ 30MHz ซึ่งเป็นความถี่ขณะที่ยังไม่ได้ทำการมอดูเลชั่นจะได้สัญญาณดังรูปด้านล่าง

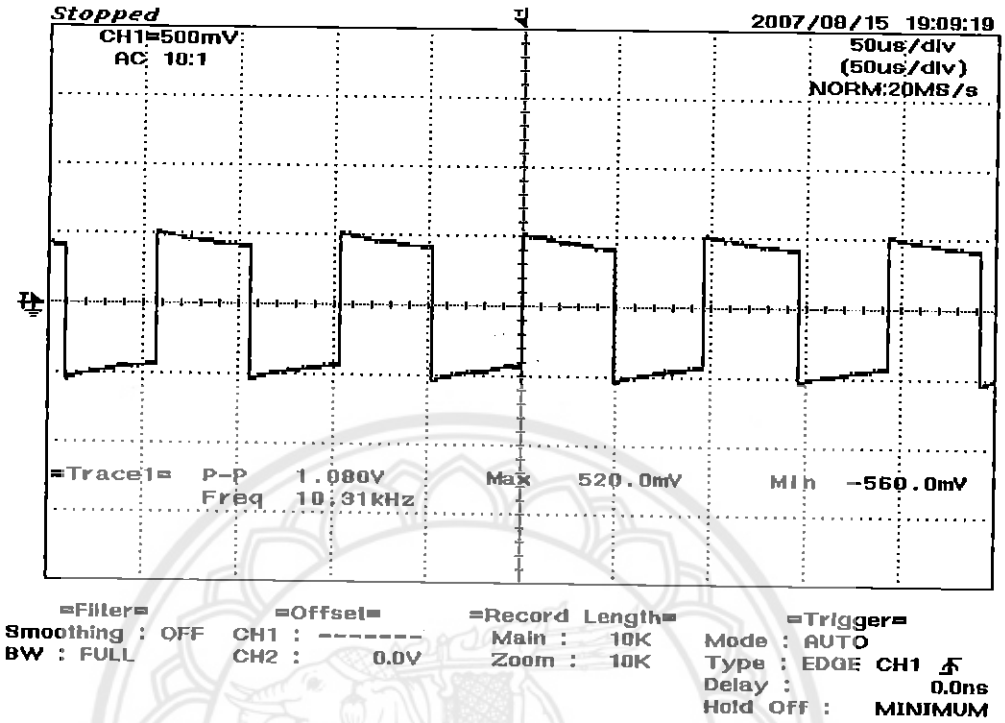


รูปที่ 3.51 แสดงสัญญาณที่วงจรออสซิลเตอร์สร้างขึ้น
วัดที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2

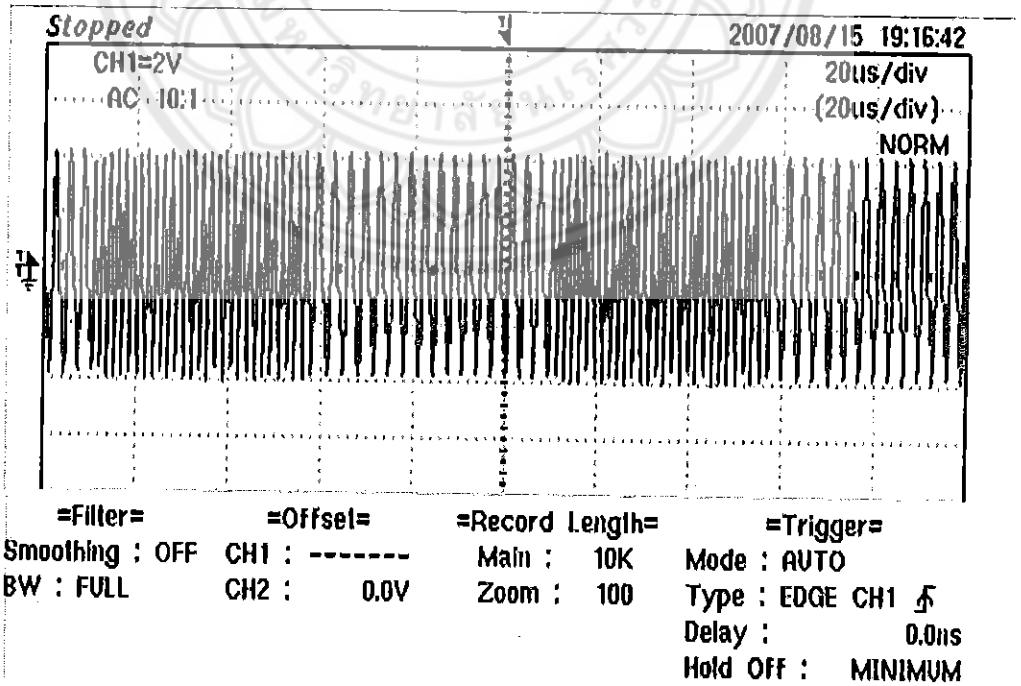


รูปที่ 3.52 แสดงสัญญาณที่วงจรออสซิลเตอร์สร้างขึ้น ในโดเมนความถี่
วัดที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2

3.4.2 ทำการใส่ สัญญาณพัลส์ ความถี่ 10kHz เข้าที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2 สัญญาณพัลส์ที่ป้อนเข้าไปจะมอดูเลตกับความถี่คลื่นพาห์และได้สัญญาณดังรูปภาพด้านล่าง

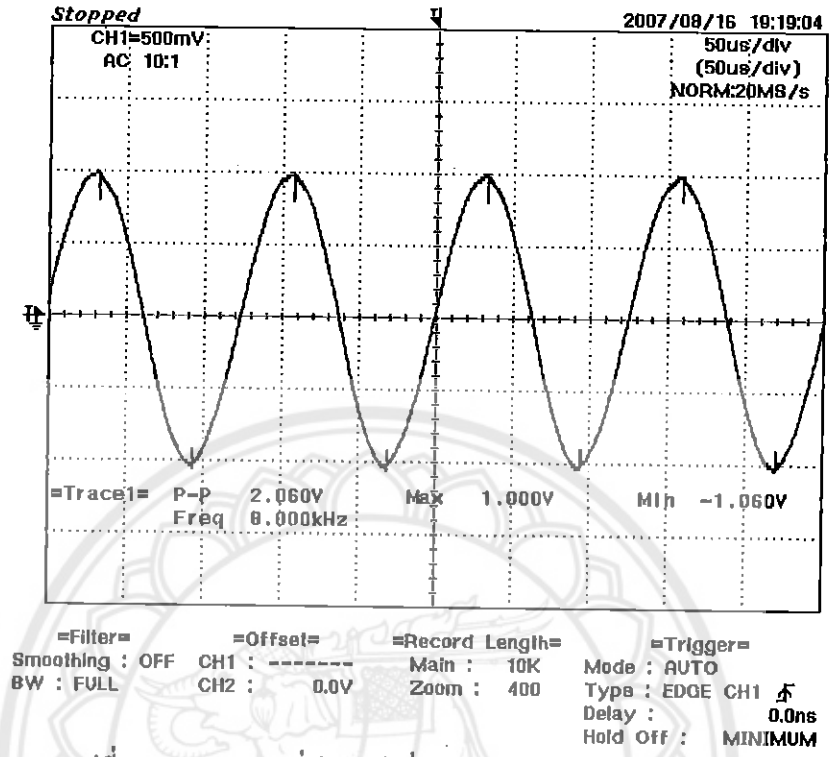


รูปที่ 3.53 สัญญาณพัลส์ที่ป้อนเข้าไปที่ขาอิมิตเตอร์ Q2

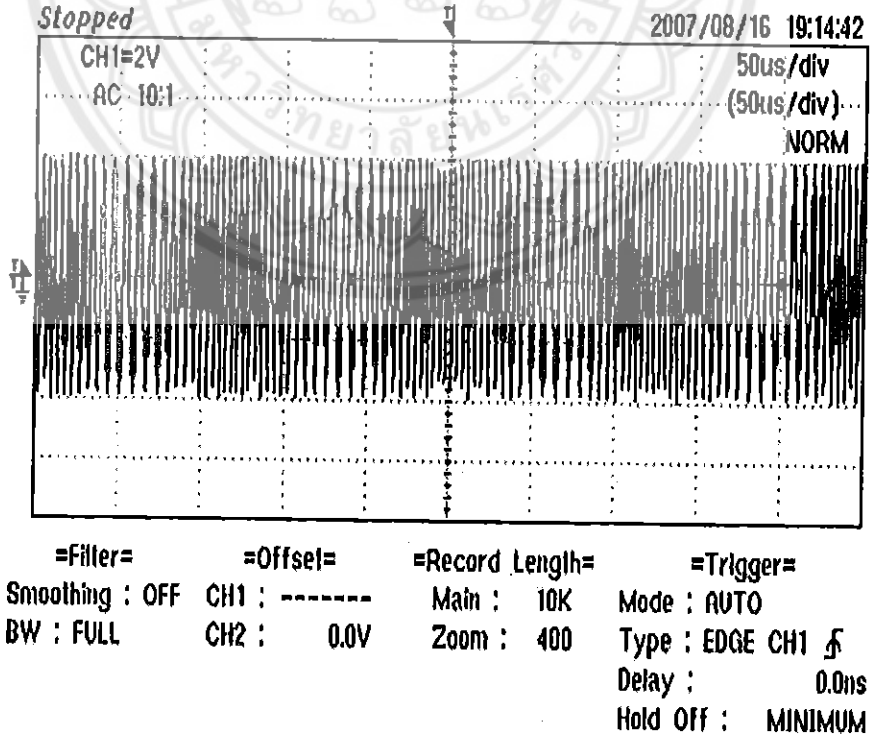


รูปที่ 3.54 สัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตระหว่างพัลส์กับความถี่คลื่นพาห์

3.4.3 ทำการใสสัญญาณ ไซน์ ความถี่ 8kHz แอมปลิจูด 1V เข้าที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2 สัญญาณไซน์จะมอดูเลตกับความถี่คลื่นพาห์และจะได้สัญญาณดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 3.55 สัญญาณที่ป้อนเข้าที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2

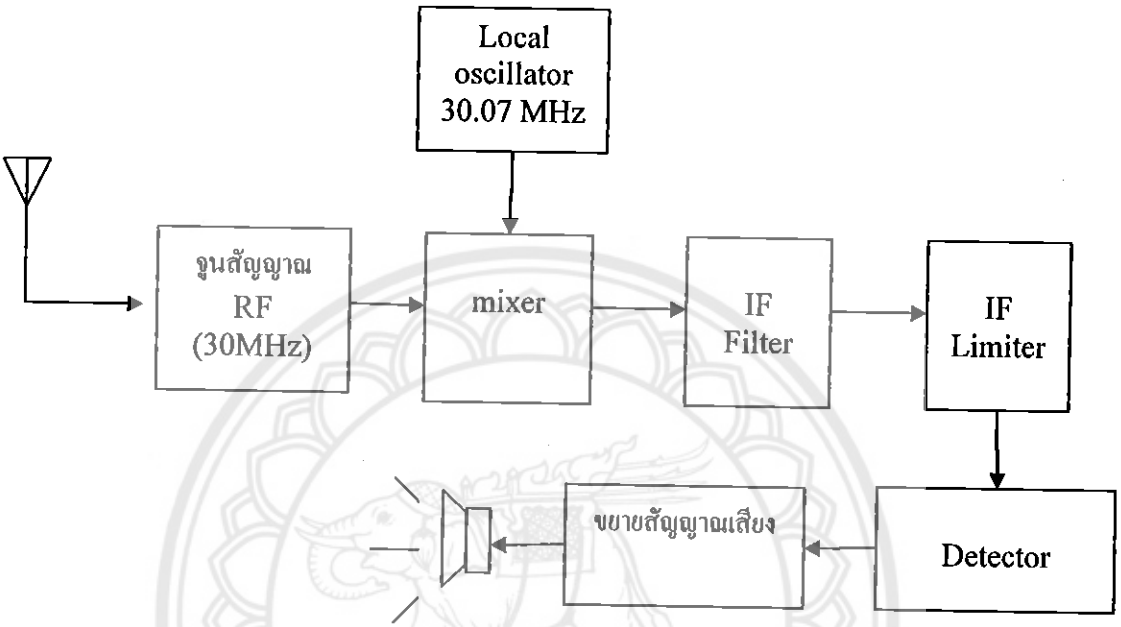


รูปที่ 3.56 สัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตระหว่างสัญญาณไซน์ที่ป้อนเข้าไปกับความถี่คลื่นพาห์

บทที่ 4

ภาครับสัญญาณ FM 30 MHz

4.1 วงจรภาครับFM 30 MHz



รูปที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับ FM 30 MHz

รูปที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องรับเอฟเอ็มซึ่งแต่ละส่วนจะทำหน้าที่ดังนี้

ภาคจูนสัญญาณRF ทำหน้าที่จูนให้เฉพาะความถี่ 30 เมกกะเฮิรตซ์ให้ผ่านเข้ามาเท่านั้น

ภาคโลคอลออสซิลเลเตอร์ (Local oscillator) ทำหน้าที่ผลิตความถี่ IF ซึ่งในโครงงานนี้ใช้ความถี่ IF เท่ากับ 70 กิโลเฮิรตซ์ ดังนั้น ภาคโลคอลออสซิลเตอร์จะต้องสร้างความถี่เท่ากับ 30.07 เมกกะเฮิรตซ์

ภาคมิกเซอร์ (Mixer) จะทำหน้าที่รับสัญญาณ RF จากภาคจูนความถี่ และจากภาคโลคอลออสซิลเลเตอร์ เพื่อผสมสัญญาณ ให้ได้สัญญาณออกเอาต์พุตตามต้องการ สัญญาณที่ออกจากภาคมิกเซอร์จะมีทั้งหมด 4 ความถี่คือ

ก. ความถี่ RF ที่รับเข้ามาจากวงจรจูน RF

ข. ความถี่ จากภาคโลคอลออสซิลเลเตอร์

ค. ความถี่ผลต่างระหว่าง โลคอลออสซิลเลเตอร์กับ RF. (f_{osc}-RF)=IF=70kHz

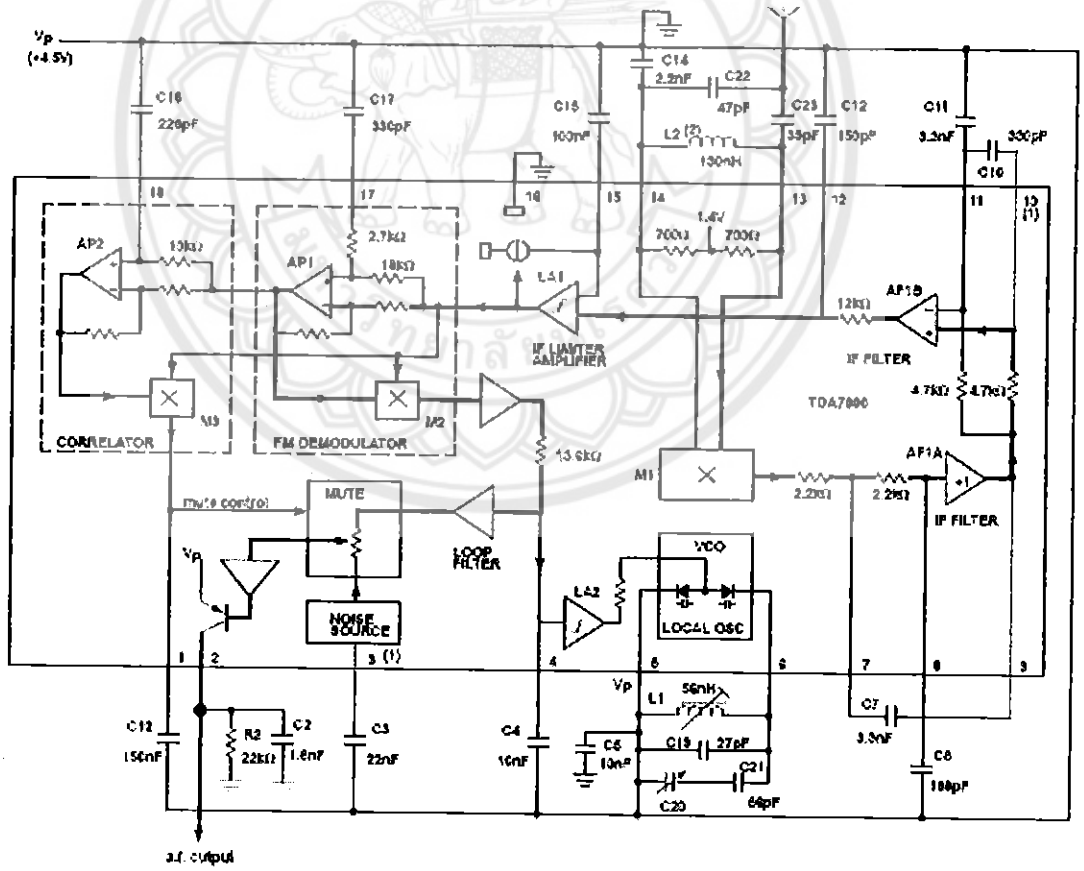
ง. ความถี่ผลบวกระหว่าง โลคอลออสซิลเลเตอร์กับ RF. (f_{osc}+RF)

ภาคกรองความถี่IF (IF filter) ทำหน้าที่กรองให้เฉพาะความถี่ IF ผ่านไปเท่านั้น

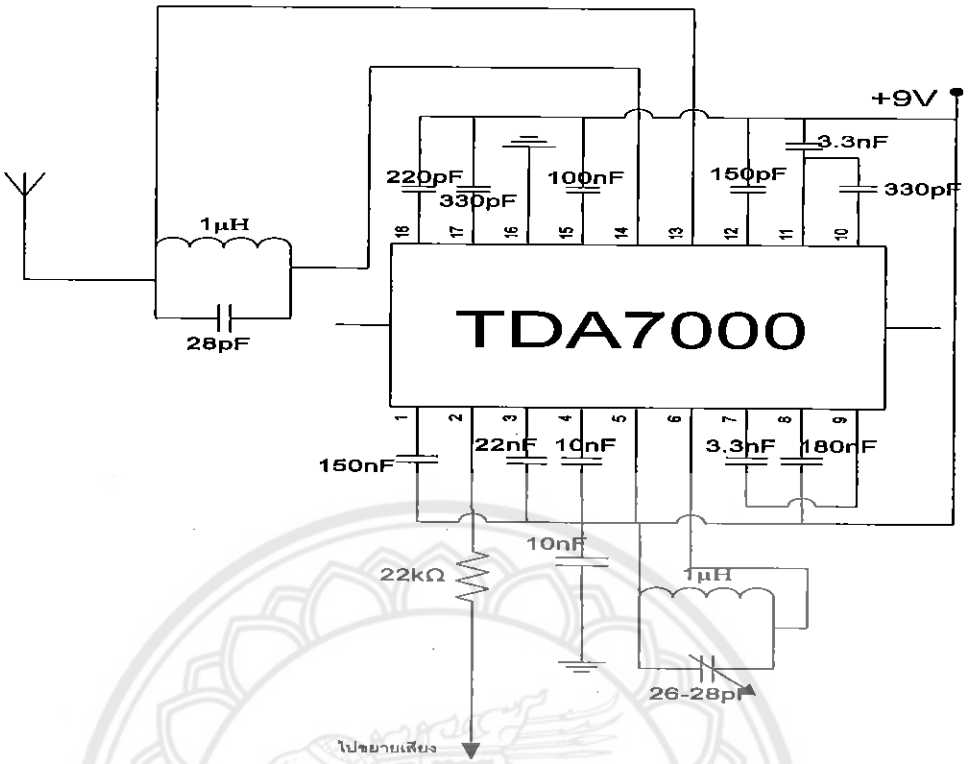
ภาคIFลิมิตเตอร์ (IF Limiter) ทำหน้ามี่ปรับแอมปลิจูดของสัญญาณ IF ให้มีแอมปลิจูดคงที่เท่ากันหมด

ภาคดีเทคเตอร์ (Detector) ทำหน้าที่แยกความถี่เสียงออกจากความถี่คลื่นพาห์

วงจรภาครับ FM 30 MHz นี้จะใช้ไอซี TDA 7000 เป็นส่วนประกอบหลักในวงจรเพื่อลดความยากของเครื่องรับ เนื่องจากไอซี TDA 7000 นี้ได้รวบรวมวงจรภาคต่างๆของเครื่องรับไว้ในตัวไอซี เช่น ภาค mixer ,Local oscillator, I.F.amplifier/limiter, Demodulation เป็น ทำให้ต่อวงจรภายนอกอีกไม่มากก็จะได้เครื่องรับเอฟเอ็มที่สมบูรณ์ ซึ่งอุปกรณ์ที่ต้องต่อเพิ่มนั้นคู่มือของไอซี ได้บอกไว้อย่างครบถ้วน แต่เป็นภาครับความถี่เอฟเอ็มที่ใช้ความถี่วิทยุกระจายเสียง 88-108 เมกกะเฮิรตซ์ หากต้องการให้รับความถี่ 30 เมกกะเฮิรตซ์ได้ต้องทำการแก้ไขภาคโลคอลออสซิลเลเตอร์ให้กำเนิดความถี่ 30.07 เมกกะเฮิรตซ์ เนื่องจากความถี่ไอเอฟของไอซีคือ 70 กิโลเฮิรตซ์ และแก้ไขวงจรจูนให้สามารถรับสัญญาณเอฟเอ็มความถี่ 30 เมกกะเฮิรตซ์ได้



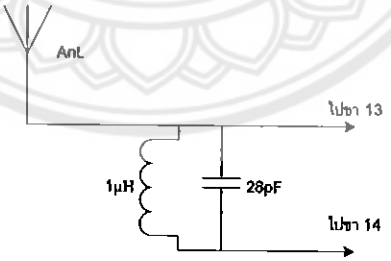
รูปที่ 4.2 วงจรภายในไอซี TDA7000



รูปที่ 4.3 แสดงวงจรเครื่องรับสัญญาณเอฟเอ็ม 30 เมกกะเฮิรตซ์ที่ใช้ไอซีTDA7000

4.1.1 ภาควงจรจูนสัญญาณ RF

เนื่องจากความถี่ที่เราจะทำเครื่องรับนั้น อยู่ที่ 30MHz ดังนั้นเราจึงใส่วงจรจูนแบบเรโซแนนท์ไว้ที่ภาครับสัญญาณ RF เพื่อให้ความถี่ที่เราต้องการคือ 30MHz ผ่านเข้ามาได้ความถี่เดียว



รูปที่ 4.4 วงจรเรโซแนนท์ที่ใช้จูนสัญญาณ 30 เมกกะเฮิรตซ์

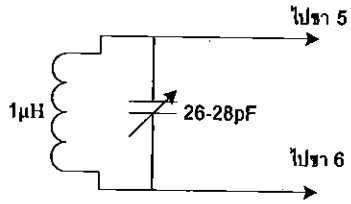
$$f_{resonance} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$f_{resonance} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(1*10^{-6}*28*10^{-12})}}$$

$$f_{resonance} = 30MHz$$

4.1.2 ภาคโลคอลออสซิลเลเตอร์

เนื่องจากความถี่ IF ของวงจรใน ไอซี TDA7000 นี้คือ 70kHz ดังนั้นภาค โลคอลออสซิลเลเตอร์ จึงต้องผลิตสัญญาณที่ 30.07MHz เพื่อให้เมื่อผสมกับสัญญาณ RF ที่ภาค mixer แล้วจะได้ความถี่ IF เท่ากับ 70kHz



รูปที่ 4.5 วงจรที่ใช้กำหนดความถี่ของภาคโลคอลออสซิลเลเตอร์

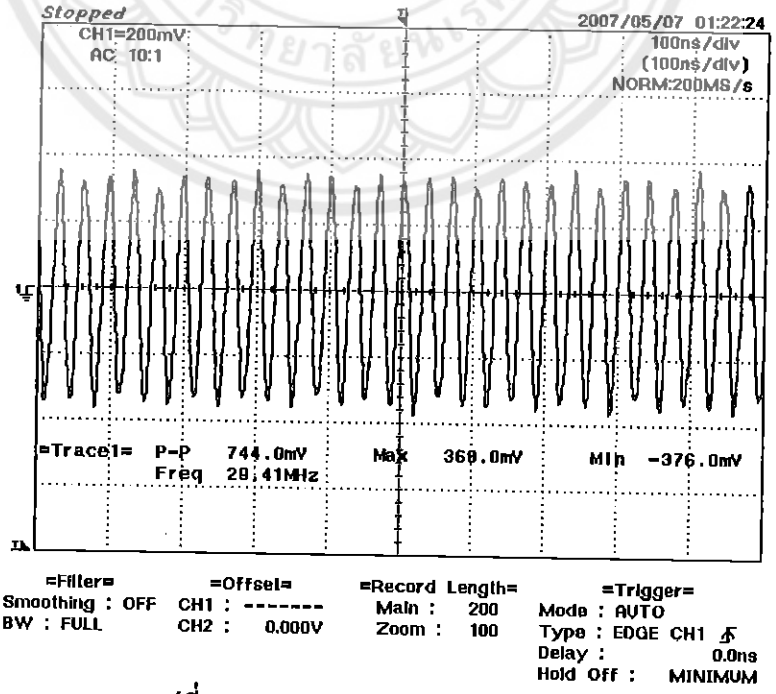
$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(1*10^{-6}*28*10^{-12})}}$$

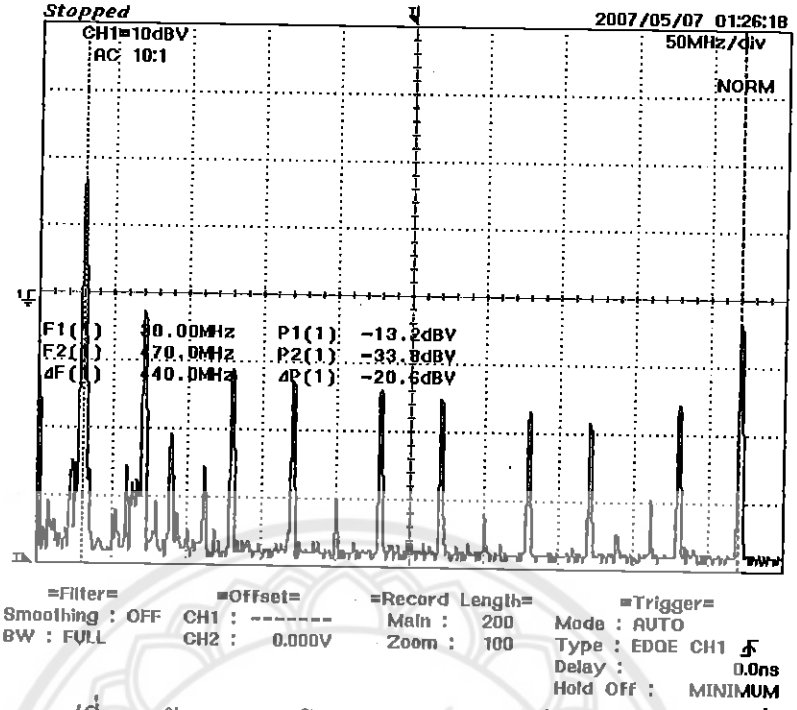
$$f_{osc} = 30MHz$$

4.2 ทดลองและวัดผล

4.2.1 เมื่อวัดสัญญาณที่ได้จากภาคโลคอลออสซิลเลเตอร์โดยวัดที่ขา 6 ของไอซีจะได้ดังรูปด้านล่างนี้

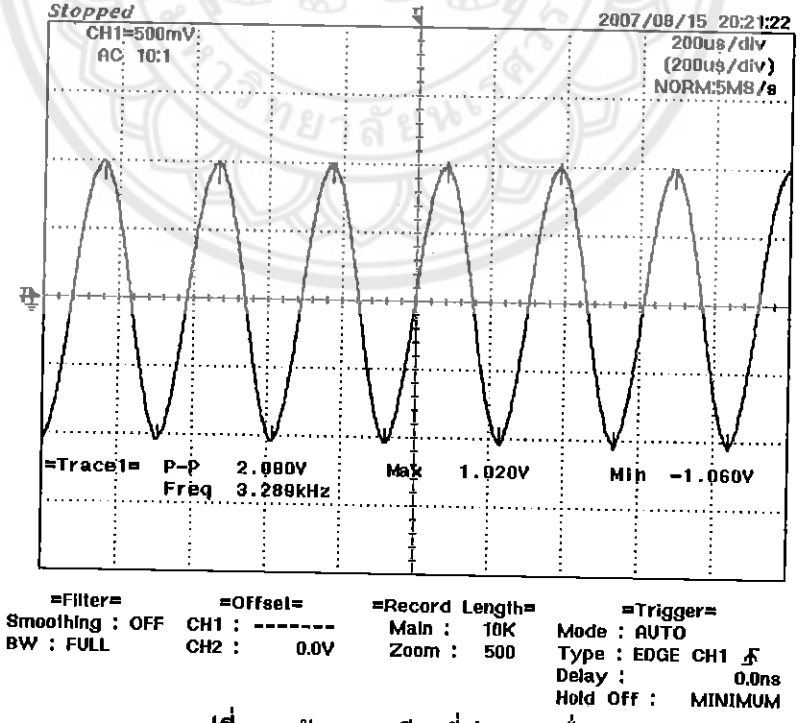


รูปที่ 4.6 สัญญาณจากโลคอลออสซิลเลเตอร์

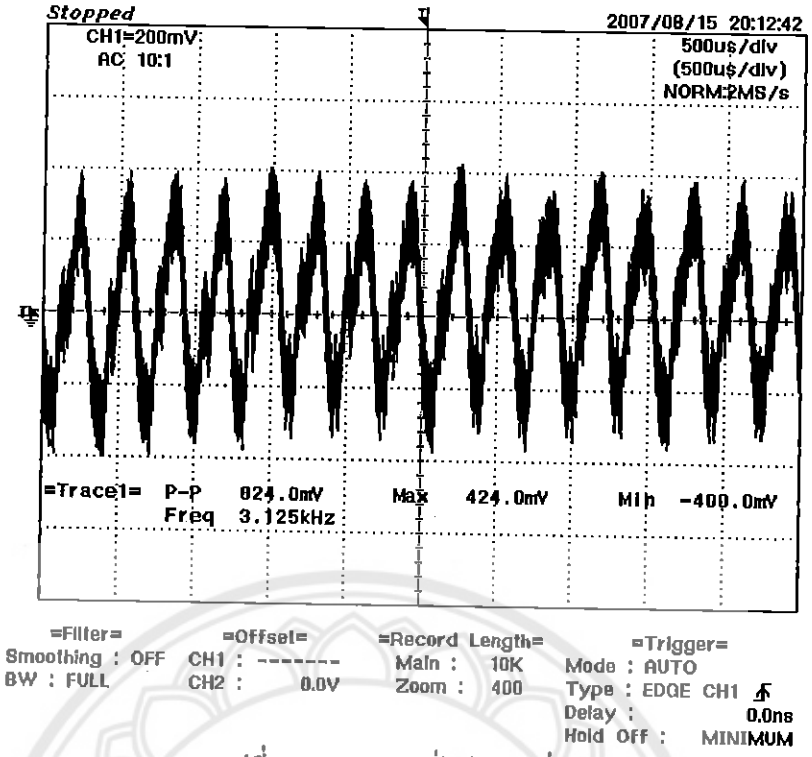


รูปที่ 4.7 สัญญาณจากโลคอลออสซิลเลเตอร์ในรูปโดเมนความถี่

4.2.2 เมื่อทำการส่งสัญญาณความถี่ 3 kHz จากภาคส่งและทำการวัดสัญญาณที่ขา 2 ของไอซี จะได้สัญญาณ เสียงที่แยกออกจากความถี่คลื่นพาห์ โดยจะได้ดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 4.8 สัญญาณเสียงที่ส่งจากเครื่องส่ง



รูปที่ 4.9 สัญญาณที่ได้จากเครื่องรับ

รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณที่ภาครับทำการดีมอดูเลชั่นสัญญาณที่ส่งมาจากเครื่องส่งโดยส่งสัญญาณความถี่ 3 กิโลเฮิรตซ์มา จากรูปจะเห็นได้ว่าสัญญาณที่ทำการดีมอดูเลตได้จะมีลักษณะไม่เรียบเนื่องจากมีสัญญาณรบกวน(noise)

บทที่ 5
สรุปผล

เครื่องส่งเอฟเอ็มในโครงงานนี้ใช้หลักการมอดูเลชั่นแบบโดยตรง โดยใช้ความถี่ที่ต้องการมอดูเลตไปทำการเปลี่ยนแปลงความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์ ซึ่งการทำงานของวงจรออสซิลเลเตอร์ในโครงงานนี้ จะสร้างความถี่โดยอาศัยวงจรเรโซแนนท์ LCเป็นตัวกำเนิดความถี่และป้อนกลับมาทำการขยายโดยทรานซิสเตอร์เพื่อเป็นการเติมพลังงานส่วนที่สูญเสียจากความต้านทานภายในตัว Lและ C การออสซิลเลตของวงจรจะเริ่มต้นเมื่อมีสัญญาณไปกระตุ้นวงจรเรโซแนนท์ LCให้กำเนิดความถี่ ซึ่งในการจำลองการทำงานของวงจรออสซิลเลเตอร์ในโปรแกรม Pspice จะใช้สัญญาณพัลส์เป็นตัวกระตุ้นแต่ในวงจรจริงไม่ต้องใช้สัญญาณพัลส์เพราะสัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุปกรณ์จะเป็นตัวกระตุ้นให้วงจรเรโซแนนท์ LC กำเนิดความถี่และป้อนกลับมาทำการขยาย สัญญาณเอาต์พุตของวงจรออสซิลเลเตอร์จะถูกขยายให้มีแอมปลิจูดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงค่าสูงสุดของทรานซิสเตอร์แอมปลิจูดของสัญญาณจึงจะมีค่าคงที่ จากการจำลองการทำงานโดยโปรแกรม Pspice จะได้ขนาดสัญญาณแรงกว่าสัญญาณจากวงจรจริงเนื่องมาจากอาจเป็นผลมาจากค่าความคลาดเคลื่อนของค่าของตัวอุปกรณ์ต่างๆ

การที่จะทำให้ความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนแปลงไปให้เป็นสัญญาณเอฟเอ็มนั้นจะอาศัยค่าตัวเก็บประจุที่อยู่ในทรานซิสเตอร์ซึ่งสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าได้เมื่อแรงดันไบอัสทรานซิสเตอร์เปลี่ยนแปลงและเมื่อตัวเก็บประจุในทรานซิสเตอร์ต่อขนานกับวงจรเรโซแนนท์ของวงจรออสซิลเลเตอร์ก็จะทำให้ความถี่เปลี่ยนแปลงไปเกิดเป็นสัญญาณเอฟเอ็มขึ้น

ภาครับเอฟเอ็มทำหน้าที่รับเฉพาะความถี่ที่ต้องการคือ30เมกกะเฮิรตซ์และทำการดีเทคสัญญาณเสียงออกมาจากคลื่นพาห์ ในโครงงานนี้ใช้ไอซีเบอร์ TDA7000 เป็นเครื่องรับสัญญาณเอฟเอ็ม ในไอซีใช้การดีเทคสัญญาณแบบควอดเดรเจอร์ดีเทคชั่น เมื่อเราทดลองส่งสัญญาณมาจากเครื่องส่งและวัดสัญญาณที่เครื่องรับสัญญาณเสียงที่ดีเทคได้นั้นจะมีสัญญาณรบกวนอยู่ แต่ก็ยังมีลักษณะเหมือนกับสัญญาณที่ทำการส่งมา

เอกสารอ้างอิง

[1] บัณฑิต โรจน์อารยานนท์. หลักการไฟฟ้าสื่อสาร. พิมพ์ครั้งที่6. กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2540

[2] ดร.สมศักดิ์ปัญญาแก้ว. ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่9. กรุงเทพมหานคร:บริษัทประชาชนจำกัด. 2540.

[3] อ.พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. ทฤษฎีเครื่องรับวิทยุ. กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์เจริญธรรม. 2540

[4] W.H.A. Van Dooremolen and M. Hufschmidt. "A complete FM radio on a chip". [Online]. Available:Http:// www.nxp.com/acrobat_download/applicationnotes/AN192.pdf. 1991.

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ นายพิทักษ์ ยศวิชัย

ภูมิลำเนา 39 หมู่7 ต.เจ้าวัด อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี 61140

ประวัติการศึกษา

-จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนบ้านไร่วิทยา

-ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่4

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : spyearth_3@hotmail.com

ชื่อ นายภาคภูมิ สิทธิชัย

ภูมิลำเนา 105 หมู่4 ต.ปัว อ.ปัว จ.น่าน 55120

ประวัติการศึกษา

-จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนปัว

-ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่4

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : nu_nancyclub@hotmail.com