สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องโทรศัพท์ป้องกันการดักฟังและตอบรับอัตโนมัติ

Scrambling and automatic answering telephone set

โดย

นายกฤษฎา เอกพันธ์

นายคชา นิยมศิลป์

นางสาวอภิญญา ชัยวิเศษเจริญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 32628
วัน, เดือน, ปี 18 พ.ค. 2542

ปท ไมทฤ

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องโทรศัพท์ป้องกันการดักฟังและตอบรับอัตโนมัติ

Scrambling and automatic answering telephone set

โดย

นายกฤษฎา เอกพันธ์ 39013040

นายคชา นิยมศิลป์ 39013042

นางสาวอภิญญา ชัยวิเศษเจริญ 39013070

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2541

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **เครื่องโทรศัพท์ป้องกันการดักฟังและตอบรับอัตโนมัติ**

Scrambling and automatic answering telephone set

ผู้จัดทำ

1. นายกฤษฎา เอกพันธ์ 39013040

2. นายคชา นิยมศิลป์ 39013042

3. นางสาวอภิญญา ชัยวิเศษเจริญ 39013070

ปราโมทย์ วาดเขียน อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องโทรศัพท์ป้องกันการดักฟังและตอบรับอัตโนมัติ

Scrambling and automatic answering telephone set

โดย นายกฤษฎา เอกพันธ์ 39013040
นายคชา นิยมศิลป์ 39013042
นางสาวอภิญญา ชัยวิเศษเจริญ 39013070

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการสร้างเครื่องโทรศัพท์ให้มีความสามารถพิเศษเพิ่มขึ้น คือมีส่วนตอบรับอัตโนมัติและส่วนป้องกันการดักฟัง ในส่วนของการตอบรับอัตโนมัติจะทำให้เครื่องรับโทรศัพท์สามารถที่จะแจ้งให้ผู้ติดต่อทราบในกรณีที่เจ้าของเครื่องไม่อยู่ และสามารถทำการฝากข้อความถึงเจ้าของเครื่องได้ และในส่วนของการป้องกันการดักฟังนั้น โทรศัพท์ทางต้นทางจะมีส่วนที่ใช้ในการแปลงข้อมูลข่าวสารก่อนส่งผ่านสายโทรศัพท์ และทางโทรศัพท์ด้านปลายทางจะมีส่วนที่ใช้ในการแปลงสัญญาณกลับ เพื่อให้สามารถเข้าใจข้อมูลข่าวสารต่างๆที่โทรศัพท์ทางด้านต้นทางส่งมาให้

ABSTRACT

This project is producing of telephone set ,that has two special functions .It consists of automatic answering part and scrambling part .In automatic answering part,it is able to tell the calling subscriber when called subscriber is absent and it is able to leave the message to called subscriber .In scrambling part ,transmitting telephone set will have a part that used to convert the message before send it via subscriber line and receiving telephone set will have a part that used to convert the message back.to understanding the message from transmitting telephone set.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 ระบบโทรศัพท์	2
2.2 สัญญาณพื้นฐานในระบบโทรศัพท์	2
2.3 เครื่องโทรศัพท์	6
2.4 ส่วนบันทึกเสียง	18
2.5 เอเอ็มและเอฟเอ็มเบื้องต้น	27
2.6 ส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	32
2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์	34
บทที่ 3 แนวทางการออกแบบและการสร้าง	47
3.1 ส่วนของตัวเครื่องโทรศัพท์	48
3.2 ส่วนของภาคตอบรับอัตโนมัติและบันทึกข้อความ	50
3.3 ส่วนของภาคป้องกันการดักฟังสัญญาณเสียง	53
3.4 ส่วนตัดต่อสัญญาณเข้ากับเครื่องโทรศัพท์	58
3.5 แผนผังแสดงส่วนประกอบของเครื่องโทรศัพท์ป้องกันการดักฟังและตอบรับอัตโนมัติ	59
3.6 ส่วนของชุดคอนโทรลเลอร์	60
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	63
4.1 การทดลองชุดเครื่องโทรศัพท์	63
4.2 การทดลองส่วนบันทึกข้อความ	66
4.3 การทดลองส่วนป้องกันการดักฟัง	67
4.4 ส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	70
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	72
5.1 บทวิจารณ์	72
5.2 บทสรุป	72
กิตติกรรมประกาศ	73
หนังสืออ้างอิง	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับคู่สายโทรศัพท์ 3

รูปที่ 2.2 แสดงสัญญาณพื้นฐานของโทรศัพท์ 5

รูปที่ 2.3 ผังของเครื่องรับโทรศัพท์ 6

รูปที่ 2.4 แสดงการป้องกันแรงดันค่าสูงๆและการกลับขั้ว 7

รูปที่ 2.5 ผังภายในของ MC 34114 8

รูปที่ 2.6 วงจรสมมูลย์ของการอินเตอร์เฟสกับคู่สายโทรศัพท์ 9

รูปที่ 2.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_R,I_R,และ V_{CC} 9

รูปที่ 2.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขยายของ AGC และแรงดันที่ขา 9 10

รูปที่ 2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{DD} และ I_{DD} 11

รูปที่ 2.10 วงจรส่วนอินพุทของ MC34114 12

รูปที่ 2.11 ผังและอุปกรณ์ภายนอกของ MC 34114 13

รูปที่ 2.12 ผังแสดงการทำงานของ MC145412 16

รูปที่ 2.13 บล็อคไดอะแกรมของ ISD 2590 19

รูปที่ 2.14 ผังเวลาในการบันทึกและเล่นกลับของ ISD 2590 26

รูปที่ 2.15 แสดงการดีเทคเอนเวโลป 28

รูปที่ 2.16 ผังของการดีมอดูเลทเอฟเอ็ม 30

รูปที่ 2.17 วงจรและกราฟแสดงผลการตอบสนองของวงจรกรองความถี่ต่ำแบบแอคทีฟอันดับ 1 31

รูปที่ 2.18 รูปวงจรและกราฟแสดงผลการตอบสนองของวงจรกรองความถี่ต่ำแบบแอคทีฟอันดับ 2 31

รูปที่ 2.19 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง 33

รูปที่ 2.20 การต่อหน่วยความจำและหน่วยความจำข้อมูลภายนอกชิป 35

รูปที่ 2.21 ผังหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมสำหรับเบอร์ 8051 36

รูปที่ 2.22 แสดงผังหน่วยความจำสำหรับ Data Memory เบอร์ 8051 36

รูปที่ 2.23 การทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 โหมด 0 : Bit Counter 39

รูปที่ 2.24 การทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 โหมด 2 : Bits Auto – Reload 40

รูปที่ 2.25 การทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 โหมด 3 : Two 8 bits Counter 41

รูปที่ 2.26 แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ทั้ง 5 ชนิด ที่ MCS – 51 สามารถรับได้ 42

บทที่ 3 แนวทางการออกแบบและการสร้าง

รูปที่ 3.1 ผังของโครงงานที่ได้ทำการสร้าง 47

รูปที่ 3.2 วงจรเสียงพูด 49

รูปที่ 3.3 วงจรกระดิ่ง 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.4 วงจรรวมของเครื่องโทรศัพท์ 50

รูปที่ 3.5 วงจรสมบูรณ์ของภาคบันทึกเสียง 51

รูปที่ 3.6 การต่อวงจรเพื่อการใช้งานไอซีเบอร์ XR2206 แบบวงจรกวาดความถี่ 54

รูปที่ 3.7 โบดพล็อตของวงจรดิฟเฟอร์เรนทิเอเตอร์ในอุดมคติและในทางปฏิบัติ 55

รูปที่ 3.8 วงจรดิฟเฟอร์เรนทิเอเตอร์ในทางปฏิบัติ 56

รูปที่ 3.9 วงจรเอฟเอ็มมอดูเลเตอร์ 57

รูปที่ 3.10 วงจรเอฟเอ็มดีมอดูเลเตอร์ 58

รูปที่ 3.11 แสดงการต่อส่วนป้องกันการดักฟังเข้ากับเครื่องโทรศัพท์ 58

รูปที่ 3.12 แสดงส่วนประกอบของเครื่องโทรศัพท์ป้องกันการดักฟัง และตอบรับอัตโนมัติ 59

รูปที่ 3.13 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงาน 60

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

รูปที่ 4.1 เอาท์พุทของวงจรเสียงพูดเมื่อป้อนสัญญาณซายน์เวฟความถี่ 1 kHz 64

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงคุณสมบัติของวงจรเสียงพูดที่อินพุทความถี่ต่างๆ 64

รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณความถี่ DTMF ของหมายเลขหนึ่งจากวงจรไดอัลเลอร์ 65

รูปที่ 4.4 ผลการทดลองการบันทึกเสียงซายน์เวฟความถี่ 800 Hz เทียบกับสัญญาณที่ทำการเล่นกลับ 66

รูปที่ 4.5 สัญญาณเอฟเอ็มที่มอดูเลทด้วยความถี่ 700 Hz 67

รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาท์พุทจากวงจรดิฟเฟอร์เรนทิเอเตอร์และสัญญาณอินพุทที่นำมามอดูเลท 68

รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาท์พุทจากไดโอดดีเทคเตอร์และสัญญาณอินพุท 69

รูปที่ 4.8 สัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากการดีมอดูเลทเทียบกับสัญญาณอินพุทที่นำมามอดูเลท 70

รูปที่ 4.9 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง 71

รูปที่ 4.10 สัญญาณจากเอาท์พุทจากวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและสัญญาณกระดิ่ง 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโหมดการทำงานกับลอจิกของ Mute และ Ms 15

ตารางที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ขา Ms และโหมดการทำงาน 17

ตารางที่ 2.3 แสดงโหมดการทำงานของ ISD 2590 23

ตารางที่ 2.4 แสดงการทำงานของโหมด Push – Button 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันความต้องการใช้โทรศัพท์มีความจำเป็นเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากความเจริญทางด้านสังคมและธุรกิจ ตลอดจนเทคโนโลยีใหม่ๆ ซึ่งการทำให้เครื่องรับโทรศัพท์มีความสามารถในหลายๆทาง ย่อมเกิดประโยชน์และสะดวกต่อการติดต่อสื่อสาร เช่น เครื่องรับโทรศัพท์สามารถตอบรับเองได้โดยอัตโนมัติ การมีส่วนของการป้องกันการดักฟังสัญญาณเสียง ตลอดจนความสามารถบันทึกข้อความต่างๆได้ ซึ่งแนวทางในการสร้างเครื่องรับโทรศัพท์ในโครงงานนี้ ได้รวมคุณสมบัติพิเศษที่กล่าวไว้ข้างต้นมาเพิ่มเติมให้กับเครื่องรับโทรศัพท์จึงเป็นประโยชน์อย่างมาก สำหรับการติดต่อสื่อสารในชีวิตประจำวัน รวมถึงในด้านธุรกิจ ซึ่งบางครั้งต้องการความปลอดภัยของข่าวสาร อีกทั้งยังเป็นการประหยัดเวลาและอำนวยความสะดวก รวดเร็ว จึงนับว่าเครื่องรับโทรศัพท์ที่ได้สร้างขึ้นในโครงงานนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ คือ ระบบสื่อสารที่มีโครงข่ายชุมสายบริการระหว่างสมาชิกและผู้รู้เลขหมายของสมาชิกให้สามารถเรียกสลับคู่สนทนาธุระต่างๆ โดยลดการเดินทางโดยไม่จำเป็นลงได้

ผู้เรียก (Calling Subscriber) หรือสมาชิกผู้เรียก คือ ผู้เริ่มต้นการเรียกจะด้วยการแจ้งให้พนักงานช่วยต่อกับผู้รับ หมุนหรือกดหมายเลขของผู้รับเมื่อเครื่องโทรศัพท์นั้นเป็นคู่สายของเครื่องโทรศัพท์อัตโนมัติ

ผู้รับ (Called Subscriber) หรือสมาชิกผู้ถูกเรียก คือ ผู้ที่ตอบรับการเรียกทางโทรศัพท์เมื่อได้ยินสัญญาณกริ่งเรียก (Ringing Signal)

คู่สายสมาชิก (Subscriber Line) คือ คู่ตัวนำกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนมาจากเสียงพูด แจกจ่ายออกมาจากสถานีที่ติดตั้งเครื่องชุมสายโทรศัพท์(บริการ)ท้องถิ่นไปยังบ้านของผู้เช่าหรือสมาชิกแต่ละรายอย่างอิสระ

เครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ [(Automatic)Telephone Switching] คือ เครื่องที่ทำหน้าที่ต่อสลับคู่สายระหว่างสมาชิกผู้เรียกกับผู้รับโดยอัตโนมัติ

การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับคู่สายโทรศัพท์จะเป็นดังรูปที่2.1

2.2 สัญญาณพื้นฐานในระบบโทรศัพท์

สัญญาณ (Signaling) คือ ข่าวสารที่ใช้ติดต่อระหว่างเครื่องรับโทรศัพท์กับชุมสายหรือข่าวสารที่ใช้ติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย

หน้าที่ทั่วๆไปของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์ในปัจจุบันมีอยู่ 4 หน้าที่ คือ

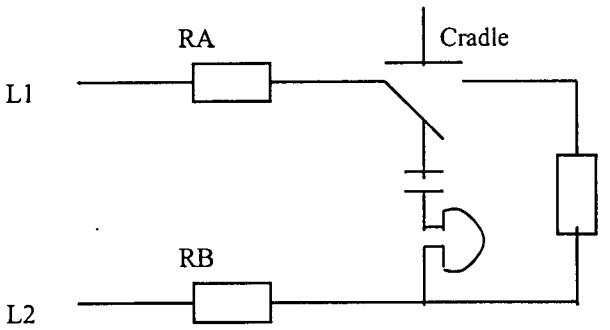
1. การเตรียมพร้อม (Alerting)
2. การส่งที่อยู่ของข่าวสาร (Transmitting Address Information)
3. การตรวจตรา (Supervising)
4. การส่งสัญญาณข่าวสาร (Transmitting Information Signaling)

2.2.1 สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย (Subscriber Signaling)

2.2.1.1สัญญาณที่ส่งมาจากผู้เช่า

- Off Hook คือ สภาพผู้เช่ายกหู โทรศัพท์จะมีสภาพ Closed Loop (Low Impedance)
- On Hook คือ สภาพผู้เช่าวางหู หรือสภาพว่างโทรศัพท์จะมีสภาพ Open Loop (High Impedance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



RA,RB = ค่าความต้านทานของสายโทรศัพท์

RC = ค่าความต้านทานของเครื่องโทรศัพท์

รูปที่2.1 การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับคู่สายโทรศัพท์

- Dialing คือ สภาพที่ผู้เช่าหมุนหมายเลข ถ้าเครื่องเป็นแบบ Rotary dialer สัญญาณที่ได้จะเป็น พัลส์ ค่าอิมพีแดนซ์ จะสูง,ต่ำ สลับกันไปตามการหมุนเลขหมาย และถ้าเครื่องเป็นแบบ Touch tone สัญญาณที่ได้ จะเป็นความถี่DTMFส่งออกไปชุมสาย

2.2.1.2 สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสาย

- Dialing Tone คือ สัญญาณที่บอกถึงสภาพการว่างของอุปกรณ์ชุมสาย และชุมสายพร้อมที่จะรับ Code ที่ทำการหมุนเข้ามา สัญญาณ Dial Tone นี้จะเป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ 425Hz มอดูเลทด้วยความถี่ 50Hz ผู้เช่าจะได้ยินเมื่อทำการยกหูโทรศัพท์
- Busy Tone คือ สัญญาณที่บอกให้ทราบว่า อุปกรณ์ชุมสายไม่ว่าง ถ้ายกหูแล้วได้ยินสัญญาณนี้แสดงว่า อุปกรณ์ชุมสายไม่ว่าง และถ้าได้ยินสัญญาณนี้หลังจากการหมุนเลขหมายแล้วแสดงว่าผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกไม่ว่างลักษณะสัญญาณที่จะเป็นสัญญาณที่ขาดตอนเป็นช่วงๆ คือ ส่ง 0.3 วินาที หยุด 0.5 วินาที โดยมีความถี่ของสัญญาณเท่ากับ 425Hz Sine Wave
- Ringing Tone เป็นสัญญาณที่ผู้เรียกได้ยินหลังจากหมุนเลขหมายครบแล้วเพื่อบอกให้ทราบว่าการต่อกระทำได้สำเร็จในขณะนี้ชุมสายจะส่งสัญญาณเรียก(Ringing Signal) ไปยังผู้เรียก โดยมีความถี่ของสัญญาณเท่ากับ425 Hz Sine Wave โดยจะส่งไปยังผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกโดยจะมีการส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที
- Ringing Signal เป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ 25 Hz มีค่าแรงดัน 70-90 Vrms โดยส่งไปยังผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกโดยจะมีการส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที
- สัญญาณโทนอื่นๆ เช่น Nu Tone (Number Tone) บอกให้ทราบว่าเลขหมายที่หมุนมาไม่มีการใช้งานอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รูปที่ 2.2 แสดงถึงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณ Dial Tone,Busy Tone,Ring Back Tone และ Ringing Tone

2.2.2 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย (Inter Exchange Signaling)

สัญญาณพื้นฐานมีอยู่ 5 ประเภทคือ

2.2.2.1 สัญญาณจับวงจร (Seizure) เป็นสัญญาณให้ชุมสายปลายทางทราบว่า คู่สายขณะนี้ถูกใช้งานอยู่ ชุมสายปลายทางจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่รับเลขหมายของผู้ถูกเรียกที่ส่งมา

2.2.2.2 Address Information เป็นสัญญาณบอกเลขหมายหรือประเภทของผู้เช่า

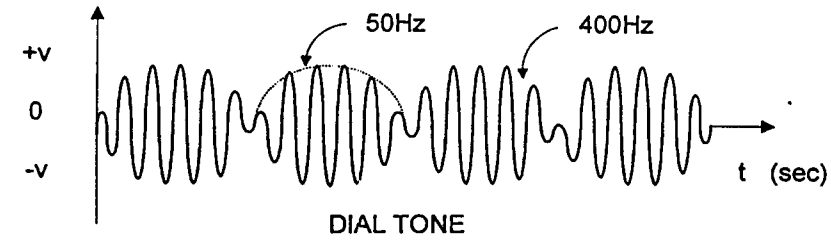
2.2.2.3 สัญญาณตอบรับ (Answer Signal) สัญญาณนี้ถูกส่งเมื่อผู้เช่าฝ่าย B ยกหูรับ หน้าที่หลักของสัญญาณนี้คือ

- เริ่มต้นคิดเงิน
- ส่งสัญญาณคิดเงิน
- ตัดวงจรการจับเวลาการใช้อุปกรณ์

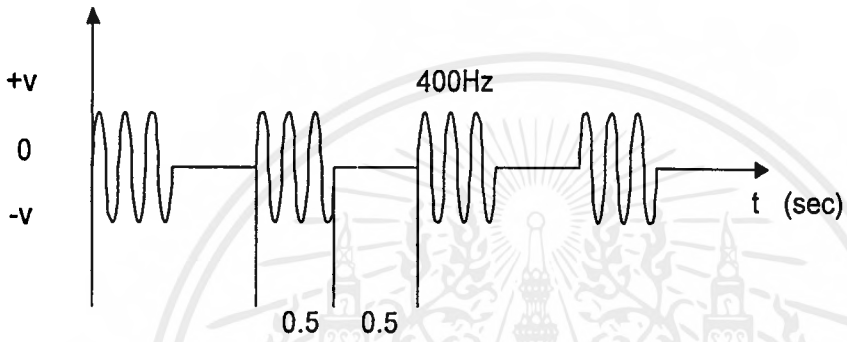
2.2.2.4 สัญญาณยกเลิกการต่อตรง (Clear – Forward) จะถูกส่งเมื่อฝ่าย A วางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้วงจรทางด้านปลายทางทำการยกเลิกการต่อวงจรต่างๆ

2.2.2.5 สัญญาณยกเลิกการต่อกลับ (Clear – Back) จะถูกส่งเมื่อผู้เช่าฝ่าย B วางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้ชุมสายต้นทาง เริ่มต้นการจับเวลา เมื่อเวลาผ่านไป 90 – 120 วินาที ชุมสายต้นทางจะยกเลิกการติดต่อมาพร้อมกับส่งสัญญาณ Clear – Forward ออกไปเพื่อให้ชุมสายปลายทางยกเลิกเช่นกัน

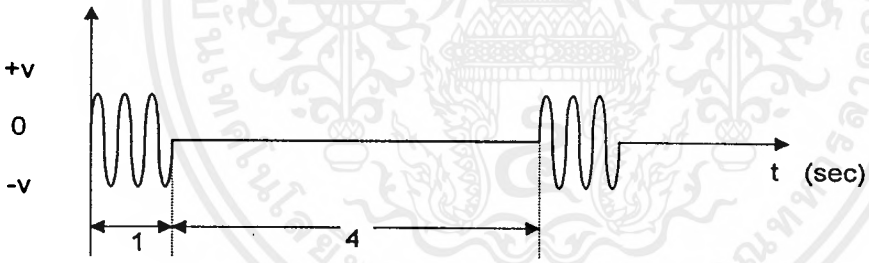
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



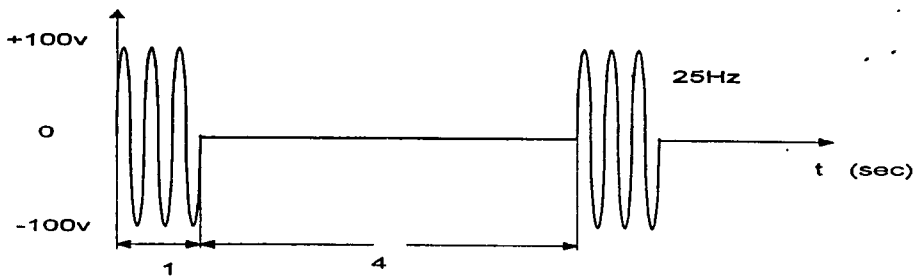
DIAL TONE



BUSY TONE



RING BACK TONE



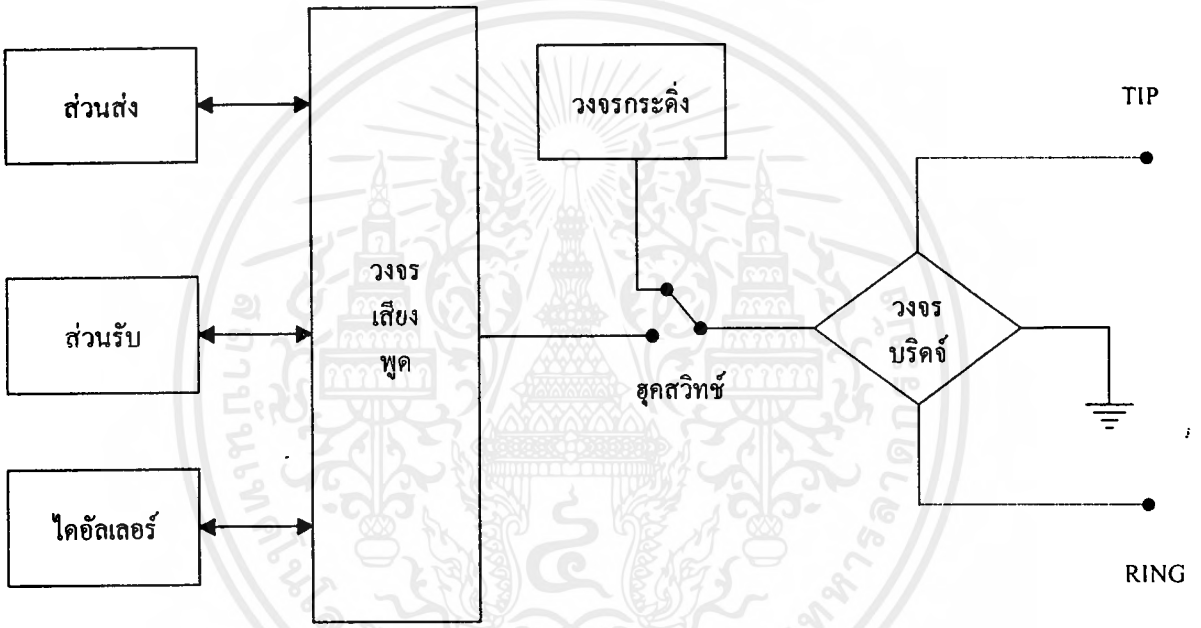
RINGING TONE

รูปที่ 2.2 แสดงสัญญาณพื้นฐานของโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์ (Telephone set) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ส่งเสียงพูดของผู้ใช้ผ่านคู่สายโทรศัพท์ไปยังคู่สนทนาและรับเสียงของคู่สนทนาจากคู่สายโทรศัพท์มาขยายออกหูฟังให้ผู้ใช้ได้ยิน นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ส่งสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสายโทรศัพท์ เพื่อแจ้งให้ชุมสายทราบว่าผู้ใช้ต้องการติดต่อไปยังคู่สายใด เมื่อชุมสายทำการติดต่อไปยังคู่สายปลายทางได้ผลประการใด ก็จะมีสัญญาณจากชุมสายแจ้งมาให้ทราบ ส่วนประกอบต่างของเครื่องโทรศัพท์จะเป็นดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ผังของเครื่องรับโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

1. วงจรเสียงพูด(Speech network) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากระบบทูไวร์เป็นระบบโฟร์ไวร์ขยายสัญญาณทางด้านรับและด้านส่ง ควบคุมระดับไซด์โทน
2. ไดอัลเลอร์ (Dialer) ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณเลขหมายโทรศัพท์ เพื่อส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์
3. วงจรส่งเสียงพูด (Transmitter) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงพูดของผู้ใช้ไปยังคู่สนทนาโดยใช้ไมโครโฟนแปลงเสียงพูดไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าผ่านวงจรเสียงพูดไป
4. วงจรรับเสียงพูด (Receiver) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่มาจากคู่สายโทรศัพท์ให้เป็นเสียง (Voice) ตามเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

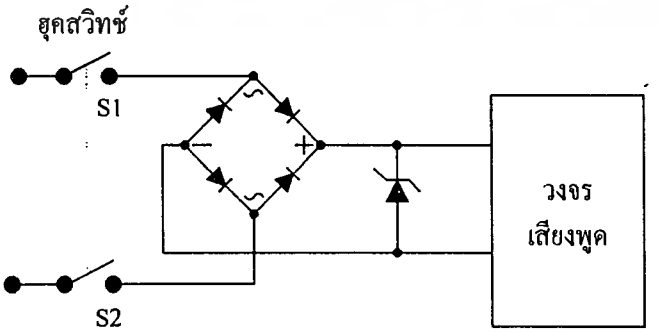
5. วงจรกระดิ่ง (Ringer) ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณเรียกจากชุมสายโทรศัพท์ แล้วแปลงเป็นสัญญาณเสียง เพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่ามีผู้ต้องการติดต่อด้วย
6. ฮุคสวิทช์ (Hook Switch) ทำหน้าที่ตัดต่อเครื่องโทรศัพท์เข้ากับคู่สาย มีสองสภาวะคือ สภาวะการยกหู (Off Hook) และสภาวะการวางหู (On Hook)
7. วงจรบริดจ์ (Polar Guard Bridge) ทำหน้าที่ผ่านกระแสไฟตรงจากคู่สายไปเลี้ยงวงจรและป้องกันการกลับขั้วของกระแสไฟ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ผ่านสัญญาณไฟฟ้าทั้งบวกและลบไปในวงจร รวมทั้งเป็นส่วนสร้างกราวด์ให้กับเครื่องโทรศัพท์

วงจรในการป้องกันไฟจากสายโทรศัพท์ (Protection Circuit)

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วๆไป สัญญาณทรานเซียนส์(transient) ที่มีระดับแรงดันสูงๆจะสามารถทำลายอุปกรณ์จำพวกทรานซิสเตอร์และไอซีต่างๆได้ สำหรับสาเหตุที่ทำให้เกิดสัญญาณทรานเซียนส์มีหลายประการ อาทิเช่น ฟ้าผ่า การสวิทช์ของอุปกรณ์สวิทชิ่ง หรือผลอันเนื่องมาจากขดลวดเหนี่ยวนำที่แฝงอยู่ในสายส่งสัญญาณ ดังนั้นวงจรป้องกันสัญญาณทรานเซียนส์จึงมีความสำคัญเป็นอันมาก เพราะเหตุที่ว่าในปัจจุบันนี้เรายังไม่สามารถผลิตไอซีที่มีแรงดันพังทลาย(voltage breakdown)ค่าสูงได้ ทางป้องกันทางหนึ่งก็คือการเลือกใช้ซีเนอร์ไดโอดมาช่วยในการป้องกันสัญญาณทรานเซียนส์ค่าสูงๆ เมื่อระดับแรงดันอินพุททรานเซียนส์มีค่าสูงกว่าแรงดันพังทลายของซีเนอร์ไดโอด ซีเนอร์ไดโอด ก็จะนำกระแสและรักษาแรงดันตกคร่อมตัวมันให้คงที่ สำหรับในวงจรใดที่มีการกลับขั้วของสัญญาณอินพุท ก็จะใช้ซีเนอร์ไดโอด 2 ตัวมาต่อแบบหลังชนหลัง(back to back)

ในการทำงานของวงจรโทรศัพท์ทั่วไป หากมีการกลับขั้วของสัญญาณอินพุทที่มีไฟตรง จะก่อให้เกิดการผิดพลาดขึ้นแก่การทำงานของวงจรได้ จึงมีการใช้วงจรบริดจ์เรคติไฟร์เข้ามาช่วยในการทำให้สัญญาณไฟตรงมีขั้วเดิมตลอดเวลา

วงจรบริดจ์เรคติไฟร์นั้นสามารถสร้างได้โดยการใช้ไดโอด 4 ตัวต่อกันตามรูปที่2.4เนื่องจากซิลิกอนไดโอดสามารถทนต่อแรงดันสูงๆ ได้ดี จึงใช้ซีเนอร์ไดโอดป้องกันเฉพาะวงจรเสียงพูดเท่านั้น



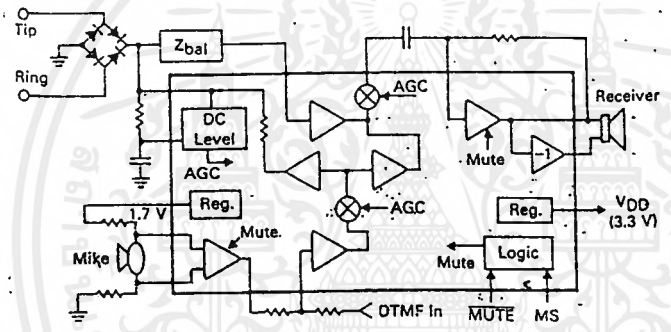
รูปที่2.4 แสดงการป้องกันแรงดันค่าสูงๆและการกลับขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวงจรบริดจ์เรคติไฟร์ที่ใช้ซิลิกอนไดโอดนั้น มีแรงดันฟอร์เวิร์ดไบอัสตกคร่อมประมาณ 1.5 โวลท์ ถ้าในวงจรควบคุมเสียงพูดถูกออกแบบให้ทำงานได้ที่ไฟเลี้ยงอย่างต่ำ 3.5 โวลท์ ดังนั้นแรงดันไฟเลี้ยงอย่างต่ำที่สุดที่เข้าสู่วงจรบริดจ์เรคติไฟร์จะต้องเป็น 5 โวลท์ จึงจะสามารถทำให้วงจรควบคุมเสียงพูดทำงานได้

วงจรควบคุมเสียงพูด

วงจรควบคุมเสียงพูดแบบสองทิศทาง (Two way speech circuit)เป็นอีกส่วนหนึ่งภายในเครื่องโทรศัพท์ที่จัดว่ามีความสำคัญต่อการทำงานของตัวเครื่องโทรศัพท์ เพราะเป็นส่วนที่จะต้องทำงานเกี่ยวกับสัญญาณเสียงพูดที่เราพูดผ่านไมโครโฟน หรือสัญญาณเสียงที่จะได้ยินจากคู่สนทนา ข้อสำคัญของการออกแบบวงจรนี้คือ การแมตชิ่งอิมพีแดนซ์ของสายส่งสัญญาณจากชุมสายกับอิมพีแดนซ์ของวงจร ซึ่งจะต้องมีความใกล้เคียงกันมากที่สุดเพื่อประสิทธิภาพของการส่งสัญญาณ



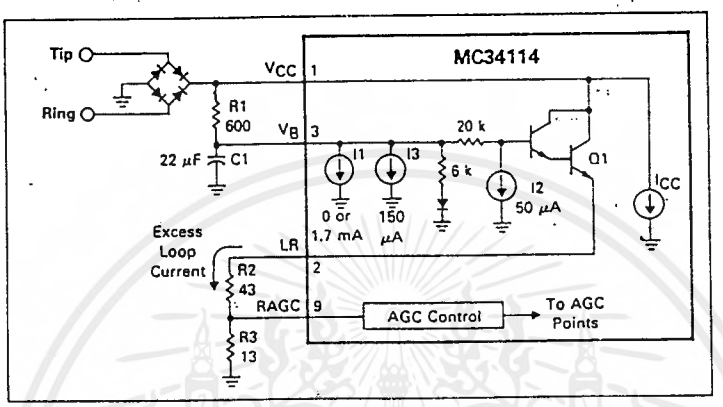
รูปที่ 2.5 ผังภายในของMC34114

รูปที่2.5เป็นวงจรภายในของไอซี MC34114 ซึ่งประกอบด้วยวงจรเสียงพูดที่มีวงจรไฮบริดจ์ (วงจรแยกระบบสายส่งจาก ทูไวร์ เป็น โฟร์ไวร์) วงจรเชื่อมต่อกระแสไฟตรงที่ต่ออยู่กับสายทิปกับริง สามารถปรับแต่งอัตราการขยายสัญญาณของด้านส่ง ด้านรับและไซด์โทน (Sidetone: การที่เสียงพูดของผู้พูดสามารถได้ยินในส่วนของหูฟัง เพื่อให้ทราบได้ว่าเราควรจะพูดดังค่อยขนาดไหน ในการติดต่อกัน) และมีส่วนวงจรชดเชยผลอันเนื่องมาจากความยาวของสายส่งสัญญาณ(Line length compensation)ที่อัตราการขยายเปลี่ยนแปลงตามกระแสในลูป รวมทั้งวงจรขยายไมโครโฟนแบบผลต่างเพื่อที่จะลดการรบกวนเนื่องจากความถี่วิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

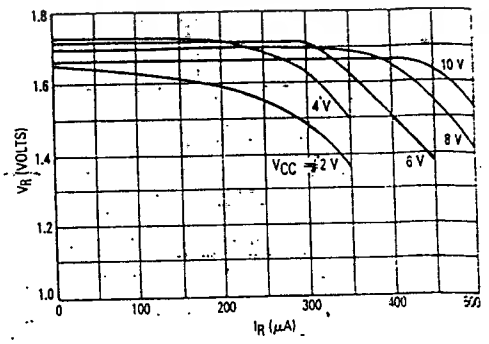
วงจรเชื่อมต่อกับไฟตรงของMC34114

วงจรเชื่อมต่อกับไฟตรง(ขา 1,2,3)จะกำหนดคุณสมบัติของไฟตรงจากกระแสในลูป จากรูปที่2.6 ระดับแรงดันไฟตรงที่ V_{CC} ถูกจำกัดโดยการยกระดับแรงดันของขา 1 กับขา 2 บวกแรงดันตกคร่อม R2 และ R3 ไอซี MC34114 ต้องการ Icc เป็นกระแสไบอัสภายใน ซึ่งปกติมีค่าประมาณ 10mA เราสามารถที่จะลดกระแส I_{CC} หากจำเป็นโดยการเพิ่มค่า R12



รูปที่ 2.6 วงจรสมมูลย์ของการอินเตอร์เฟสกับคู่สายโทรศัพท์

ในระหว่างการพูดและการส่งสัญญาณแบบพัลส์ ตัวกำเนิดกระแส I1 ไม่ทำงาน การยกระดับแรงดันจะตกลงไปเนื่องมาจากขา B และ E ของทรานซิสเตอร์ Q1(ประมาณ1.4โวลท์)1โวลท์คร่อมความต้านทาน 20 kΩ และแรงดันตกคร่อม R1 ซึ่งทำให้ V_{CC} จะเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0.15 ไปจนถึงประมาณ 1.0 โวลท์ เมื่อกระแสลูปที่มาจากขั้วทิปกับขั้วริงมีค่าเกินกว่า I_{CC} จะต้องการ กระแสที่เกินจะไหลผ่าน Q1,R2,R3 เพื่อให้เป็นไปตามคุณสมบัติของ V-I ตามรูปที่ 2.7



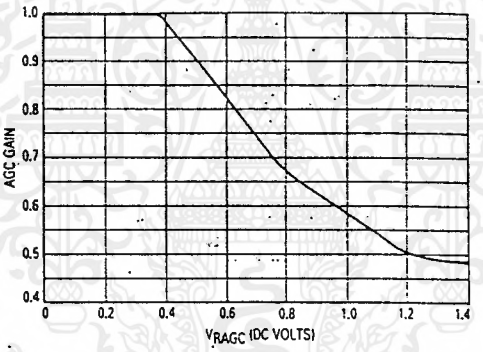
รูปที่ 2.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_R, I_R และ V_{CC}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการส่งสัญญาณแบบโทน แหล่งจ่ายกระแส I1 ทำงาน ทำให้มีกระแสไหลผ่านR1 เพิ่มขึ้น 1.7 mA ยกระดับแรงดันขึ้นอีกประมาณ 1.0 โวลท์ (เมื่อ R1 มีค่า 600 โอห์ม) คุณสมบัติพิเศษนี้เป็นการประกันได้ว่าเมื่อกระแสลูปมีค่าน้อย จะมีแรงดันที่ V_{CC} มากสำหรับสัญญาณ DTMF และแหล่งจ่ายแรงไฟ V_{DD} จะสามารถจ่ายแรงดันที่พอเพียงไปให้ส่วนแป้นกดสัญญาณภายนอก กระแส I_{CC} ในการทำงานแบบนี้จะเพิ่มขึ้นประมาณ 1.3mA

ความต้านทาน R1ใช้ได้ตั้งแต่ 100 ไปจนถึง 1800 โอห์ม ถ้าใช้ค่าที่มากเกินไปกระแสที่ไหลไปยัง V_B จะมีค่าไม่เพียงพอ แต่ถ้ามีค่าน้อยเกินไป การกรองที่ V_B จะไม่เป็นผล ถึงแม้ว่าจะมีการเพิ่มค่าC1 ก็ตาม (สัญญาณเสียงพูดจะถูกกรองโดย V_B)

แรงดันตกคร่อม R3 เป็นตัวควบคุมการทำงานของ AGC (เป็นส่วนชดเชยผลอันเนื่องมาจากความยาวของสายส่งสัญญาณ) เมื่อความต้านทานที่ตกคร่อม RAGC เพิ่มขึ้นจากประมาณ 0.4 โวลท์ไปเป็น 1.2 โวลท์ ส่วนควบคุมการทำงานของ AGC จะเปลี่ยนอัตราการขยายกระแสของ AGC ตั้งแต่ 1.0 ไปถึง 0.5 ซึ่งจะลดอัตราการขยายของส่วนรับและส่งไปประมาณ 6dB ตามรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขยายของ AGC และแรงดันที่ขา 9

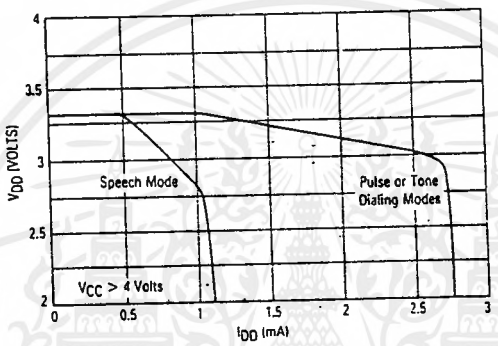
ค่าของ R2 และ R3 สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีการเพิ่มเติมวงจรที่ใช้กระแสจากลูปอาทิ เช่น ไมโครโปรเซสเซอร์ต่างๆ หรือเพื่อเปลี่ยนแปลงจุดเริ่มต้นการทำงานของ AGC ถ้าหากจะไม่ใช้งาน AGC ควรจะต่อขา 9 ลงกราวด์ เพื่อจะให้ได้อัตราการขยายที่สูงสุด หรือต่อเข้ากับ V_R เพื่อให้ได้อัตราการขยายต่ำสุด

ตัวจ่ายแรงดันคงที่

ไอซี MC34114 มีตัวจ่ายแรงดันคงที่สองตัว เพื่อจ่ายแรงดันให้ทั้งวงจรภายในและวงจรภายนอก ตัวจ่ายแรงดันคงที่ V_R จ่ายแรงดัน 1.7 โวลท์ ที่กระแสสูงสุด 500μA (ตามรูปที่2.5) ซึ่งผลที่ได้นี้จะนำไปใช้ไบอัสขา 10 (TXI) และไบอัสไมโครโฟน โดยปกติ V_R มีค่าน้อยกว่า V_{CC} ประมาณ 0.3 โวลท์ เมื่อ V_{CC} มีค่าน้อยกว่า 2.0 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวจ่ายแรงดันคงที่ V_{DD} จ่ายแรงดัน 3.3 โวลท์ที่กระแสสูงสุด 1.0 mA ในขณะใช้พูดแบบปกติ และกระแสสูงสุด 2.5 mA ในการส่งสัญญาณแบบพัลส์หรือโทนตาม รูปที่2.9 ปกติเราใช้ V_{DD} ในการจ่ายพลังงานให้กับวงจรแป้นกดที่อยู่ภายนอกรวมทั้งวงจรอื่นที่ต่ออยู่ด้วยกัน ปกติ V_{DD} จะมีค่าน้อยกว่าV_{CC} ประมาณ 0.5 โวลท์ V_{DD} เป็นตัวจ่ายกระแสคงที่แบบขนานซึ่งจะเปลี่ยนไปเป็นค่าความต้านทานสูงโดยอัตโนมัติ เมื่อ V_{CC} มีค่าต่ำกว่า 1.4 โวลท์ คุณลักษณะนี้จะช่วยป้องกันการกินกระแสจากแบตเตอรี่ช่วยคงหน่วยความจำของวงจรแป้นกด เมื่อ V_{CC} มีค่าเป็น 0 กระแสรั่วไหลมีค่า $0.02\mu A$ เมื่อป้อนแรงดันค่าไม่เกิน 6.0 โวลท์ เข้าที่ V_{DD} โดยที่ขา 17 เปิดวงจรหรือต่อกับ V_{DD} หากขา 17 ต่อลงกราวด์ กระแสหลายร้อย μA จะไหลเข้า V_{DD} และไหลลงกราวด์ที่ขา 17

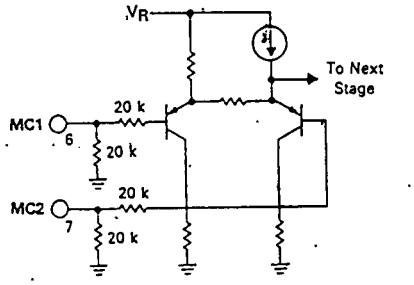


รูปที่ 2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{DD} และ I_{DD}

วงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟน

วงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟน (ขา 6,7,8) มีสัญญาณเข้าแบบผลต่าง (Differential) สัญญาณออกแบบซิงเกิลเอนด์ และอัตราขยายภายในคงที่ +30 dB เอาท์พุทตรงเฟสกันกับ MC2 และกลับเฟสกันกับ MC1 อินพุท ตามรูปที่ 2.10 มีความต้านทาน 20 kΩ และแมตชิ่งเป็นอย่างดีเพื่อ CMRR (Common mode Rejection) ที่สูง (ประมาณ 26 dB) เพื่อที่จะมีการขจัดสัญญาณจากการเหนี่ยวนำจากสายนำสัญญาณที่ไม่ต้องการ (CMMR มีค่าสูง) ไมโครโฟนจึงมีการไบอัสจากความต้านทานที่มีค่าเท่ากันดังในรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 วงจรส่วนอินพุทของ MC34114

เอาท์พุท (MCO) มีแรงดันไบอัสตรงอยู่ประมาณ 1.1 โวลท์ (เมื่อ V_{CC} มีค่ามากกว่า 3.0 โวลท์) มีอัตราการแกว่งประมาณ 2.0 โวลท์ (แกว่ง 500 mV เมื่อ V_{CC} มีค่า 1.2 โวลท์) เอาท์พุทอิมพีแดนซ์มีค่าประมาณ270 Ω และมีกระแสสูงสุดประมาณ 160 μA ที่ 5% ของ THD (Total Harmonic Distortion)

เมื่อ MC34114 อยู่ในระหว่างการส่งสัญญาณหมุน วงจรขยายไมโครโฟนจะถูกลดกำลังการส่งลงไปประมาณ 70 dB (300 – 4000 kHz) ซึ่งเพียงพอในการหยุดการทำงานของไมโครโฟนระดับแรงดันไฟตรงที่ MCO มีค่าประมาณ 80 mV เมื่อถูกลดกำลังลง

วงจรในการส่งสัญญาณ

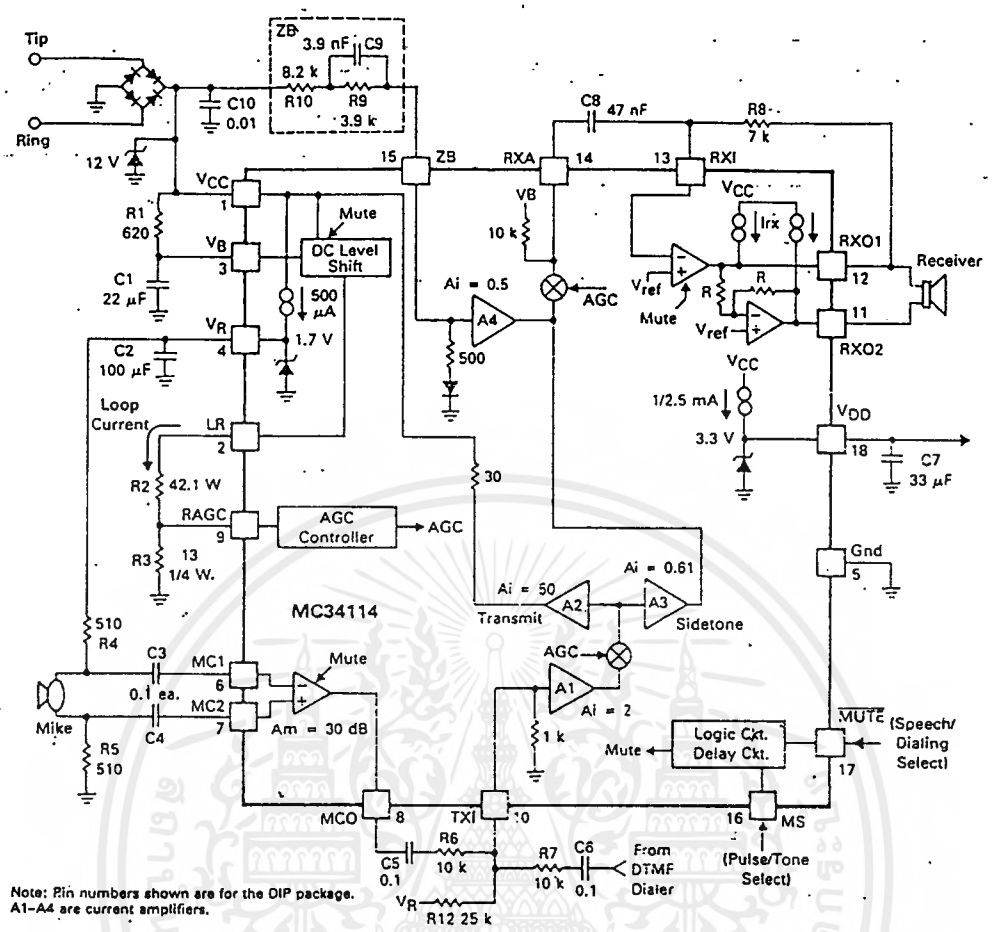
วงจรที่ใช้ในการส่งสัญญาณออกไปมีอุปกรณ์ดังรูปที่ 2.11 แรงดันเอาท์พุทที่ MCO ถูกเปลี่ยนไปเป็นกระแสเข้า TXI โดย C5 , R6 และความต้านทานภายในของ TXI 1 kΩ A_1 และ A_2 คือ อุปกรณ์ขยายกระแสที่มีอัตราขยายรวมกันเป็น 100 AGC ที่เข้ามามีค่าเป็น 1 เมื่อมีกระแสลูปน้อย และลดลงเป็น 0.5 เมื่อกระแสลูปมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจะทำให้อัตราการขยายจาก TXI ไปจนถึง V_{CC} กระทำต่อ R1 และอิมพีแดนซ์ของสายส่ง (ประมาณ 600 Ω) ก่อให้เกิดแรงดันที่ V_{CC} และเช่นกันที่ขั้วทิปกับริง ระดับแรงดันระหว่างขา MC1 - MC2 และขั้วทิปกับริงมีค่าตามสมการ

$$G_{TX} = (AM * 100 * AGC * R1/Z_{LINE}) / (R6 + 1000)$$

เมื่อ Am เป็นอัตราการขยายของอุปกรณ์ขยายไมโครโฟน (31.1 V/V) ที่กระแสลูปค่าน้อย ๆ G_{TX} มีค่าเป็น 42 V/V (32.5 dB) ที่กระแสลูปค่ามาก ๆ

สัญญาณที่ V_{CC} กลับเฟสกันกับสัญญาณที่ TXI แต่มีเฟสเดียวกันกับสัญญาณที่ MC 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ผังและอุปกรณ์ภายนอกของ MC34114

วงจรในการรับสัญญาณ

วงจรที่ใช้รับสัญญาณเข้ามามีอุปกรณ์ในรูปที่ 2.11 ซึ่งโดยปกติมีค่า 600 Ω จะเป็นตัวกำหนดจุดสิ้นสุดของสายส่ง (เป็น Return loss) ของสัญญาณที่ส่งมาจากขั้วทิปและริงสัญญาณที่ได้รับจะสร้างกระแสไฟฟ้าสลับผ่าน ZB Network (Balanced Impedance Network) และความต้านทาน 500 Ω ที่ขา ZB A_4 จะลดกระแสลงครึ่งหนึ่งแล้วส่งต่อไปให้ AGC แล้วผ่าน C8 ไปยัง RXI (จุดรวมอัตราการขยาย ซึ่งถ้า C8 มีค่ามาก RXA จะเปรียบเป็นกราวด์เสมือนและไม่มีกระแสไฟสลับไหลผ่านความต้านทานภายใน 10 kΩ) แรงดัน RXO1 ถูกกำหนดโดยกระแสจาก C8 และความต้านทานป้อนกลับ R8 ออปแอมป์ตัวที่สอง (ที่ขา RXO2) มีการกำหนดไว้แล้วว่าให้มีการขยายแบบกลับขั้วและมีอัตราการขยายเป็น 1 (Inverting Unity Gain) อัตราการขยายแรงดันจากขั้วทิปกับริงไปยัง RXO1 - RXO2 มีค่าตามสมการต่อไปนี้

$$G_{RX} = (R8 * AGC) / (ZB + 500)$$

เมื่อ $ZB = R10 + R9 // C9 \approx R10 + R9$

เมื่อใช้ค่าของอุปกรณ์ตามรูปที่ 2.11 อัตราการขยายจะมีค่าประมาณ 0.495 V/V (-6.1 dB) เมื่อกระแสในลูปมีค่าน้อย และอัตราการขยายกลายเป็น ≈ 0.25 V/V (-12 dB) เมื่อมีกระแสในลูปสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ MC34114 อยู่ในระหว่างการส่งสัญญาณเลขหมายออก (MUTE มีค่าเป็น 0) อัตราการขยายของวงจรภาครับจะลดลง ด้วยเพราะมีการต่อ R_{FINT} ที่มีค่า 1.0 กิโลโอห์มขนานกับ R8 อัตราการลดลงของสัญญาณจะมีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$G_{RXM} = 20 * Log \{(R8 + R_{FINT}) / R_{FINT}\}$$

เมื่อขา MUTE กลับไปสู่สภาวะ 1 อีกครั้ง จะมีการหน่วงเวลาประมาณ 11 mSec ก่อนที่ความต้านทานจะถูกทำให้กลับไปเป็นสภาวะเดิม เพราะเหตุว่า จะได้ป้องกันสัญญาณทรานเซียนส์อันเนื่องมาจากการส่งสัญญาณแบบพัลส์อันเป็นเหตุให้เกิดเสียงคลิ๊กขึ้นที่หูฟัง

แรงดันไบอัสที่ขา RXI, RXO1 และ RXO2 มีค่าประมาณ 0.65 โวลท์ กระแสไบอัสที่ขา RXI มีค่าประมาณ 50 nA แรงดันสูงสุดที่ RXO1 และ RXO2 อยู่ในเทอมของความต้านทานของหูฟัง และกระแส I_{rx} โดยค่านี้หาได้จากสมการ $I_{rx} = (VR * 50 * AGC) / R12 + 1000)$

วงจรขจัดไซด์โทน

การขจัดไซด์โทนสามารถทำได้โดยการนำเอาตัวขยายกระแส A_3 มาสร้างสัญญาณที่คล้ายคลึงกับสัญญาณทางด้านส่ง แล้วนำมาขจัดไซด์โทนที่ผ่านเข้ามาทาง ZB และ A_4 เพื่อที่จะได้การขจัดสัญญาณที่สมบูรณ์ (ไม่มีกระแสสลับออกมาทาง RXA) จำเป็นที่จะต้องให้ ZB มีค่าตามในสมการ

$$ZB = (40*R1 // Z_{LINE})-500$$

ซึ่ง ZB เป็นวงจรที่ประกอบขึ้นด้วย R9, R10 และ C9 และ ZB เป็นความต้านทานทาง AC ของสายส่ง อุปกรณ์ที่มีปฏิกิริยาตอบสนองต่อความต้านทานของสายส่งสามารถชดเชยได้ด้วยการใช้วงจร ZB ที่มีปฏิกิริยาตอบสนองอย่างเปรียบเทียบกันได้ ในรูปที่ 2.11 C9 จะเป็นตัวชดเชยการเลื่อนของเฟสอันเนื่องมาจากสายส่ง

เนื่องจากตามปกติในสายส่งสัญญาณที่เชื่อมต่อเชื่อมระหว่างชุมสายกับเครื่องโทรศัพท์จะมีค่าความต้านทาน ตัวเก็บประจุ และขดลวดเหนี่ยวนำอยู่ โดยเฉลี่ยแล้ว ทุกๆระยะ 1 ไมล์ที่เพิ่มขึ้นของสายส่งจะเสมือนว่ามีตัวเก็บประจุค่าประมาณ 0.07 μA ต่อคร่อมอยู่ระหว่างสายส่ง และมีตัวต้านทาน 42 Ω กับขดลวดเหนี่ยวนำ 1 mH ต่ออนุกรมกันอยู่ ซึ่งอุปกรณ์แฝงเหล่านี้จะมีผลทำให้สัญญาณที่ส่งไปตามสายเกิดความผิดเพี้ยนทั้งขนาดและเวลา ดังนั้นจึงต้องมีวงจรที่จะสามารถรับรู้ความผิดพลาดเหล่านี้ได้

การเชื่อมต่อกันของสัญญาณลอจิก

ขาอินพุทลอจิก 2 ขาของ MC34114 ถูกใช้ในการเปลี่ยนแปลงโหมดการทำงานดังตารางที่ 2.1 ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mute	MS	Mode
High	-	Speech
Low	High	Pulse Dialing
Low	Low	Tone Dialing

ตารางที่ 2.1แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโหมดการทำงานกับลอจิกของ Mute และ MS

ค่าของลอจิก 1 ของขา MUTE มีค่าระหว่าง V_{DD} –0.5 จนถึง V_{DD} ส่วนค่าลอจิก 0 ของขา MUTE มีค่าระหว่าง 0-1 โวลท์ การเปลี่ยนแปลงลอจิกต้องมากกว่าค่าเทรชโฮล 2.3 โวลท์ เมื่อขา MUTE เปลี่ยนไปเป็นค่า 0 หรือขา MS เกิดการเปลี่ยนแปลงลอจิก การเปลี่ยนแปลงภายในวงจรจะเกิดขึ้นภายใน $10\mu s$ แต่ถ้าขา MUTE เปลี่ยนไปเป็นค่า 1 จะเปลี่ยนแปลงหลังจากมีการหน่วง 11 ms เนื่องจากมีการป้องกันสัญญาณทรานเซียนส์ที่เกิดขึ้นจากสัญญาณพัลส์อันจะทำให้ได้ยินเสียงคลิ๊กที่หูฟัง

ขา MS จะทำงานเมื่อขา MUTE มีลอจิก 0 หน้าที่ที่แท้จริงของ MS ก็คือ การให้ค่าแรงดันเลเวลชิฟท์แก่ V_{CC}และ LRในการส่งสัญญาณแบบโทน ค่าลอจิก 0 มีค่าระหว่าง 0-0.3 โวลท์ ค่าลอจิก 1 มีค่าระหว่าง 2- V_{DD} โวลท์ ค่าเทรชโชล มีค่า 0.75 โวลท์ เมื่อไม่มีการเลือกการทำงานระหว่างการส่งแบบพัลส์หรือโทน ให้ต่อลงกราวด์หรือ V_{DD} ห้ามไม่ให้ปล่อยลอยไว้เป็นอันขาด

เมื่ออยู่ในสภาวะวางหูและมีแรงดันไม่เกิน 6 โวลท์ต่ออยู่กับ MUTE กระแสรั่วไหล $0.02\mu A$ จะไหลถ้าขา MUTE และ V_{DD} แรงดันเท่ากัน แต่ถ้าแรงดันมีค่าไม่เท่ากันแล้ว กระแสจะไหลผ่านตัวต้านทานภายในและไดโอด หากมีแหล่งจ่ายไฟเพื่อคงหน่วยความจำของวงจรแป้นกดต่ออยู่ และปรากฏว่ามีแรงดันของแหล่งจ่ายไฟเพื่อคงหน่วยความจำของวงจรแป้นกดที่ V_{DD} ขา MUTE จะต้องต่ออยู่กับ V_{DD} หรือกราวด์ มิฉะนั้นแล้ว กระแส $100 - 200\mu A$ จะไหลผ่าน V_{DD} และออกทางขา MUTE

เมื่อ V_{CC} มีค่าเท่ากับ 0 และมีแรงดันไม่เกิน 6 โวลท์ต่ออยู่ที่ขา MS จะมีกระแสรั่วไหลเกิดขึ้น $0.01\mu A$ ตลอดเวลาที่ขา MUTE ปล่อยลอยหรือต่อกับ V_{DD} หากขา MUTE ต่อลงกราวด์จะมีความต้านทาน 3.5 $k\Omega$ เกิดขึ้นที่ระหว่าง MS และ MUTE หาก V_{CC} < 1.5 โวลท์ ขา MUTE จะไม่ทำงาน เป็นเหตุให้ MC34114 อยู่ในการทำงานโหมดสนทนา

วงจรส่งรหัสเลขหมาย

ข้อมูลทั่วไปของ MC145412

ไอซี MC145412 สามารถที่จะทำงานได้ทั้งการส่งแบบพัลส์และแบบโทน โดยการเลือกที่ขา MS มีหน่วยความจำ 10 ช่อง แต่ละช่องมี 18 หลัก มีการ Redial เลขหมายสุดท้ายที่ได้โทรออก

เมื่อให้พลังงานแก่ไอซี จะมีการใช้เวลา 64 ms ในการตรวจสอบออสซิลเลเตอร์และแบบของแป้นกด หากขา COL4 มีอิมพีแดนซ์เป็น 1 จะเป็นการบอกให้ไอซีรู้ว่าใช้แป้นกดแบบ 3*4 หากขา COL4 มีอิมพีแดนซ์เป็น 0 จะเป็นการบอกให้ไอซีรู้ว่าใช้แป้นกดแบบ 4*4

เอกสารนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

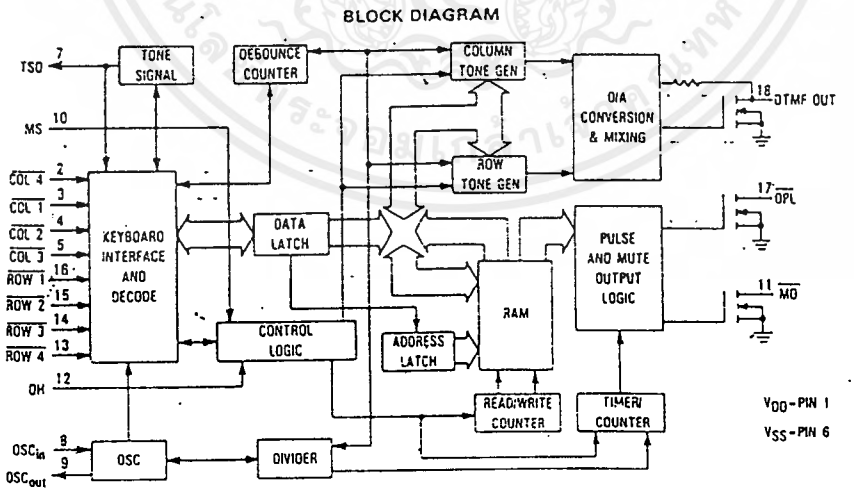
การส่งสัญญาณหมายเลข ออสซิลเลเตอร์จะทำงานหลังจากการกดปุ่มแรก 32 วินาที ภายในเวลา 32 ms นี้ จะไม่มีการทำงานของ RAM และวงจรภายในไอซีทั้งหมด หลังจากนั้น ขา MS จะถูกตรวจสอบโหมดการทำงาน (ว่าเป็น 10 pps, 20 pps หรือ DTMF) หลังจากนั้น การกดปุ่มใด ๆ ก็จะถูกตรวจสอบ และเก็บไว้ใน LNR (Last Number Redial) ตามด้วย Stop code กระบวนการนี้จะดำเนินไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งครบ 18 หลัก หากมีการใส่หลักที่ 19 ตามไป มันจะไปเขียนทับหลักที่ 1 แล้วตามด้วย Stop code เมื่อมีการส่งสัญญาณเลขหมาย ไอซีจะส่งข้อมูลที่มาจากหน่วยความจำออกไป จนกระทั่งเจอ Stop code หรือครบ 18 หลัก

ในระหว่างการส่งสัญญาณ DTMF โดยใช้มือกดแป้น จะมีสัญญาณ DTMF ที่น้อยที่สุดที่ส่งออกมา คือ 60 ms จากนั้นจะส่งออกมาเรื่อย ๆ ทีละ 32 ms จนกว่าจะยกมือขึ้นจากแป้น ขา DTMF OUT ได้ถูกออกแบบมาให้สามารถไปขับทรานซิสเตอร์แบบ PNP ได้ ซึ่งทรานซิสเตอร์นี้สามารถนำไปมอดูเลทกับแรงดัน Tip กับ Ring ที่ความถี่ DTMF ได้

ถ้าปุ่มแรกที่กดเป็นปุ่ม Redial หรือ Recall ไอซีก็จะดึงข้อมูลตามที่ต้องการออกมาจากหน่วยความจำ

ไอซี MC145412 สามารถที่จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟภายนอกได้ แหล่งจ่ายไฟนี้ใช้สำหรับการเก็บรักษาหน่วยความจำ และการโปรแกรมในขณะที่ยังไม่ได้ยกหูโทรศัพท์ หากมีส่วนนี้ในวงจร และทำการกดปุ่มในขณะที่ยังไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ ออสซิลเลเตอร์ก็จะเริ่มทำงาน เลขหมายที่ถูกกดก็จะถูกเก็บไว้ใน LNR เช่นเดียวกันกับการโปรแกรมขณะยกหูโทรศัพท์

ผังการทำงานของไอซี MC 145412 จะเป็นดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงผังการทำงานของ MC145412

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของขาต่าง ๆ ของ MC145412

- V_{DD} , V_{SS} (ขา 1 และ ขา 6) – POWER SUPPLY

กระแสไฟตรงจะถูกป้อนเข้ามายัง 2 ขานี้ โดยที่ขา 1 จะเป็นค่าบวก มีค่าตั้งแต่ 1.7 – 5.5 โวลท์ ส่วนขา 6 นิยมต่อลงกราวด์

- MS (ขา 10) – MODE SELECT

เป็นขาที่ใช้เลือกโหมดการทำงานของตัวไอซีว่าจะเป็นการส่งสัญญาณแบบไหน ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ขา MS และโหมดการทำงาน แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

MS	Dialing Mode
V_{DD}	20 pps Pulse Dialing
Open	10 pps pulse Dialing
V_{SS}	DTMF Dialing

ตารางที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ขา MS และโหมดการทำงาน

- OH (ขา 12) - ON HOOK-

ป้อนแรงดัน V_{DD} หรือปล่อยลอยไว้ เป็นการเลือกการทำงานของไอซีให้อยู่ในโหมด ON-HOOK หากต่อกับ V_{SS} เป็นการเลือกโหมด OFF-HOOK

- TSO (ขา 7) – TONE SIGNAL OUTPUT

TSO กำเนิดสัญญาณความถี่ 500 Hz หลังจากที่มีการกดหมายเลข เพื่อให้ทราบได้ว่ามีการกดหมายเลข ยกเว้นเมื่อมีการกำเนิดสัญญาณ DTMF

- DTMF OUT (ขา 18) – DUAL TONE MULTIFREQUENCY OUTPUT

เมื่อขา MS ถูกกำหนดแรงดันเป็น V_{SS} ขา DTMF OUT จะกำเนิดสัญญาณ DTMF ตามแถวและแนวของ key pad ที่ถูกกด ขานี้มีค่าเป็น High impedance ในโหมดพัลส์และการโปรแกรมในขณะ วางหู

- OPL (ขา 17) – OUTPULSING

กำเนิดสัญญาณพัลส์ 10 pps เมื่อขา MS ถูกปล่อยลอย หรือกำเนิดสัญญาณพัลส์ 20 pps เมื่อขา MS ถูกป้อนด้วยแรงดัน V_{DD} มีอัตราการเปิดปิดเป็น 60/40 ในโหมด DTMF เอาท์พุทเป็น High impedance ในระหว่างการโปรแกรม ขณะวางหูจะไม่มีเอาท์พุทออกมา

- MO (ขา 11) – MUTE OUTPUT

ขานี้จะเปลี่ยนสถานะเป็น 0 เมื่อขา OPL ทำงาน หรือระหว่างการกดปุ่ม ยกหู หรือการหมุนเบอร์โทรศัพท์จากหน่วยความจำในโหมด DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- KEYBOARD INPUT (ขา 2, 3, 4, 5, 13, 14, 15, 16)

การกดปุ่มที่ใช้ได้ คือ การที่แถวหนึ่งแถวถูกต่อเข้ากับแนวหนึ่งแนว หรือ แถวหนึ่งแถวและแนวหนึ่งแนวถูกต่อเข้ากับกราวด์ การต่อขา 2 เข้ากับ V_{DD} เป็นการบอกให้ IC รู้ว่ามีการใช้แป้นกดแบบ 3*4 การเลือกแบบของแป้นกดจะถูกเลือกเมื่อมีการป้อนแรงดันให้ IC

- OSC_{in}, OSC_{out} (ขา 8 และขา 9)

วงจรออสซิลเลเตอร์ภายในชิปต้องการคริสตัลขนาด 3.579545 MHz เพื่ออ้างอิงความถี่ คริสตัลถูกไบอัสโดยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุภายใน

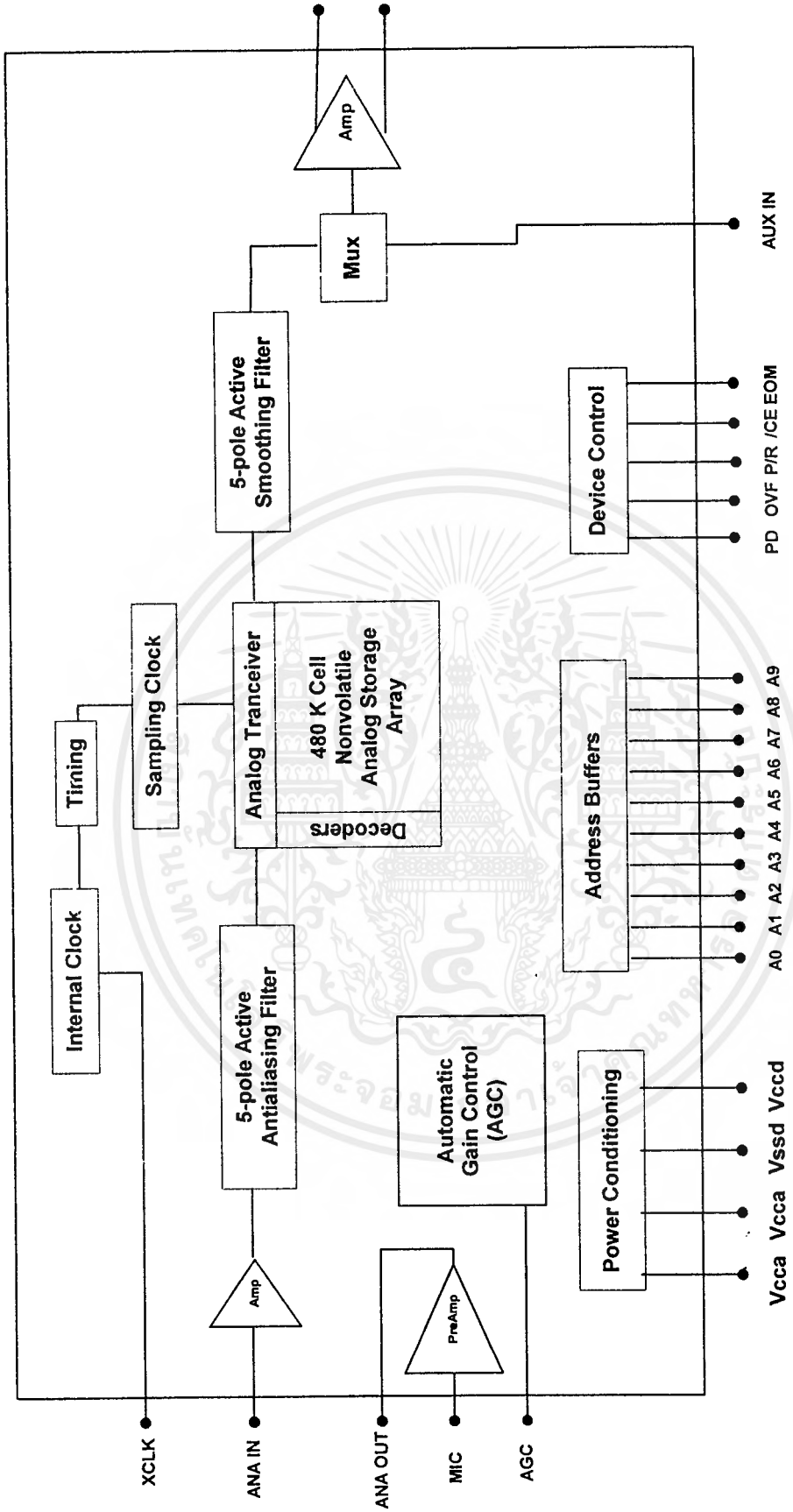
2.4 ส่วนบันทึกเสียง

ภาคบันทึกเสียงใช้อุปกรณ์ประเภทไอซีบันทึกเสียง ISD2590 ซึ่งมีการใช้งานที่ง่ายสามารถบันทึกสัญญาณเสียงได้โดยตรงโดยไม่ต้องเปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นดิจิตอลก่อน

คุณสมบัติทั่วไปของไอซี ISD 2590

1. สามารถทำการบันทึกและเล่นกลับได้ด้วยตัวเอง
2. ไม่ต้องพัฒนาระบบอื่นขึ้นมาเสริมเพื่อให้ใช้งานได้
3. ให้เสียงตอบสนองที่เป็นธรรมชาติ
4. สามารถควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
5. มีระยะเวลาในการบันทึกหรือเล่นกลับ 90วินาที
6. สามารถต่อคาสเคดได้โดยตรงเมื่อต้องการเพิ่มระยะเวลาในการบันทึกหรือเล่นกลับ
7. ปิดการทำงานอัตโนมัติเมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับนานเกินไป
8. มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในตัว
9. จัดเก็บข้อมูลที่บันทึกไว้ได้นานโดยไม่ต้องการแรงดันสำรองเพื่อรักษาข้อมูลไม่ให้สูญหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 บล็อคไดอะแกรมของ ISD 2590

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของขาอุปกรณ์ของ ISD2590

- Microphone Input (MIC)

ขา 17 จะรับสัญญาณอินพุทที่ผ่านเข้ามายังไมโครโฟนแล้วส่งผ่านสัญญาณเข้าสู่วงจรปรีแอมป์ที่ประกอบอยู่ภายในตัวไอซี ภายในประกอบด้วยวงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติ (AGC) โดยวงจรนี้จะทำหน้าที่ควบคุมอัตราการขยายวงจรปรีแอมป์ให้มีการขยายในช่วง –15 ถึง 24 เดซิเบล ไมโครโฟนจากภายนอกจะถูกคัปปลิ้งผ่านตัวเก็บประจุในลักษณะอนุกรมกับขา 17 ค่าความจุของตัวเก็บประจุ จะกำหนดโดยคำนึงถึงค่าความต้านทานภายในของไอซี (10kΩ) เพื่อทำให้เกิดการคัทออฟที่ความถี่ต่ำ

- Microphone Reference Input (MIC REF)

ขา 18 นี้จะต่อกับกราวด์อนาลอก (Vssa) โดยต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุเพื่อทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนทางอินพุทขา 17 และเพื่อให้การชดเชยทางด้านสัญญาณรบกวนให้ดีกว่า 10 เดซิเบล

- Analog Output (ANA OUT)

ขา 20 จะรับสัญญาณผ่านวงจรปรีแอมป์ออกมาทางขา 21 โดยผ่านตัวเก็บประจุคัปปลิ้งภายนอก คัปปลิ้งสัญญาณเข้าที่ขา 20 นี้ เพื่อผ่านสัญญาณเข้าไปทำการบันทึกไว้ภายในตัวไอซีตัวเก็บประจุคัปปลิ้งภายนอกนี้จะต้องสัมพันธ์กับค่าความต้านทานภายในค่า 3 kΩ ซึ่งเป็นอิมพุทอิมพิแดนซ์เพื่อจะทำให้เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำแบบคัทออฟ

- Automatic Gain Control Input (AGC)

ขา 19 เป็นอินพุทเพื่อควบคุมอัตราการขยายของปรีแอมป์ไมโครโฟนทางด้านไดนามิก เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระดับสัญญาณที่มีย่านความถี่กว้างมากของสัญญาณทางด้านอินพุทจากไมโครโฟน และเพื่อให้ระดับสัญญาณที่ทำการบันทึกมีความผิดเพี้ยนน้อยที่สุด ขา AGC นี้จะต่อรวมกับอุปกรณ์ RC เพื่อกำหนดค่าเวลาคงที่ โดยค่าความต้านทานภายใน 5 kΩ และจะต่อตัวเก็บประจุ ภายนอกอีกตัวหนึ่งเพื่อผ่านลงกราวด์อนาลอก ค่าที่เหมาะสมบางครั้งกำหนดไว้ที่ R= 470 kΩ ,C= $4.7\mu F$

- Speaker Outputs (SP+, SP-)

ขา 14,15 เป็นขาเอาท์พุทต่อออกลำโพง ในไอซีจะมีวงจรสัญญาณความแตกต่างออกสู่ลำโพงซึ่งความสามารถในการขับลำโพงเอาท์พุทได้ 50 mW ที่โหลดลำโพง 16Ω ขา เอาท์พุท นี้ไม่สามารถต่อขนานกันหลายตัวได้ในกรณีที่ต่อคาสเคดกันหลายตัว

- Power Down Input (PD)

ขา 24 ในขณะที่ไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับ ที่ขา PD จะมีสภาวะเป็น "1" ก็จะเป็นการรักษาระดับการสิ้นเปลืองกำลังงานในระดับต่ำมากๆ แต่เมื่อขา $\overline{OVF}$ มีสภาวะเป็น "0" ที่แสดงถึงการเล่นกลับสิ้นสุดลงปรากฏขึ้น ขา PD ปกติจะเป็น "1" อยู่ในขณะนี้ก็จะถูกรีเซทและจะเริ่มขบวนการบันทึกหรือเล่นกลับใหม่อีกครั้ง

- Chip Enable Input ($\overline{CE}$)

ขา 23 ขา $\overline{CE}$ จะต้องได้รับสัญญาณพัลส์ "0" เพื่อการเกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเล่นกลับและการบันทึก ที่ขาแอดเดรสอินพุทและขา P/$\overline{R}$ จะถูกแลตช์จากพัลส์ขอบขาลงของพัลส์ที่ขา $\overline{CE}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Playback/Record Input :(P/$\overline{R}$)

ขา 27 เมื่อขาอินพุทควบคุมการเล่นกลับและบันทึกได้รับพัลส์ "1" จะเป็นวงรอบของการเล่นกลับและถ้าเป็นพัลส์ "0" จะเป็นการเลือกวงรอบการบันทึก ถ้าหากได้รับพัลส์ที่ขอบขาลงของขา $\overline{CE}$ จะเป็นการแลตช์อินพุทที่ขา P/$\overline{R}$

- Address/Mode Input :(A0-A9/M0-M6)

ขา 1-10 ขาแอดเดรสและโหมดอินพุทจะมีอยู่สองฟังก์ชั่นที่ขึ้นอยู่กับระดับของ MSB สองบิทของแอดเดรส ถ้ามีบิทใดบิทหนึ่งของสองบิท MSB เป็น "0" อินพุทก็จะมาปรากฏที่แอดเดรสบิททั้งหมดและใช้เป็นแอดเดรสเริ่มต้นสำหรับวงรอบการบันทึกและการเล่นกลับ และขาแอดเดรสจะเกิดการแลตช์โดยขอบขาลงของพัลส์ที่ขา $\overline{CE}$ และถ้า MSB ทั้งสองบิทมีสถานะเป็น "1"
ขาแอดเดรส/โหมดอินพุท จะมาขึ้นอยู่ที่โหมดบิททั้งหมดและเกิดการแลตช์เมื่อพัลส์ขอบขาลงปรากฏที่ขา $\overline{CE}$

- External Clock Input :(XCLK)

ขา 26 เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเพื่อกำหนดค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาในการสุ่มสัญญาณ แต่โดยปกติได้ระบุไว้ว่าสัญญาณนาฬิกาจะถูกกำหนดไว้ภายในแล้วซึ่งจะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิภายนอกหรือย่านแรงดันไฟเลี้ยงที่ไม่คงที่ การใช้งานปกติแล้วจะต่อขา 25 นี้เข้ากับกราวด์ของไฟเลี้ยง

- End-of-Massage/Run Output:($\overline{EOM}$)

ขา 25 เป็นส่วนของอุปกรณ์ non-volatile ภายในตัวไอซีที่จะใช้กำหนดหรือระบุการสิ้นสุดของการเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึก ขา $\overline{EOM}$ นี้จะให้เอาท์พุทออกมาเป็น "0" เมื่อข้อมูลที่ถูกบันทึกอยู่ถูกเล่นกลับออกมาหมดแล้ว

- Overflow Output:($\overline{OVF}$)

ขา 22 สัญญาณพัลส์ "0" จะปรากฏออกทางขาเอาท์พุทนี้เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดการเล่นกลับหรือหน่วยความจำภายในไอซีถูกอ่านออกมาจนหมดแล้วและจะแสดงเป็นสภาวะหยุดการเล่นกลับ พัลส์จากขา$\overline{OVF}$ นี้จะจ่ายให้กับขา $\overline{CE}$ อินพุทจนกว่าขา$\overline{OVF}$ จะได้รับพัลส์เพื่อทำการรีเซท และเริ่มวงรอบการเล่นกลับใหม่อีกครั้ง พัลส์ที่ขา $\overline{OVF}$ นี้จะสามารถใช้เริ่มต้นการทำงานของ ISD 2590 ในตัวถัดไปได้เมื่อมีการต่อคาสเคดกันอยู่หลายตัว

- Auxiliary Inputs:(AUX IN)

ขา 11 จะเป็นขารับอินพุทจากภายนอก เพื่อทำการมัลติเพล็กซ์สัญญาณผ่านออกไปทางเอาท์พุทลำโพง โดยขั้นตอนการทำงานนี้จะเกิดขึ้นเมื่อขา $\overline{CE}$ มีสถานะเป็น "1" วงรอบของการเล่นกลับก็จะสิ้นสุดลง หรือเมื่อสัญญาณที่บันทึกไว้ถูกเล่นกลับจนหมดแล้วมีการต่อคาสเคด ISD 2590 กันหลายๆ ตัว ขา AUX IN จะถูกใช้ต่อเข้ากับสัญญาณเล่นกลับที่ออกมาจากขาเอาท์พุทลำโพงของตัวก่อนหน้านี้หรือจากตัวอันดับแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Voltage Input (Vcca ,Vccd)

ขา 16 และ 28 เป็นขารับแรงดันที่จะต้องแยกกันต่างหากระหว่างขารับแรงดันของวงจรอนาลอก และวงจรดิจิตอล ที่ประกอบอยู่ภายในตัวไอซีแล้ว ขารับแรงดันต้องการแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลท์ และต้องเป็นแรงดันไฟเลี้ยงที่มีสัญญาณรบกวนต่ำมาก

- Ground Input (Vssa ,Vssd)

ขา 12 และ ขา 13 โดยคุณสมบัติของไอซีในตระกูล ISD25XX จะมีการแยกกันระหว่างกราวด์ของสัญญาณอนาลอก และกราวด์ของสัญญาณดิจิตอล ขากราวด์ทั้งสองนี้จะถูกต่อและปิดไว้ภายในตัวถังบรรจุของไอซี การใช้งานขากราวด์ทั้งสองจะเลือกต่อกับกราวด์ของ เพาเวอร์ซัพพลายในส่วนที่มีค่าอิมพิแดนซ์ต่ำ เพื่อไม่ต้องการให้เกิดค่าแรงดันที่แตกต่างกันระหว่างกราวด์ทั้งสอง

โหมดการทำงาน (Operation Mode)

ISD 2590 ได้รับการออกแบบให้ภายในบรรจุโหมดการทำงานหลายๆโหมดเพื่อใช้งานร่วมกับส่วนประกอบอื่นๆ

โหมดการทำงานเหล่านี้ได้อธิบายดังรายละเอียดข้างล่างนี้ ISD 2590 จะใช้ขาแอดเดรสแทนโหมดการทำงานโดยมีบิทที่สำคัญที่สุด (MSBs) คือ High ส่วนสัญญาณแอดเดรสส่วนที่เหลือจะถูกแปลงเป็นโหมดบิทและ NOT จะถูกแปลงเป็นแอดเดรสบิท เพราะฉะนั้นโหมดการทำงานและแอดเดรสโดยตรงของ ISD 2590 จะไม่สอดคล้องกันและไม่สามารถที่จะใช้งานพร้อมกันได้สำหรับโหมดการทำงานจะต้องพิจารณาส่วนสำคัญ 2 อย่างด้วยกันคือ อย่างแรกการเริ่มต้นการทำงานจะต้องเริ่มที่แอดเดรส 0 ซึ่งเป็นแอดเดรสว่างของ ISD 2590 ต่อจากนั้นจึงสามารถเริ่มต้นที่ตำแหน่งแอดเดรสอื่นๆได้ ขึ้นอยู่กับการเลือกโหมดการทำงาน นอกจากนั้นตัวชี้แอดเดรสจะถูก รีเซทไปที่ 0 เสมอ เมื่ออุปกรณ์ถูกเปลี่ยนจากการบันทึกไปเป็นการเล่นกลับ และจากการเล่นกลับไปเป็นการบันทึก (ยกเว้นโหมด M6) หรือเมื่อถึงรอบการทำงานแบบใช้พลังงานต่ำ(Power down Cycle) ถูกทำให้ทำงานอย่างที่สอง โหมดการทำงานจะทำงานเมื่อ $\overline{CE}$ เป็น Low และ MSBs ทั้งสองเป็น High หมด การทำงานนี้จะยังคงทำงานอยู่จนกว่าสัญญาณต่อไปของเป็น $\overline{CE}$ Low ที่แอดเดรสปัจจุบัน Mode level ถูกสุ่มตัวอย่างและทำให้ทำงาน

การอธิบายโหมดการทำงาน (Operational Mode Description)

โหมดการทำงานสามารถต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้หรือสามารถใช้เป็น ฮาร์ดแวร์ ให้กับการทำงานของระบบที่เราต้องการได้โดยจะมีโหมดการทำงานดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดควบคุม	หน้าที่	การใช้	ต่อใช้ร่วมกัน
M0	Message cueing	ข้อความเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว	M4,M5,M6
M1	Delete EOM markers	ตำแหน่ง EOM marker ที่จุดปลายของข้อความที่แล้ว	M3,M4,M5,M6
M2	Non application	สำรอง	N\A
M3	Looping	การเล่นกลับแบบต่อเนื่องจากแอดเดรส 0	M1,M5,M6
M4	Consecutive addressing	บันทึก/เล่นติดต่อกันหลายข้อความ	M0,M1,M5
M5	CE level-activated	ยอมให้หยุดข้อความ	M0,M1,M3,M4
M6	Push-button control	อินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์อื่น	M0,M1,M3

ตารางที่ 2.3 แสดงโหมดการทำงานของ ISD 2590

- MO-Message cueing

Message cueing ยอมให้ผู้ใช้งานสามารถข้ามผ่านข้อความโดยที่ไม่ต้องรู้ถึงแอดเดรสทางกายภาพ(Physical address) ที่แท้จริงของแต่ละข้อความได้ $\overline{CE}$ Low พัลส์ แต่ละพัลส์ เป็นเหตุที่ทำให้ตัวชี้ตำแหน่งแอดเดรสภายในข้ามผ่านไปยังตัวข้อความตัวต่อไป โหมดนี้ควรจะใช้สำหรับการเล่นกลับเท่านั้น และใช้ร่วมกับโหมดการทำงาน M4

- M1-Delete $\overline{EOM}$ Markers

โหมดการทำงาน M1 จะยินยอมให้ข้อความที่ได้รับการบันทึกตามลำดับรวมกันให้กลายมาเป็นข้อความเดี่ยวๆได้โดยเพียงตั้ง $\overline{EOM}$ Markers ที่ปลายข้อความที่นำมารวมกัน

- M2-Unused

เมื่อโหมดการทำงานโหมดนี้ถูกเลือกใช้ขา M2 จะต้องเป็น Low

- M3-Message Looping

โหมดการทำงาน M3 ใช้สำหรับการเล่นกลับซ้ำอย่างต่อเนื่องแบบอัตโนมัติของข้อความที่อยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้นของแอดเดรสว่างเมื่อข้อความ CAN บรรจุลงใน ISD 2590อย่างสมบูรณ์แล้ว ISD 2590 จะลูปจากเริ่มต้นไปจุดสุดท้ายโดยที่ $\overline{OVF}$ ไม่เป็น Low

- M4-Consecutive Addressing

ระหว่างการทำงานในขณะปกติ ตัวชี้แอดเดรสจะรีเซทเมื่อข้อความถูกเล่นผ่านไปที่ $\overline{EOM}$ และไม่ยอมให้ข้อความถูกเล่นกลับแบบเรียงลำดับ

- M5-$\overline{CE}$ Level Activated

Default mode สำหรับ ISD2590 ใช้เพื่อทำให้ $\overline{CE}$ กลายเป็น Edge-activated บนการบันทึกโหมดการทำงาน M5 จะเป็นเหตุที่ทำให้ขา $\overline{CE}$ ถูกแปลงไปเป็น Level-activated เพื่อที่จะไม่ให้กลายเป็น Edge-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

activated ระหว่างการเล่นกลับในโหมดนี้ $\overline{CE}$ Low จะเริ่ม Playback cycle , $\overline{CE}$ High จะหยุด Playback cycle และเมื่อเป็น $\overline{CE}$ Low อีกครั้งจะเริ่มการเล่น ที่จุดที่ซึ่งข้อความถูกทำให้หยุดโดยที่ไม่ต้องทำการรีเซทตัวชี้แอดเดรส

- M6-Push-Button Mode

ชุดอุปกรณ์ ISD 2590 บรรจุไปด้วยโหมดการทำงาน Push-button โหมด Push-button ขั้นต้นถูกประยุกต์ใช้กับต้นทุนต่ำและถูกออกแบบมาเพื่อใช้ลดอุปกรณ์ภายนอกและวงจรให้น้อยลง เป็นการช่วยลดราคาของระบบให้น้อยลง เพื่อที่จะจัดโครงสร้างของอุปกรณ์ในโหมดการทำงาน Push-button บิทที่มีนัยสำคัญที่สุด 2 บิท (ขา 9 และ ขา 10) ต้องเป็น High และขาโหมด M6 (ขา 7) ต้องเป็น High ด้วย อุปกรณ์ที่ใช้ในโหมดนี้ กำลังจะลดลงที่จุดปลายของการเล่นกลับแต่ละครั้งหรือตอนบันทึกภายหลัง $\overline{CE}$ เป็น High

เมื่อโหมดการทำงานนี้ถูกประยุกต์ใช้ขาต่างๆบนอุปกรณ์มีหน้าที่ดังนี้ตามตารางที่ 2.4

Pin name	หน้าที่ในโหมดการทำงาน Push-button
ขา 23, $\overline{CE}$	เริ่มต้นและหยุด Push-button (Low pulse activated)
ขา 24,PD	หยุดรีเซท Push-button (High pulse activated)
ขา 25, $\overline{EOM}$	Active-high run indicator

ตารางที่ 2.4 แสดงการทำงานของโหมด Push – Button

ขา 23 : $\overline{CE}$ (start/pause)

ในโหมดการทำงานแบบ Push-button ขา$\overline{CE}$ จะทำงานเป็น Low-going pulse activated start/pause signal ถ้าไม่ทำงาน Low-going pulse บนสัญญาณนี้จะเริ่มการเล่นกลับหรือเริ่มการบันทึกตามระดับบนขา

P/$\overline{R}$ พัลส์ต่อมาบนขา $\overline{CE}$ ก่อนจะถึง End of message ในตอนเล่นกลับหรือเกิดการ Overflow จะเป็นเหตุให้อุปกรณ์หยุดทำงาน Address counter จะไม่รีเซทและ$\overline{CE}$ พัลส์อื่นๆจะเป็นเหตุที่ทำให้อุปกรณ์ทำงานต่อไปจากจุดที่ซึ่งมันถูกทำให้หยุด

ขา 24 : PD (stop/reset)

ในโหมดการทำงานแบบ Push-button ขา PD จะทำงานเป็น High-going pulse activated stop/reset signal high-going pulse สามารถดูได้บน PD ในขณะที่ทำการเล่นกลับหรือบันทึก

ขา 25 : $\overline{EOM}$ (run)

ในโหมดนี้ $\overline{EOM}$ จะกลายเป็น Activated-high run signal ซึ่งสามารถนำไปใช้เพื่อขับ LED หรืออุปกรณ์ภายนอกอื่นๆมันจะเป็น High เมื่อใดก็ตามที่มีการบันทึกหรือเล่นกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบันทึกในโหมด Push-button

1) ขา PD ควรเป็น Low โดยปกติจะใช้ Pulldown resistor
2) ขา P/$\overline{R}$ ทำให้เป็น Low $\overline{EOM}$ P/$\overline{R}$
3) ขา $\overline{CE}$ เป็น Low เมื่อเริ่มการบันทึก $\overline{EOM}$ เป็น High เพื่อที่จะแสดงการทำงาน
4) ขา$\overline{CE}$ เป็น Low เมื่อหยุดการบันทึก $\overline{EOM}$กลับไปเป็น Low ตัวชี้แอดเดรสภายในจะไม่เคลียร์แต่ $\overline{EOM}$marker จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำเพื่อที่จะชี้จุดสิ้นสุดของข้อความและขา P/$\overline{R}$ อาจจะเป็น High เกิดขึ้นในขณะนั้นต่อมา $\overline{CE}$ จะเริ่มเล่นกลับที่แอดเดรส 0
5) ขา $\overline{CE}$ เป็น Low การบันทึกเริ่มต้นที่แอดเดรสต่อไป$\overline{EOM}$ กลับไปเป็น High (หมายเหตุ:ถ้าขาโหมดการทำงาน M1 เป็น High บิท $\overline{EOM}$ ที่ได้เขียนครั้งที่แล้วจะถูกลบและการบันทึกจะเริ่มต้นที่แอดเดรสนั้น)
6) เมื่อการบันทึกต่อๆมาเสร็จสิ้นลงFinal$\overline{CE}$ pulse low จะทำการหยุด Record cycle ครั้งที่แล้ว

การเล่นกลับในโหมด Push-button

1) ขา PD ควรจะเป็น Low
2) ขา P/$\overline{R}$ เป็น High
3) ขา$\overline{CE}$ เป็น Low การเล่นกลับเริ่มต้น$\overline{EOM}$ เป็น High เพื่อแสดงการทำงาน
4) ถ้าขา$\overline{CE}$ เป็น Low หรือ$\overline{EOM}$ marker กระทำอีกครั้งระหว่างการทำงานเมื่อ $\overline{EOM}$กลับไปเป็น Low ขา P/$\overline{R}$ อาจจะถูกทำให้เปลี่ยนไป
5) ขา $\overline{CE}$เป็น Low อีกครั้ง การเล่นกลับจะเริ่มต้น
6) การเล่นกลับจะกระทำจากข้อ 4 และ 5 จนกว่า PD จะเป็น High หรือเกิดการ Overflow เกิดขึ้น
7) ถ้าเกิดการOverflow $\overline{CE}$ Low จะรีเซทตัวชี้แอดเดรสและจะเริ่มต้นการเล่นกลับจากจุดเริ่มต้นหลังจาก PD พัลส์

หมายเหตุ โหมดPush-button สามารถต่อใช้ร่วมกับโหมด M0,M1 และ M3 ได้

การออกแบบชุดบันทึกเสียง

ไอซีบันทึกเสียง ISD2590 ซึ่งมีข้อดีคือ อุปกรณ์ต่อพ่วงมีน้อย จึงทำให้การออกแบบและสร้าง วงจรบันทึกเสียงไม่ค่อยจะมีปัญหามากนัก

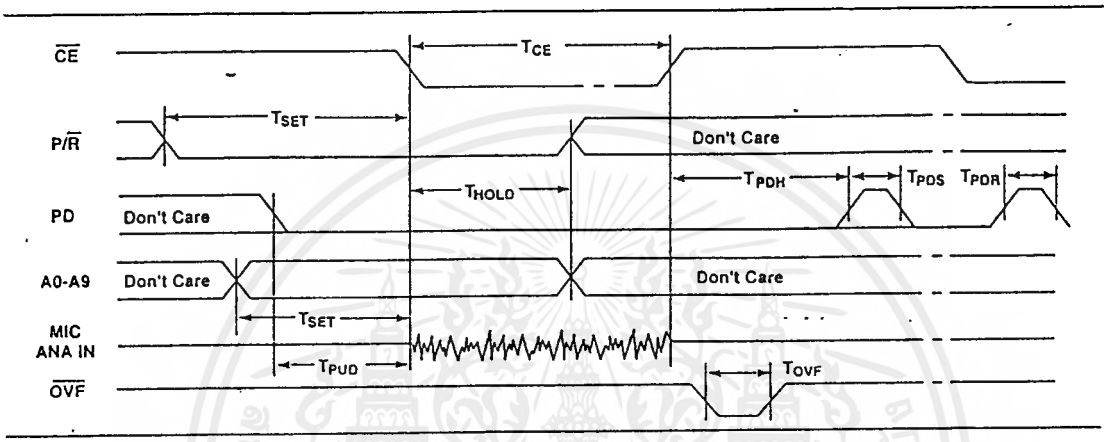
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผังเวลาในการทำงานของ ISD 2590

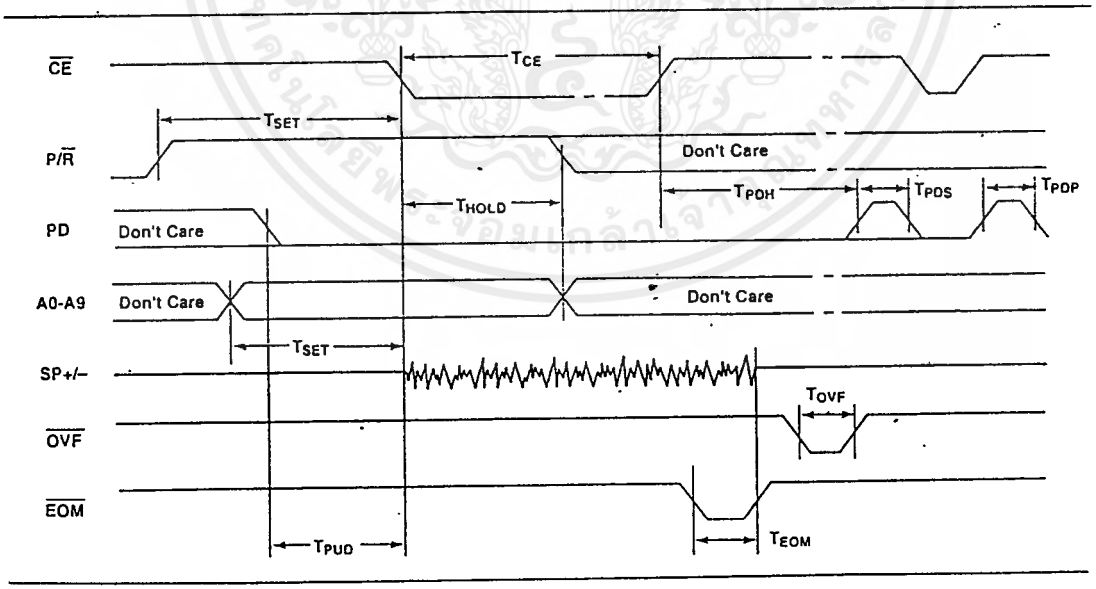
ลำดับขั้นตอนในการบันทึกและการเล่นกลับของ ISD 2590 จะเป็นไปตามผังเวลาดังรูปที่ 2.14

TIMING DIAGRAMS

Record



Playback



รูปที่ 2.14 ผังเวลาในการบันทึกและการเล่นกลับของ ISD 2590

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เอเอ็มและเอฟเอ็มเบื้องต้น

การมอดูเลทสัญญาณ เป็นกระบวนการที่จำเป็นในการย้ายสเปคตรัมของสัญญาณข่าวสาร เพื่อให้สัญญาณที่เกิดจากการมอดูเลทนั้นมีความเหมาะสมในการส่งผ่านช่องสัญญาณที่มีย่านความถี่อยู่แตกต่างไปจากย่านความถี่ของสัญญาณข่าวสาร หรือสัญญาณมูลฐานนั้น การมอดูเลทขนาด (Amplitude Modulation) ซึ่งเรียกย่อๆว่า เอเอ็ม และการมอดูเลทความถี่ (Frequency Modulation) ซึ่งเรียกย่อๆว่า เอฟเอ็มมีหลักการพอสังเขปดังนี้

การมอดูเลทขนาด

เมื่อให้ b(t) คือสัญญาณข่าวสาร หรือสัญญาณมูลฐานที่ต้องการนำไปมอดูเลทกับสัญญาณคลื่นพาห์ $Cos(\omega_c t)$ สัญญาณมอดูเลทขนาด $f(t)$ที่เกิดขึ้นสามารถแสดงดังนี้

$$f(t) = b(t)Cos(\omega_c t) \qquad (1)$$

โดยในที่นี้ ωc คือค่าความถี่เรเดียนของคลื่นพาห์ เป็นที่ทราบกันดีว่าถ้า $B(\omega)$ คือค่าการแปลงฟูริเยร์ของ b(t) ถ้ากำหนดให้ $F(\omega)$ คือค่าการแปลงฟูริเยร์ของ f(t) แล้วจะได้ความสัมพันธ์

$$F(\omega) = \frac{1}{2}B(\omega + \omega_c) + \frac{1}{2}B(\omega - \omega_c) \qquad (2)$$

ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสเปคตรัมของสัญญาณ b(t) นั้นได้ถูกย้ายให้มีค่าความถี่สูงขึ้น เมื่อถูกมอดูเลทแล้ว

กระบวนการที่จะกู้เอาสัญญาณ b(t) กลับคืนมาจากสัญญาณที่ทำการมอดูเลทไปแล้วคือ นั้นสามารถทำได้ด้วยวิธีที่เรียกว่า การดีมอดูเลทแบบสัมพัทธ์ (Synchronous modulation) คือการเอาคลื่นพาห์ $Cos(\omega_c t)$ มอดูเลทซ้ำกับ $f(t)$ เข้าไปใหม่อีก แล้วนำเอาสัญญาณที่ได้นี้ไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter) ก็จะได้สัญญาณ b(t) กลับคืนมา ทั้งนี้เพราะว่าถ้าให้สัญญาณ $f(t)$ที่ถูกมอดูเลทซ้ำแล้วนั้นมีค่าเป็น $f_d(t)$แล้ว จะได้ความสัมพันธ์

$$\begin{aligned} f_d(t) &= f(t)Cos(\omega_c t) \\ &= b(t)Cos^2(\omega_c t) \\ &= \frac{1}{2}b(t) + \frac{1}{2}b(t)Cos(2\omega_c t) \end{aligned} \qquad (3)$$

จะเห็นว่าพจน์ท้ายสุดของ (3) เป็นสัญญาณ b(t) ที่ถูกมอดูเลทด้วยความถี่สูง $Cos(2\omega_c t)$ ดังนั้นสัญญาณที่ตรงกับพจน์นี้จะผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านไปได้คงมีแต่พจน์ $\frac{1}{2}b(t)$ เท่านั้นที่ผ่านออกไปเป็นเอาท์พุทได้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

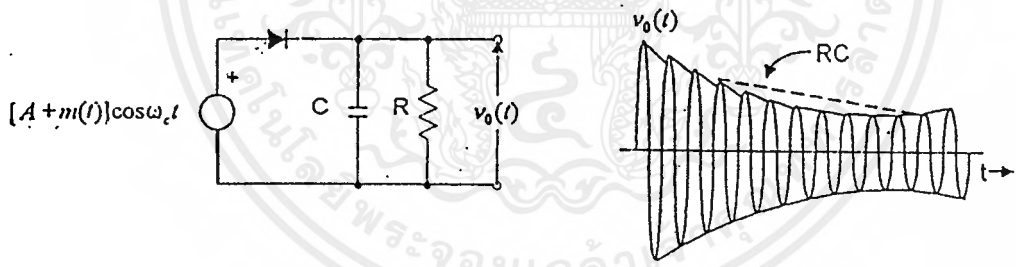
วิธีการกู้สัญญาณแบบสัมพัทธ์นี้ดูจะง่ายดีแต่ในทางปฏิบัติแล้ว ถ้าเครื่องรับไม่สามารถสร้างสัญญาณคลื่นพาห์ให้ตรงกับทางเครื่องส่งได้พอดีก็จะเกิดปัญหา ทำให้เกิดความผิดเพี้ยนกับสัญญาณที่กู้กลับคืนมา ดังนั้นวงจรเครื่องรับจึงยุ่งยาก

มีการกู้สัญญาณอีกแบบหนึ่งซึ่งเรียกว่าวิธีการดีเทกต์เอนเวโลป (Envelope detection) ทำได้ง่ายกว่าการดีมอดูเลทแบบสัมพัทธ์ แต่มีเงื่อนไขว่าสัญญาณ b(t) ที่ทำการมอดูเลทจะต้องไม่มีระดับสัญญาณที่เป็นไฟลบ นั่นคือถ้าสัญญาณข่าวสารจริง m(t) มีส่วนของไฟลบ เราก็ต้องนำไฟตรง A โวลท์ที่มีค่ามากพอที่จะทำให้ เมื่อนำมารวมกับ m(t) แล้วทำให้ค่ารวมทั้งหมดไม่ติดลบ มารวมกับสัญญาณ m(t) สร้างเป็นสัญญาณ b(t) ก่อนที่จะมีการนำไปมอดูเลทจริง กล่าวคือ

$$b(t) = A + m(t) \geq 0 \qquad (4)$$

การกระทำเช่นนี้ก็เพื่อที่จะทำให้เฟสของคลื่นพาห์ในสัญญาณ $f(t)$ มีค่าตรงกับเฟสของคลื่นพาห์ $\cos(\omega_c t)$ ตลอดเวลา ซึ่งจะทำให้เอนเวโลป (Envelope) ที่เกิดจากแนวทางเดิน(Locus)ของยอดคลื่น (Peak) ของคลื่นพาห์ใน f(t) นั้นเหมือนกับสัญญาณข่าวสาร b(t) ทุกประการ

วงจรดีเทกต์เอนเวโลปนี้ โดยพื้นฐานจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.15 ซึ่งสามารถอธิบายหลักการทำงานพอสังเขปได้ดังนี้



รูปที่ 2.15 แสดงการดีเทกต์เอนเวโลป

ในวิธีการดีเทกต์แบบนี้ ค่าเอาท์พุทของดีเทกเตอร์จะแกะรอยตามเอนเวโลปหรือกรอบของสัญญาณที่มอดูเลทแล้ว การทำงานของตัวดีเทกเตอร์เอนเวโลปได้แสดงในวงจรรูปที่ 2.15 ในช่วงเวลาของสัญญาณอินพุทมีค่าเป็นบวก ตัวเก็บประจุจะถูกประจุไปจนถึงแรงดันสูงสุดของสัญญาณอินพุทต่อจากนั้น ในขณะที่สัญญาณอินพุทลงต่ำกว่าสัญญาณสูงสุด ไดโอดก็จะไม่นำกระแส เนื่องจากค่าศักดาไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุมากกว่าสัญญาณอินพุท ดังนั้นตัวเก็บประจุก็จะคายประจุผ่านความต้านทาน R อย่างช้าๆ จนกระทั่งถึงเวลาที่สัญญาณอินพุทเป็นบวก เมื่อสัญญาณอินพุทมากกว่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ ไดโอดก็จะนำกระแสอีกครั้ง ตัวเก็บประจุก็จะทำการเก็บประจุไปถึงค่าสัญญาณสูงสุดของวงรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหม่ และตัวเก็บประจุก็จะคายประจุอย่างช้าๆ ในระหว่างคาบเวลาต่อมาที่สัญญาณอินพุทต่ำลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ตัวเก็บประจุจะน้อยมากจะเป็นเช่นนี้ซ้ำเรื่อยไป

ในระหว่างแต่ละวงรอบบวก ตัวเก็บประจุจะเก็บประจุไปจนถึงแรงดันสูงสุดของสัญญาณอินพุท และค่อยๆลดลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งถึงวงรอบบวกถัดไป ดังนั้นค่าเอาท์พุทแรงดันที่ได้จึงแกะรอยตามเอนเวโลปของอินพุทไปเรื่อยๆ แต่อย่างไรก็ตามสัญญาณที่ได้ก็มีการกระเพื่อมด้วยความถี่ ω_c ที่เกิดจากการเก็บประจุ และคายประจุตัวเก็บประจุ การกระเพื่อมนี้ถูกทำให้ลดลงไปได้โดยการเพิ่มค่าเวลาคงตัว RC เพื่อที่ว่าตัวเก็บประจุจะได้มีการคายประจุเพียงเล็กน้อย ในระหว่างช่วงเวลาที่อินพุทลดลง ($RC \geq 1/\omega_c$) อย่างไรก็ตามการทำให้ RC มีค่าใหญ่มากๆจะทำให้ค่าศักดาไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุที่ติดตามแกะรอยกรอบของสัญญาณไม่สามารถทำได้ถ้าสัญญาณข่าวสารมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นค่า RC ที่เหมาะสมควรจะมีค่ามากๆเมื่อเทียบกับ $1/\omega_c$ แต่ควรจะมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับ $1/2\pi B$ โดยที่ B คือความถี่สูงสุดที่เป็นองค์ประกอบของ m(t) แต่โดยทั่วไปในการมอดูเลชั่น $\omega_c >> 2\pi B$ อยู่แล้ว ดังนั้น $\omega_c >> 2\pi B$ จึงเป็นเงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับการดีเทกต์สัญญาณเอนเวโลปที่ใช้กันอยู่ทั่วไป

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเอาท์พุทของตัวดีเทกเตอร์เอนเวโลปก็คือ A+ m(t) โดยมีค่าการกระเพื่อมความถี่ ω_c ส่วน dc เทอม Aสามารถที่จะกำจัดทิ้งได้โดยใช้ตัวเก็บประจุ หรือวงจร RC กรองความถี่สูงอย่างง่าย ส่วนการกระเพื่อมอาจจะถูกลดให้น้อยลงไปโดยใช้ตัวกรอง RC ความถี่ต่ำในการกู้สัญญาณ โดยการดีเทกต์เอนเวโลปด้วยวงจรตามรูปที่ 2.15 นี้มีข้อจำกัดคือ ค่าความถี่ของคลื่นพาห์จะต้องมีค่าสูงกว่าค่าความถี่สูงสุดที่ประกอบอยู่ใน m(t) หรือ b(t) มาก

การ มอดูเลทความถี่

การมอดูเลทความถี่นี้ ขนาดของสัญญาณข่าวสาร m(t) จะไปทำให้ความถี่ของคลื่นพาห์ คือ ω_c มีค่าเปลี่ยนแปลงกล่าวคือ

$$\omega_i = \omega_c + k_f\, m(t) \qquad (5)$$

โดยในที่นี้ ω_i คือค่าความถี่ที่แต่ละขณะเวลา t (Instantaneous Frequency) และ k_f เป็นค่าคงที่ของการมอดูเลท

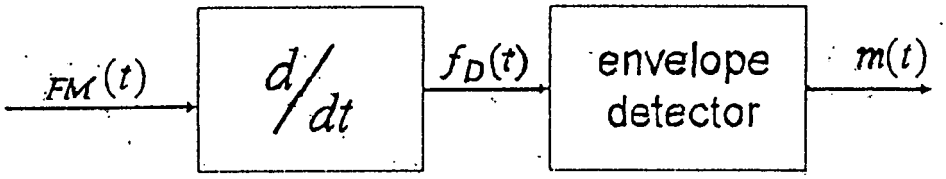
ดังนั้นถ้าให้ $F_m(t)$ คือสัญญาณคลื่นพาห์ที่เกิดการมอดูเลทความถี่เอฟเอ็มกับสัญญาณ m(t) แล้วเราจะได้รูปความสัมพันธ์ของสัญญาณดังนี้คือ

$$F_m(t) = A[\cos\{\omega_c t + k_f \int_0^t m(\alpha)\,d(\alpha)\}] \qquad (6)$$

โดยในที่นี้ A คือ ขนาดของคลื่นพาห์ซึ่งคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการที่จะกู้สัญญาณ m(t) กลับคืนมาจากสัญญาณมอดูเลทความถี่ $F_m(t)$นั้นทำได้หลายวิธี แต่วิธีการพื้นฐาน คือการนำสัญญาณมอดูเลทความถี่นั้นส่งผ่านวงจรทำอนุพันธ์ (Differentiation) แล้วนำสัญญาณที่ได้ไปผ่านวงจรดีเทกต์เอนเวโลปตามบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.16 ก็จะได้สัญญาณ m(t) กลับคืนมา



รูปที่ 2.16 ผังของการดีมอดูเลทเอฟเอ็ม

เมื่อเราทำการดีมอดูเลทสัญญาณ $F_m(t)$ เราจะได้

$$f_D(t) = \frac{dF_m(t)}{dt}$$

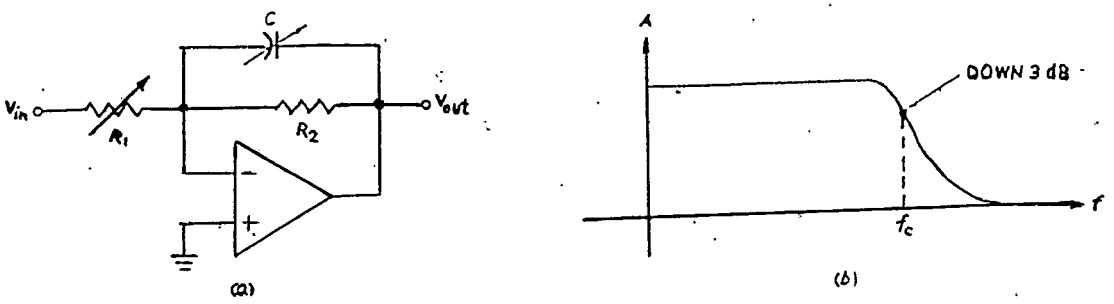
$$\doteq -A\,\{\omega_c + k_f b(t)\}\sin\{\omega_c t + k_f \int_0^t m(\alpha)\,d(\alpha)\} \qquad (7)$$

ซึ่งเราจะพบว่าขนาดของ $f_D(t)$ นั้นแปรผันตามค่าของสัญญาณข่าวสาร m(t) ดังนั้นถ้าเราใช้วงจรดีเทกต์เอนเวโลปตามที่อธิบายมาในหัวข้อ การมอดูเลทขนาด มาช่วยกู้สัญญาณก็จะทำให้ได้สัญญาณ b(t) กลับคืนมาได้

ตัวกรองความถี่ต่ำแบบแอคทีฟ

โดยการใช้ออปแอมป์ และอุปกรณ์รีแอคทีฟ เราสามารถสร้างตัวกรองแบบแอคทีฟได้ ตัวกรองแบบแอคทีฟมีความได้เปรียบตัวกรองแบบพาสซีฟอยู่หลายอย่าง เริ่มต้นที่เราสามารกำจัดตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งจะเป็นอุปสรรค และมีราคาแพง ที่ความถี่คัทออฟต่ำ ตัวกรองแบบแอคทีฟสามารถเปลี่ยนแปลงอัตราการขยายโวลเตจได้ และสามารถปรับความถี่คัทออฟได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) วงจรกรองความถี่ต่ำแบบแอคทีฟอันดับที่หนึ่ง

(b) กราฟแสดงผลการตอบสนองของวงจรกรองความถี่ต่ำ

รูปที่ 2.17รูปวงจรและกราฟแสดงผลการตอบสนองของวงจรกรองความถี่ต่ำแบบแอคทีฟอันดับที่หนึ่ง

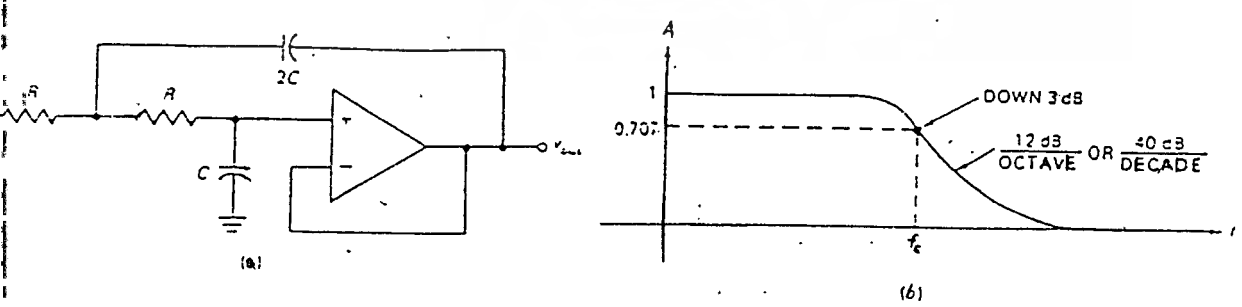
ปรับค่าตัวเก็บประจุ C_1 ของรูปที่ 2.17(a) จะทำให้เราเปลี่ยนแปลงค่าความถี่คัทออฟได้ และปรับค่า R_1จะทำให้เราสามารถควบคุมอัตราการขยายได้ ถ้าค่าผลการตอบสนองได้ถูกกำหนดไว้ตายตัว เราก็จะใช้ค่า R_1 และ C_1 เป็นค่าที่ตายตัว เนื่องจากวงจรมีการป้อนกลับแบบลบ ค่าเอาท์พุทอิมพิแดนซ์เกือบจะเป็นศูนย์ ซึ่งหมายความว่าตัวกรองแบบแอคทีฟสามารถขับโหลดที่มีค่าต่ำๆได้

จากการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ ทำให้เราได้สมการสำหรับความถี่คัทออฟคือ

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_2 C} \qquad (8)$$

วงจรกรองความถี่ต่ำอันดับที่ 2

วงจรกรองความถี่ในรูปที่ 2.17(a) เราเรียกว่าเป็นตัวกรองอันดับที่หนึ่ง เนื่องจากอัตราการขยายจะมีการลดลง 6 dB/Octave ที่ความถี่เลยความถี่คัทออฟออกไปแล้ว ในขณะที่ตัวกรองความถี่ต่ำอันดับที่สองจะมีอัตราการขยายลดลง 12 dB/Octave ที่เลยความถี่คัทออฟไปแล้ว



(a) วงจรกรองความถี่ต่ำแบบแอคทีฟอันดับสอง

(b) กราฟแสดงผลการตอบสนองวงจรกรองความถี่ต่ำ

รูปที่ 2.18รูปวงจรและกราฟแสดงผลการตอบสนองของวงจรกรองความถี่ต่ำแบบแอคทีฟอันดับที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.18(a) แสดงตัวอย่างของวงจรกรองความถี่ต่ำอันดับที่สอง พิจารณาความถี่ต่ำๆตัวเก็บประจุทั้งสองตัวในวงจรประพฤติตัวเป็นวงจรเปิดและวงจรก็จะประพฤติตัวเป็นวงจรVoltage follower ในขณะที่ความถี่เพิ่มขึ้นอัตราการขยายจะค่อยๆเริ่มลดลงจนกระทั่งถึง 3 dB ที่ความถี่คัทออฟ เนื่องจากวงจรมีตัวเก็บประจุสองตัว จึงทำให้อัตราการลดลงของอัตราการขยายเป็นสองเท่า ซึ่งอัตราการขยายจะลดลงด้วยอัตรา 12 dB/Octave หรือ 40 dB/Decade

รูปที่ 2.18(b) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขยายกับความถี่ ประการแรกจะสังเกตได้ว่าอัตราการขยายจะลดลง 3 dB ที่ความถี่คัทออฟ หมายความว่าอัตราการขยายโวลเตจจะมีค่าเป็น 0.707 เท่าของค่าที่ความถี่ต่ำ ประการที่สองอัตราการลดลงของอัตราการขยายจะเท่ากับ 12 dB เมื่อความถี่เปลี่ยนจาก 2 เป็น 4 kHz และลงอีก 12 dB เมื่อความถี่เปลี่ยนจาก 4 เป็น 8 kHz และจะเป็นดังนี้ไปเรื่อยๆ หรือจะกำหนดอีกนัยหนึ่งได้ว่า อัตราการลดลงของอัตราการขยายเป็น 40 dB เมื่อความถี่เปลี่ยนจาก 2 เป็น 40 kHz และลดลงอีก 40 dB เมื่อความถี่เปลี่ยนแปลงจาก 20 เป็น 200 kHz และเป็นดังนี้ต่อไป

จากการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ จะได้ค่าความถี่คัทออฟดังนี้

$$f_c = \frac{0.707}{2\pi RC} \qquad (9)$$

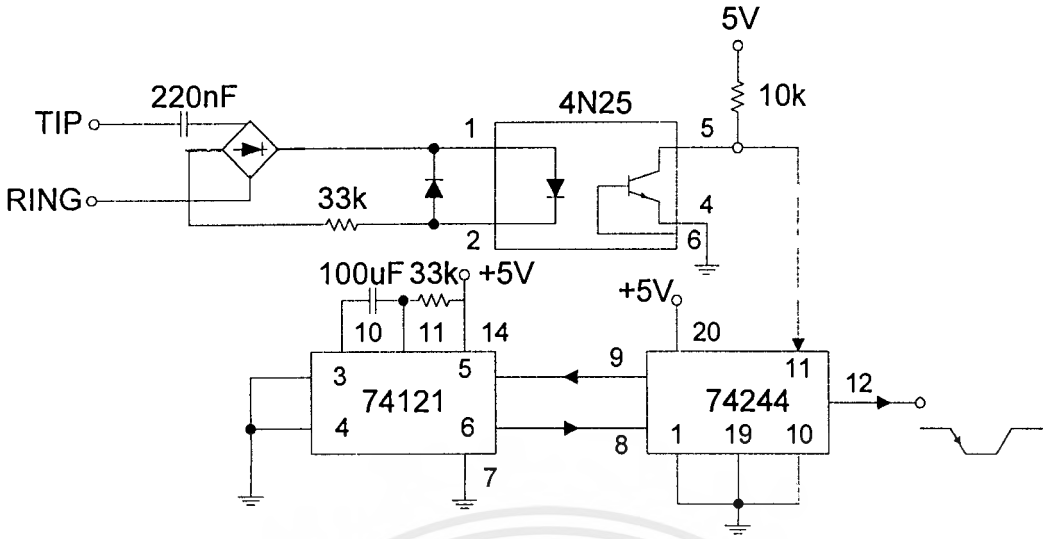
2.6 ส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Detector)

การทำงานของเครื่องตอบรับอัตโนมัติจะทำงานได้จะต้องมีการเริ่มต้นการเรียกจากผู้โทรเข้ามาก่อน จึงต้องมีวงจรทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง เพื่อให้เครื่องตอบรับอัตโนมัติ ทราบว่าเมื่อใดมีการโทรเข้ามาในระบบ ส่วนควบคุมและการประมวลผลจะได้ส่งให้เครื่องตอบรับอัตโนมัติทำการรับสายและตอบรับโทรศัพท์ที่เรียกเข้ามานั้นได้ในเวลาที่ตั้งไว้

สัญญาณกระดิ่ง (Ringer Signal) คือสัญญาณที่ ชุมสายส่งมายังเครื่องลูกข่าย ทำให้กระดิ่งที่เครื่องลูกข่ายที่ถูกเรียกนั้นดัง เพื่อที่ผู้รับจะได้ทราบว่ามีผู้ต้องการจะติดต่อด้วย สัญญาณกระดิ่งที่กล่าวนี้อาจจะมีลักษณะที่แตกต่างกันอยู่บ้างขึ้นอยู่กับ แต่ละแบบของชุมสาย แต่โดยทั่วไปแล้วสัญญาณกระดิ่งมีลักษณะเป็นสัญญาณกระแสสลับ ความถี่ประมาณ 20 Hz มีขนาดประมาณ 75 – 100 โวลท์ เมื่อวัดจากยอดคลื่นด้านบนถึงยอดคลื่นด้านล่าง (Peak To Peak) ขี่อยู่บนกระแสตรงขนาด 48 โวลท์ สัญญาณกระดิ่งจะดังและดับเป็นช่วงๆ พร้อมกับสัญญาณเรียกกลับ (Ringback Tone) คือดังประมาณ 1.25 วินาที และดับประมาณ 3.75 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 2.2

เนื่องจากสัญญาณนี้เป็นสัญญาณกระแสสลับ และมีขนาดค่อนข้างสูง ดังนั้นเราจะนำสัญญาณนี้ไปใช้โดยตรงไม่ได้ ต้องทำการเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณกระแสตรงที่มีขนาด 5 โวลท์ เพื่อให้วงจรส่วนอื่นๆ ปลอดภัยไม่เสียหาย และสะดวกในการตรวจจับโดยอาศัยวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งดังรูปที่ 2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งนี้ จะทำการเปลี่ยนอินพุทสัญญาณกระดิ่ง ซึ่งเป็นสัญญาณกระแสสลับความถี่ 20 Hz ขนาด 75 – 100 โวลท์ ออกเป็นพัลส์เอาท์พุทที่มีขนาด 5 โวลท์ ที่มีตัวเก็บประจุขนาด 0.22 ไมโครฟารัด และมีตัวต้านทานขนาด 33 กิโลโอห์ม ที่ส่วนต้นของวงจร หลังจากนั้นจะถูกไดโอด (Diode) เปลี่ยนให้เป็นไฟกระแสตรง เนื่องจากไซเคิลลบจะไหลผ่านไดโอด 1N4148 จะมีเฉพาะไซเคิลบวกของสัญญาณเท่านั้นที่ไหลไปยังขา 1 และ 2 ของไอซี 4N25 ได้

ไอซีเบอร์ 4N25 นี้เป็นไอซีเชื่อมโยงทางแสง (Opto Coupler) ภายในมีไดโอดเปล่งแสง (LED) และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) อยู่ กระแสในไซเคิลบวกเท่านั้นที่สามารถไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงได้ และทำให้ไดโอดเปล่งแสงไปยังโฟโต้ทรานซิสเตอร์ได้ และเมื่อโฟโต้ทรานซิสเตอร์ได้รับแสงจากโฟโต้ไดโอด จะทำให้กระแสสามารถไหลจากขั้วคอลเลคเตอร์ (Collector) ไปยังขาอิมิตเตอร์ (Emitter) ลงกราวด์ (Ground) ได้จึงทำให้ได้ลอจิก 0 ออกมา แต่เมื่อไม่มีกระแสไซเคิลบวกเข้ามา โฟโต้ไดโอดจะไม่เปล่งแสงทำให้กระแสจากขั้วของคอลเลคเตอร์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ไม่สามารถไหลลงกราวด์ที่ขาอิมิตเตอร์ได้ ความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม จึงดึงเอาท์พุทให้เป็นลอจิก 1 ตลอดเวลาที่ไม่มีกระแสไซเคิลบวกเข้ามายังโฟโต้ไดโอด

นอกจากนี้การใช้ไอซีที่เชื่อมโยงทางแสง (Opto Coupler) ยังมีข้อดีในการแยกระบบไฟของอินพุทและเอาท์พุทออกจากกัน และใช้แสงในการเชื่อมโยงแทน ทำให้มีความปลอดภัย จากแรงดันไฟค่าสูง และยังสามารถป้องกันสัญญาณรบกวน หรือแรงดันที่มียอดแหลม ที่เกิดจากระบบกราวด์ของวงจรภายนอกไม่ให้เข้าไปเกิดในระบบกราวด์ของวงจรอีกด้วย

เอาท์พุทที่ขา 5 ของไอซี 4N25 นี้จะเป็นพัลส์ 5 โวลท์ ซึ่งความจริงแล้วก็ดีเพียงพอที่จะนำไปป้อนยังอินพุทของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อจะนับจำนวนครั้งของสัญญาณกระดิ่งก่อนการรับสาย แต่เพื่อให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้น มีความเที่ยงตรงแน่นอนมากยิ่งขึ้น เราจึงนำเอาท์พุทจากขา 5 ของไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์ 4N25 ส่งต่อไปป้อนให้กับไอซี 74121 ซึ่งเป็น Monostable Multivibrator เพื่อทำการปรับรูปสัญญาณที่มีความถี่ 20 Hz ของพัลส์นั้นหายไป จะได้เอาท์พุทออกมาเป็นลอจิก 1 และ 0 ที่มีช่วงเวลานานตามจำนวนลูกของสัญญาณกระดิ่ง คือในขณะที่กระดิ่งดังจะได้ ลอจิก 1 ต่อเนื่อง และในขณะที่สัญญาณกระดิ่งไม่ดังจะเป็นลอจิก 0 ต่อเนื่องกัน ทำให้การตรวจจับและการเขียนโปรแกรมง่ายขึ้น โดยค่าเวลาการหน่วงของไอซี 74121 หาได้จาก

$$T = RC / 2^{1/2}$$

หลังจากนั้นจึงนำเอาท์พุทที่ได้ไปเข้ายังอินพุทพอร์ทของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนับจำนวนลูกของสัญญาณกระดิ่งให้ได้ตามที่กำหนดอย่างแม่นยำและถูกต้อง

2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็คือไมโครโปรเซสเซอร์ที่รวมเอาส่วนของหน่วยความจำไอโอพอร์ท Timer/Counter มาบรรจุไว้ในชิพเดี่ยว มีชื่อเรียกว่า ชิงเกิลชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ (Single Chip Microcontrollers)

จะเห็นว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์จะประกอบไปด้วย

- ALU
- แอคคิวมูเลเตอร์ (ACC)
- รีจีสเตอร์
- แรมภายในชิพ (Internal RAM)
- สแตคพอยเตอร์ (SP)
- อินเทอนอลรอม (Internal ROM)
- โปรแกรมเคาเตอร์ (PC)
- ไอโอพอร์ท (I/O Port)
- วงจรอินเตอร์รัปต์ (Interrupt Circuit)
- วงจรคล็อค (Clock Circuit)
- ไทม์เมอร์เคาน์เตอร์ (Timer/Counter)

คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5V ชุดเดียว
- มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์สำหรับเบอร์ 8051 และ 8031 สำหรับเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำถึง 8 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) ขนาด 128 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมีถึง 256 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

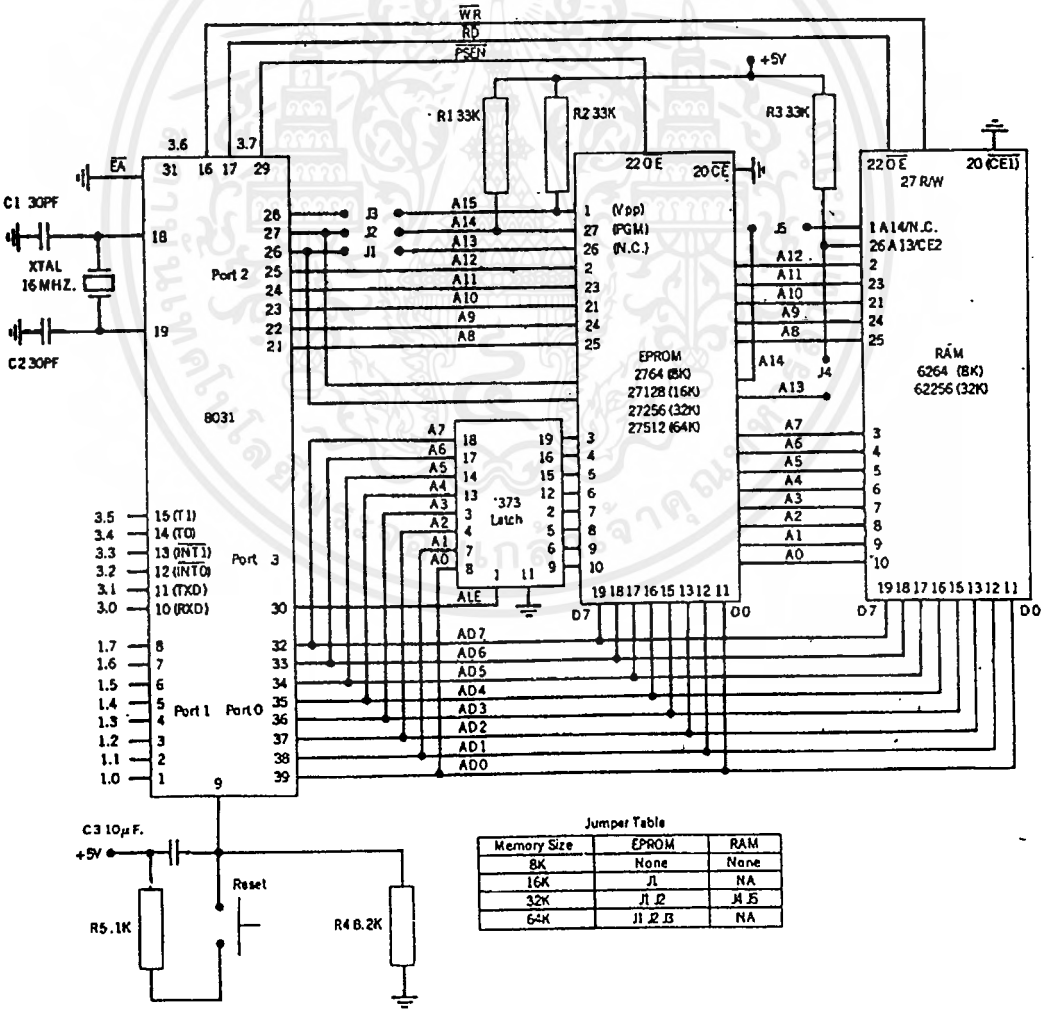
- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
- มีไทม์เมอร์ เคาน์เตอร์ ขนาด 16 บิต 2 ชุด (สำหรับ 8052 มี 3 ชุด) ทำงานได้ 4 โหมด
- รับอินเตอร์รัปต์ได้ 6 แหล่ง 5 เวกเตอร์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมี 8 แหล่ง 6 เวกเตอร์
- มีพอร์ทรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) 2 พอร์ทแบบ Full Duplex เลือกรูปได้ 4 โหมด
- มีคำสั่งในการทำ AND,OR หรือ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิตและ 1 บิต

โครงสร้างภายในของ 8051

MCS-51 ใช้เทคโนโลยีในการผลิตเป็นแบบ NMOS และ CMOS เบอร์ 8032 และ 8052 จะมี ROM BASIC อยู่ภายในจึงสะดวกสำหรับโปรแกรมเมอร์ที่จะเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิก

การต่อหน่วยเวลาความจำ Program Memory และ Data Memory

การต่อหน่วยความจำแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 การต่อหน่วยความจำ และหน่วยความจำข้อมูลภายนอกชิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

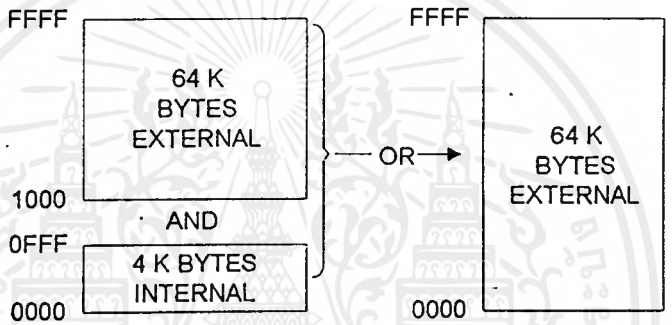
การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ

หน่วยความจำที่ใช้กับ MCS-51 มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ

- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม

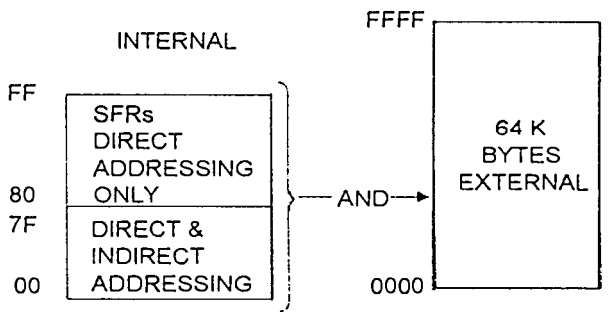
เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมสั่งงานบรรจุอยู่ในชิพ 8051 ส่วนที่เป็น Program Memory ก็คือ ROM ขนาด 4 กิโลไบต์นั่นเอง แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 จะมี ROM ขนาด 8 กิโลไบต์



รูปที่ 2.21 ผังหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมสำหรับเบอร์ 8051

Data Memory (RAM)

แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำข้อมูลภายในชิพมีเพียง 128 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8051 และหน่วยความจำข้อมูลภายนอกชิพมีความจุ 64 กิโลไบต์ดังแสดงในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 แสดงผังหน่วยความจำสำหรับ Data Memory เบอร์ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางครั้งอาจจะสงสัยว่าตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและดาต้ามีตำแหน่งที่ซ้อนกันซีพียูจะรู้ได้อย่างไรว่าติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล บริษัทอินเทล ได้ออกแบบคำสั่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

MOV ใช้ติดต่อกับ RAM ภายใน

MOVC ใช้ติดต่อ Program Memory

MOVX ใช้ติดต่อ Data Memory ภายนอกชิพ โดยระบุตำแหน่งผ่าน DPTR และ PC

พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อมเท่านั้น (Indirect Address Area)

พื้นที่หน่วยความจำบริเวณ (80h - FFh) เป็นพื้นที่ซ้อนกันอยู่อย่างละ 128 ไบต์ โดยส่วนแรกจะเป็น SFR แอดเดรสและ Indirect Address Area ดังนั้นผู้เขียนโปรแกรมถ้าจะติดต่อกับ SFR จะต้องใช้คำสั่งแบบเข้าถึงข้อมูลโดยตรงเท่านั้น (Direct Address Area) ส่วนพื้นที่อีกส่วนหนึ่งจะเข้าถึงข้อมูลแบบทางอ้อมเท่านั้น (Indirect Address Area) ส่วนตำแหน่ง (00h - 7Fh) จะเข้าถึงข้อมูลได้ทั้ง 2 แบบ

พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยตรงและทางอ้อม (Direct and Indirect Address Area)

พื้นที่ 128 ไบต์ ล่างสุดจะแบ่งเป็น 3 ส่วน

1.รีจิสเตอร์แบงค์ (Register Bank 0 - 3)

ตั้งแต่ตำแหน่ง (00 - 1Fh) จะเป็นส่วนของรีจิสเตอร์แบงค์ (0 - 3) โดยแบ่งเป็นแบงค์ละ 8 ไบต์ รวมแล้วได้ 32 ไบต์ (แต่ละแบงค์จะมีรีจิสเตอร์ R0,R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7) ถ้าซีพียูทำงานอยู่ที่แบงค์ 3 เมื่อถูกรีเซทก็จะกลับมาทำงานที่แบงค์ 0 เสมอ และ SP จะมาเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 07h ทันที

2.บริเวณหน่วยความจำที่ใช้คำสั่งอ่านเขียนกับทีละบิตได้ (Bit Address Area)

พื้นที่ตั้งแต่แอดเดรส (20 - 7Fh) จำนวน 16 ไบต์หรือแบ่งเป็นบิตจะได้เท่ากับ 128 บิต ซึ่งตำแหน่งบิตมีดังนี้ 00,01,02,03,04,05,06,07 จนถึง 7Fh เช่น

บิต 00 ก็คือ D0 ของหน่วยความจำตำแหน่งที่ 20h

บิต 01 ก็คือ D1 ของหน่วยความจำตำแหน่งที่ 20h

เช่นถ้าต้องการเซ็ทบิต 00 ต้องเขียนคำสั่งว่า SET 00h

3.บริเวณหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป (Scratch Pad Area)

พื้นที่ตั้งแต่ (30h – 7Fh) จะเขียนข้อมูลได้ทีละไบต์เท่านั้น ไม่สามารถใช้คำสั่งเกี่ยวกับบิตได้ ถ้าย้ายเนื้อที่สแตคมาบริเวณนี้ โปรดระวังในการเขียนข้อมูลมาทับสแตค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ สามารถเลือกให้มีการทำงานเป็นไทม์เมอร์ หรือเคาน์เตอร์อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยเลือกที่บิต $C/\overline{T}$ ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD โหมดไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์จะใช้ up Counter Register (THx,TLx) ตัวเดียวกันซึ่งเป็นแบบนับขึ้น

โหมดไทม์เมอร์ up Counter Register (THx. TLx) จะถูกเพิ่มค่าทุกๆ 1 แมชชีนไซเคิล (12 คาบเวลาของ CPU osc) โหมดนี้ไม่ต้องป้อนสัญญาณจากภายนอกเข้ามาแต่จะใช้สัญญาณ CPU osc

โหมดเคาน์เตอร์ up Counter Register (THx,TLx) จะถูกเพิ่มค่าทีละหนึ่ง เมื่อป้อนสัญญาณคล็อคจากภายนอกเข้ามา 1 ลูก เข้ามาทางขา T0 (pin) หรือ T1 (pin) อยู่ที่ขา 14 และ 15 ตามลำดับ โดยไม่สนใจคาบเวลาของพัลซ์แต่ละลูก การตรวจสอบสัญญาณที่เข้ามาทางขานี้ โดยจะตรวจสอบทุกๆ S5P2 ของแต่ละแมชชีนไซเคิล ดังนั้นการตรวจสอบคล็อค 1 ลูก จะต้องใช้ถึง 2 แมชชีนไซเคิล (1/24 คาบเวลาของ CPU osc)

โครงสร้างของไทม์เมอร์ และ เคาน์เตอร์ มีโครงสร้างดังนี้

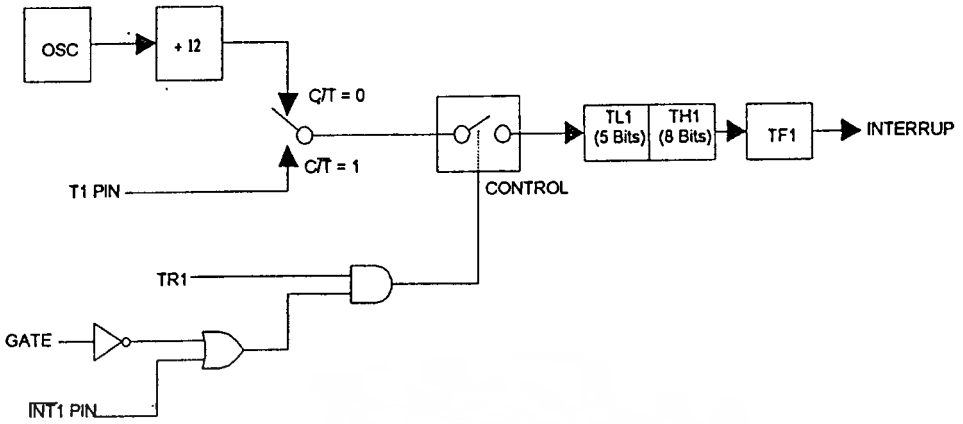
- เคาน์เตอร์แบบนับขึ้น up Counter Register (THx,TLx)
- ส่วนเลือกโหมดไทม์เมอร์ และเคาน์เตอร์ เลือกที่บิต $C/\overline{T}$
- ส่วนการควบคุมการนับ และหยุดนับ (Start Counter) ควบคุมที่บิต TRx,GATE และสัญญาณภายนอกที่ขา $\overline{INTx}$ (pin)
- ในโหมดเคาน์เตอร์จะรับอินพุตพัลซ์จากภายนอกที่ขา Tx pin
- ในโหมดไทม์เมอร์จะรับอินพุตพัลซ์จากคล็อคซีพียูที่หารด้วย 12 แล้ว
- โหมดไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์ใช้เคาน์เตอร์เป็นตัวเดียวกันเป็นแบบนับขึ้น

ไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 ทั้ง 2 ตัวมีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์ผู้ใช้สามารถเลือกการทำงานให้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์อย่างใดอย่างหนึ่งโดยการกำหนดค่าบิต $C/\overline{T}$ ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD (ไทม์เมอร์ 0 ใช้บิต 2 ส่วนไทม์เมอร์ 1 ใช้บิต 6) โดยหากบิตนี้มีค่าเป็น 0 หมายถึงเลือกให้รีจิสเตอร์ทำงานเป็นไทม์เมอร์ (นับจำนวนแมชชีนไซเกิล) ถ้าบิตนี้มีค่าเป็น 1 หมายถึงเลือกให้ทำงานเป็นเคาน์เตอร์ (นับจำนวนการเปลี่ยนสถานะจาก 1 เป็น 0 ที่ขา T0 หรือ T1)

รีจิสเตอร์ที่ใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ทั้ง 2 ตัวสามารถทำงานแตกต่างกันออกไป 4 แบบ คือ โหมด 0,1,2 และ3 โดยการเปลี่ยนค่าบิต M0 และ M1 ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD เช่นเดียวกับบิต $C/\overline{T}$ การทำงานในโหมด 0,1,2 จะคล้าย ๆ กัน สำหรับไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 แต่ในโหมด 3 รีจิสเตอร์ที่ใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ทั้งสองตัวจะมีการทำงานที่ต่างออกไปจาก 3 โหมดแรก รายละเอียดการทำงานทั้ง 4 โหมดของรีจิสเตอร์ทั้งสองตัวมีดังนี้

โหมด 0 สำหรับการทำงานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ในโหมด 0 ของ MCS-51 จะคล้ายกับใน MCS-48 นั่นคือใช้รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตเป็นตัวนับ (แมชชีนไซเกิลหรือสัญญาณพัลส์ภายนอก) โดยมีการเพิ่มค่าครั้งละ 1 ทุกครั้งที่นับสัญญาณได้ครบ 32 ครั้ง (สัญญาณอินพุตถูกหารด้วย 32)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 การทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 โหมด 0 : Bits Counter

ในการทำงานโหมดนี้ รีจิสเตอร์ที่ใช้นับไม่ว่าจะถูกใช้เพียง 13 บิตเท่านั้น (8 บิตในรีจิสเตอร์ TLx รวมกับ 5 บิตในรีจิสเตอร์ THx) โดยในขณะที่ค่าในรีจิสเตอร์ถูกเปลี่ยนจากเดิมที่เป็น 1 ทั้งหมดเป็น 0 ทั้งหมด (เกิด overflow) จะทำให้บิต TFx (บิต TF0 หรือTF1) ถูกเซต สัญญาณที่ใช้ในการนับจะผ่านเข้ามายังรีจิสเตอร์ที่ทำการนับได้ก็ต่อเมื่อ บิต TRx=1 และ (บิต, gate = 0 หรือสัญญาณที่ขา $\overline{INTx}$ (INT0, INT1) มีค่าเป็น 1) รายละเอียดการทำงานของโหมดนี้มีดังแสดงในรูปที่ 2.23

การเซตให้บิต Gate เป็น 1 จะเป็นการกำหนดให้รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ถูกควบคุมการทำงานโดยสัญญาณที่ขา $\overline{INTx}$ (ควบคุมการนับด้วยฮาร์ดแวร์) ทั้งนี้เพื่อให้การนำ MCS-51 ไปใช้วัดความกว้างของพัลส์ทำได้ง่าย (บิต TRx ต้องเป็น 1) ส่วนการเคลียร์ให้บิต Gate เป็น 0 จะมีผลให้การควบคุมการทำงานของรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ทั้งสองกระทำได้ โดยการเซตหรือเคลียร์บิต TRx ด้วยคำสั่งในโปรแกรม (ควบคุมด้วยซอฟต์แวร์)

บิต TR0, TR1 จะอยู่ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TCON ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ส่วนบิต Gate อยู่ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD

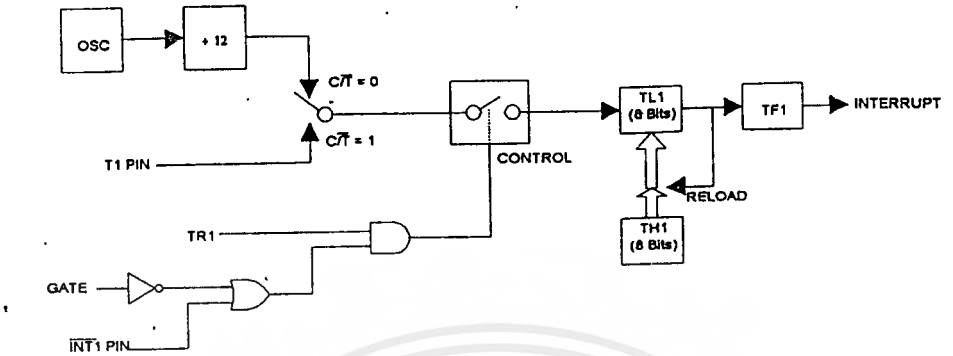
รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์จะถูกใช้เพียง 13 บิตที่ประกอบขึ้นจาก 8 บิตใน รีจิสเตอร์ใช้เฉพาะงาน THx และ 5 บิตในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TLx โดย 3 บิตบนของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TLx ไม่ถูกใช้งานในโหมดนี้ และการเซตค่าของบิต TRx (Run Flag) ก็ไม่ได้เคลียร์ค่าในรีจิสเตอร์ทั้งสองแต่อย่างใด

โหมด 1 การทำงานของรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ในโหมด 1 จะเหมือนในโหมด 0 ทุกประการ เว้นแต่ค่าในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ถูกใช้งานครบทั้ง 16 บิต นั่นคือไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ในโหมดนี้มีขนาด 16 บิต

โหมด 2 การทำงานในโหมด 2 จะกำหนดให้รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ถูกใช้ในการนับเพียง 8 บิต (จากรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TLx) ที่มีการโหลดค่าเองด้วยค่าในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THx เมื่อเกิด overflow ในรีจิสเตอร์ TLx โดยค่าในรีจิสเตอร์ THx นี้สามารถกำหนดได้ล่วงหน้าโดยซอฟต์แวร์ และจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อถูกโหลดไปไว้ในรีจิสเตอร์ TLx การทำงานในโหมด 2 มีดังแสดงในรูปที่ 2.24



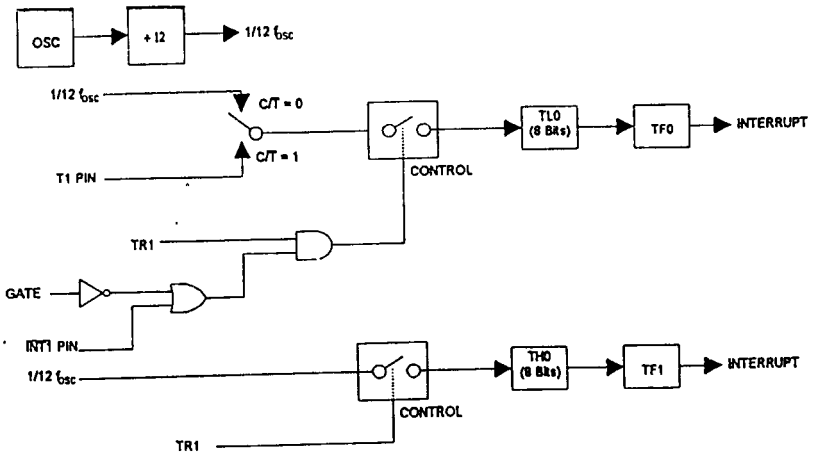
รูปที่ 2.24 การทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 โหมด 2:8 bits Auto-Reload

การทำงานโหมดนี้ มีไว้เพื่อใช้สร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีคาบเวลาคงที่ หรือใช้สร้างฐานเวลาให้แก่ซีพียูใน MCS-51

โหมด 3 ในการทำงานของรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ในโหมด 3 ของไทม์เมอร์ 1 จะไม่มีการนับ ซึ่งมีผลเหมือนกับให้ค่าบิต TR1 = 0 แต่สำหรับไทม์เมอร์ 0 จะมีการทำงานดังต่อไปนี้

ไทม์เมอร์ 0 ในโหมด 3 จะบังคับให้รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TL0 ของไทม์เมอร์ 0 ถูกใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์สำหรับนับจำนวนแมชชีนไซเกิลหรือจำนวนพัลส์ภายนอกขนาด 8 บิต โดยสามารถควบคุมการใช้งานรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TL0 นี้ได้จากบิต $C/\overline{T}$ Gate, TR0, INT0 และการเกิด overflow ของรีจิสเตอร์ TL0 จะมีผลไปเซตบิต TF0 ส่วนรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TH0 ของไทม์เมอร์ 0 จะถูกบังคับให้ใช้งานเป็นไทม์เมอร์เพียงอย่างเดียวโดยสามารถควบคุมการทำงานได้จากบิตTR1และTF1ของไทม์เมอร์ 1 และจะเซตบิต TF1 เมื่อเกิด overflow นั่นคือขณะนี้รีจิสเตอร์ TH0 จะควบคุมการเกิดอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 1 ดังแสดงในรูปที่ 2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 การทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 โหมด 3 : Two 8 bits Counter

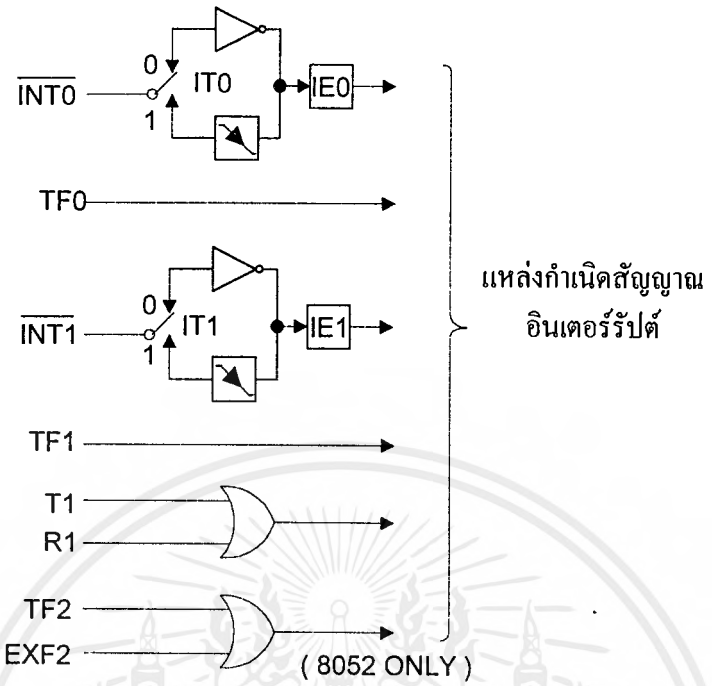
การทำงานโหมด 3 มีไว้เพื่อการใช้งานที่ต้องการไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ขนาด 8 บิตเพิ่มขึ้นดังนี้

เมื่อใช้ไทม์เมอร์ 0 ในโหมด 3 8051 สามารถมองเหมือนว่า MCS-51 มีไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 3 ตัว และ 8052 มีไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 4 ตัว โดยเมื่อไทม์เมอร์ 0 กำลังทำงานอยู่ในโหมด 3 ไทม์เมอร์ 1 ยังสามารถใช้งานได้ การควบคุมการนับของไทม์เมอร์ 1 สามารถทำได้ด้วยการบังคับให้ไทม์เมอร์ 1 สวิตซ์ไปมาระหว่างโหมด 3 และโหมดอื่น (หากไทม์เมอร์ 1 อยู่ในโหมด 3 จะหยุดทำงาน แต่หากอยู่ในโหมดอื่นจะทำงานต่อไปได้เรื่อย ๆ) ดังนั้นจึงเปรียบเสมือนว่ามีรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพิ่มขึ้นอีก 1 เป็นตัวกำหนด baud rate แต่จริง ๆ แล้วไทม์เมอร์ 1 สามารถใช้งานอื่นๆ ที่ไม่ต้องการสัญญาณอินเตอร์รัปต์ ทั้งนี้เพราะสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 1 ถูกควบคุมจาก ไทม์เมอร์ 0 เมื่อใช้งานในโหมด 3 ไปแล้วนั่นเอง

อินเตอร์รัปต์

MCS-51 สามารถรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้อย่างน้อย 5 ชนิดด้วยกัน (MCS-51 บางเบอร์ในตระกูลนี้สามารถรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้มากกว่า 5 ชนิด เช่น เบอร์ 8052 สามารถรับได้ 6 ชนิด) แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ทั้ง 5 ชนิดที่ MCS-51 สามารถรับได้มีดังแสดงในรูปที่ 2.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ทั้ง 5 ชนิดที่ MCS-51 สามารถรับได้

อินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดที่ MCS-51 สามารถรับได้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

อินเตอร์รัปต์ที่เกิดจากภายนอก (External Interrupts) เป็นอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นจากภายนอก MCS-51 มี 2 ชนิดด้วยกันคือ

- อินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0 รับได้จากขา INT0
- อินเตอร์รัปต์จากภายนอกชนิด 1 รับได้จากขา INT1

ผู้ใช้สามารถกำหนดให้ MCS-51 ตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัปต์ทั้งสองชนิดที่เกิดขึ้นที่ขา INT0,INT1 2 แบบด้วยกันคือ

- ตรวจสอบจากระดับสัญญาณ (level – activated)
- ตรวจสอบจากการเปลี่ยนสถานะสัญญาณ (transition – activated)

การตรวจสอบสถานะของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกที่ขาทั้งสอง สามารถเลือกได้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าบิต IT0,IT1 (Interrupt Type control bit) ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TCON ดังแสดงในรูปที่ 2.26ในหัวข้อไทม์เมอร์

เมื่อ MCS-51 ตรวจพบสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก จะมีผงทำให้บิต IE0 (จากขา INT0) หรือ IE1 (จากขา INT1) ของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TCON ถูกเซต บิตทั้งสองจะเป็นตัวบอกสถานะของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นจากภายนอก โดยถูกเซตเมื่อเกิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์และจะถูกเคลียร์โดยฮาร์ดแวร์ภายใน MCS-51 เอง เมื่อซีพียูย้ายไปทำงานที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ต่อเมื่อ สัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกที่เกิดขึ้นเป็นชนิดที่ตรวจสอบได้จากการเปลี่ยนสถานะสัญญาณ แต่ถ้าสัญญาณอิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตอร์รัปต์ภายนอกที่เกิดขึ้นได้มาจากการตรวจสอบระดับสัญญาณเมื่อซีพียูย้ายไปทำงานที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์จะไม่มีการเคลียร์บิต IE0 หรือ IE1 ให้ ในกรณีนี้จะเป็นหน้าที่ของวงจรกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกที่จะต้องทำหน้าที่ควบคุมสถานะของสัญญาณที่ขา INTx (INT0 หรือ INT1) ให้กลับสู่สภาพเดิมเอง มิฉะนั้นโปรแกรมหลักที่ทำงานอยู่จะถูกอินเตอร์รัปต์ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งสัญญาณอินเตอร์รัปต์กลับมีค่าเป็น 1 อีกครั้ง

อินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1

อินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 0 หรือ ไทม์เมอร์ 1 ถูกทำให้เกิดขึ้นโดยบิต TF0 หรือ TF1 ซึ่งถูกเซตเมื่อไทม์เมอร์ 0 หรือ ไทม์เมอร์ 1 เกิด overflow (มีการเปลี่ยนค่า 1 ทั้งหมดมาเป็น 0 ทั้งหมดในรีจิสเตอร์ที่ใช้ เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0 หรือ ไทม์เมอร์ 1) ยกเว้นไทม์เมอร์ 0 ในโหมด 3 ซึ่งหยุดการทำงานเมื่อมีอินเตอร์รัปต์จากไทม์เมอร์เกิดขึ้น บิต TF0 และ TF1 จะถูกเคลียร์โดยฮาร์ดแวร์ภายใน MCS –51 เอง เมื่อซีพียูย้ายไปทำงานที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์

อินเตอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม (Serial Port Interrupt)

พอร์ตสื่อสารอนุกรมของ MCS-51 สามารถทำให้เกิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ สัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้มาจากบิต TI หรือ RI ที่นำมาผ่านเกตออร์ (ดังแสดงในรูปที่ 6.1) และบิตที่ควบคุมการอินเตอร์รัปต์ทั้งสองนี้จะไม่ถูกเคลียร์โดยฮาร์ดแวร์ใน MCS-51 เมื่อซีพียูไปทำงานในโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ เพราะการเกิดอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรมอาจจะเกิดจากบิต RI หรือ TI ก็ได้ ดังนั้นโปรแกรมในส่วนบริการอินเตอร์รัปต์จะต้องตรวจสอบเองว่าสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้มาจากบิต RI หรือ TI และบิตทั้งสองจะถูกเคลียร์โดยซอฟต์แวร์เท่านั้น

อินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 2 (Timer 2 Interrupt)

ในเบอร์ 8052 จะมีรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพิ่มขึ้นมาอีก 1 ตัวคือไทม์เมอร์ 2 โดยสามารถใช้สร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้เหมือนเช่นในไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 แต่การอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 2 จะแตกต่างออกไปจากไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 ดังนี้

อินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 2 เกิดขึ้นโดยการนำบิต TF2 และ EXF2 มาผ่านเกตออร์ โดยบิต TF2 และ EXF2 ทั้งสองไม่ถูกเคลียร์โดยฮาร์ดแวร์เมื่อซีพียูไปทำงานในส่วนโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์เหมือนในการเกิดอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม ดังนั้นในโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์จะต้องตรวจสอบเองว่าบิต TF2 หรือ EXF2 ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการอินเตอร์รัปต์ และบิตที่ทำให้เกิดอินเตอร์รัปต์จะต้องถูกเคลียร์โดยซอฟต์แวร์เองด้วย

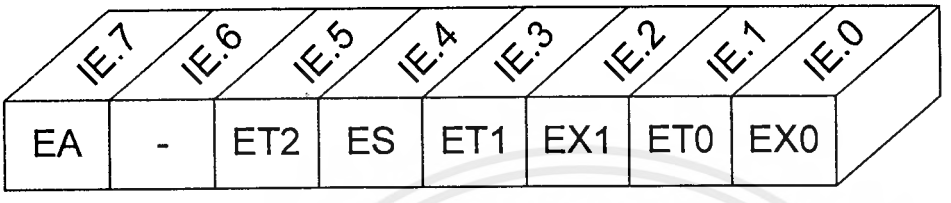
อินเตอร์รัปต์แต่ละประเภททั้งหมดที่เกิดขึ้นจะมีผลไปเซตบิตต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่ควบคุมการอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดของสัญญาณดังได้กล่าวมาแล้ว และเนื่องจากบิตเหล่านี้อยู่ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะซึ่งอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ ดังนั้นผู้ใช้สามารถควบคุมให้บิตเหล่านี้ถูกเซตหรือเคลียร์จากคำสั่งในซอฟต์แวร์ได้ด้วย เมื่อบิตเหล่านี้ถูกเซตโดยคำสั่งจากโปรแกรมแทนที่จะเกิดขึ้นเองจากแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์จะมีผลเหมือนกับเกิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดขึ้นเช่นเดียวกัน โดยมีผลเหมือนกับว่าถูกเซตหรือเคลียร์โดยฮาร์ดแวร์นั่นคือ การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเตอร์รัปต์ของสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดทั้งหมดที่กล่าวมา สามารถเกิดขึ้นได้จากซอฟต์แวร์ หรือสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่กำลังรอการบริการจากซีพียูอยู่สามารถถูกยกเลิกได้ด้วยซอฟต์แวร์เช่นกัน

อินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดที่กล่าวไปแล้ว สามารถถูกควบคุมให้สามารถอินเตอร์รัปต์ MCS-51 ได้หรือไม่ โดยการควบคุมจากบิตต่าง ๆ ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE (Interrupt Enable-Register) เข้าถึงข้อมูลได้ระดับบิต



บิต	ชื่อบิต	
IE.7	EA	ใช้ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ทั้งหมด 0 : MCS-51 จะไม่ตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ใด ๆ ทั้งสิ้น 1 : อินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดจะถูกควบคุมการตอบสนองอย่างอิสระจากบิตในรีจิสเตอร์นี้
IE.6	--	ไม่ถูกกำหนดการใช้งาน (สำรองไว้ใช้ใน MCS-51 เบอร์ใหม่ ๆ ในอนาคต)
IE.5	ET2	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 2 เมื่อเกิด overflow (มีใช้เฉพาะ MCS-51 บางเบอร์ที่มีไทม์เมอร์ 2 เช่น 8052)
IE.4	ES	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม
IE.3	ET1	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 1 เมื่อเกิด overflow
IE.2	EX1	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 1
IE.1	ET0	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 0 เมื่อเกิด overflow
IE.0	EX0	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0

การกำหนดให้บิตควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดมีค่าเป็น 0 หมายถึงไม่ให้ MCS-51 ตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดนั้น หากกำหนดให้บิตควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดมีค่าเป็น 1 หมายถึงให้ MCS-51 ตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดนั้น (บิต EA ต้องถูกเซตไว้ก่อนด้วย)

บิต EA ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE สามารถควบคุมการอินเตอร์รัปต์ใน MCS-51 ได้ทั้งหมด หากบิตนี้มีค่าเป็น 0 สัญญาณอินเตอร์รัปต์ทุกชนิดที่เกิดขึ้นจะไม่สามารถอินเตอร์รัปต์ MCS-51 ได้ แต่หากบิตนี้มีค่าเป็น 1 สัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดจะถูกควบคุมให้อินเตอร์รัปต์ MCS-51 ได้อย่างอิสระ (ควบคุมจากบิต IE.0-IE.5)

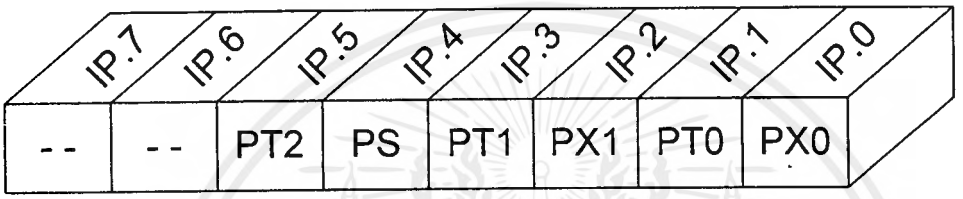
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต IE.5,IE.6 ไม่ถูกใช้ใน 8051 เพราะ ถูกสงวนไว้ใช้ใน MCS-51 เบอร์อื่น ๆ ที่สามารถรับอินเตอร์รัปต์ได้เพิ่มขึ้น ดังนั้นซอฟต์แวร์ของผู้ใช้ไม่ควรจะมีคำสั่งเขียนค่า 1 ลงไปในบิตเหล่านี้เพื่อให้โปรแกรมยังคงสามารถใช้กับชิปเบอร์ใหม่ ๆ ในตระกูลนี้ได้

โครงสร้างระดับความสำคัญในการบริการอินเตอร์รัปต์ (Priority Level Structure)

อินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดสามารถถูกเลือกระดับความสำคัญในการบริการได้ 2 ระดับโดยการเซตหรือเคลียร์บิตในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IP

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IP (Interrupt Priority Register) เข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิต



บิต	ชื่อบิต	
IP.7	--	ไม่ถูกกำหนดการใช้งาน (สำรองไว้ใช้ใน MCS-51 เบอร์ใหม่ ๆ ในอนาคต)
IP.6	--	ไม่ถูกกำหนดการใช้งาน (สำรองไว้ใช้ใน MCS-51 เบอร์ใหม่ ๆ ในอนาคต)
IP.5	PT2	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 2
IP.4	PS	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม
IP.3	PT1	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 1
IP.2	PX1	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 1
IP.1	PT0	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 0
IP.0	PX0	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0

การให้บิตกำหนดลำดับความสำคัญของอินเตอร์รัปต์เป็น 0 หมายถึงให้อินเตอร์รัปต์ชนิดนั้นมีลำดับความสำคัญความสำคัญต่ำ ส่วนการให้บิตกำหนดลำดับความสำคัญของอินเตอร์รัปต์เป็น 1 หมายถึงให้อินเตอร์รัปต์ชนิดนั้นมีลำดับความสำคัญสูง

ระดับความสำคัญในการบริการอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นมีได้ 2 ระดับ ได้แก่

อินเตอร์รัปต์ระดับความสำคัญต่ำ (Low Priority Interrupt) :

อินเตอร์รัปต์ประเภทนี้สามารถถูกอินเตอร์รัปต์จากสัญญาณอินเตอร์รัปต์ระดับความสำคัญสูงได้ แต่จะไม่สามารถถูกอินเตอร์รัปต์โดยสัญญาณอินเตอร์รัปต์ระดับความสำคัญต่ำตัวอื่น ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเตอร์รัปต์ระดับความสำคัญสูง (High Priority Interrupt)

อินเตอร์รัปต์ประเภทนี้ไม่สามารถถูกอินเตอร์รัปต์โดยสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดอื่น ๆ ได้เลย นั่นคือมีระดับความสำคัญสูงสุด

ถ้ามีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้นพร้อมกัน 2 ชนิด โดยมีระดับความสำคัญในการบริการอินเตอร์รัปต์ไม่เท่ากัน สัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญสูงกว่าจะได้รับการบริการก่อน แต่ถ้ามีการขออินเตอร์รัปต์พร้อมกัน 2 ชนิด ซึ่งมีระดับความสำคัญเท่าเทียมกัน ลำดับการบริการอินเตอร์รัปต์ภายในจะเป็นตัวกำหนดเองว่าอินเตอร์รัปต์ชนิดใดควรจะถูกบริการก่อน ดังนั้นภายในระดับความสำคัญของการบริการอินเตอร์รัปต์หนึ่งๆจะมีระดับความสำคัญในการบริการอินเตอร์รัปต์ย่อยลงไปอีกระดับหนึ่ง (second priority structure) ดังแสดงในตารางที่ 2.5

แหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์	ลำดับความสำคัญภายใน MCS-51
อินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0 (IE0)	สูงสุด
อินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 0 (TF0)	
อินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 1 (IE1)	
อินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 1 (TF1)	
อินเตอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม (TI+RI)	
อินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 2 (TF2+EXF2)	ต่ำสุด

ตารางที่ 2.5 ระดับความสำคัญในการบริการอินเตอร์รัปต์

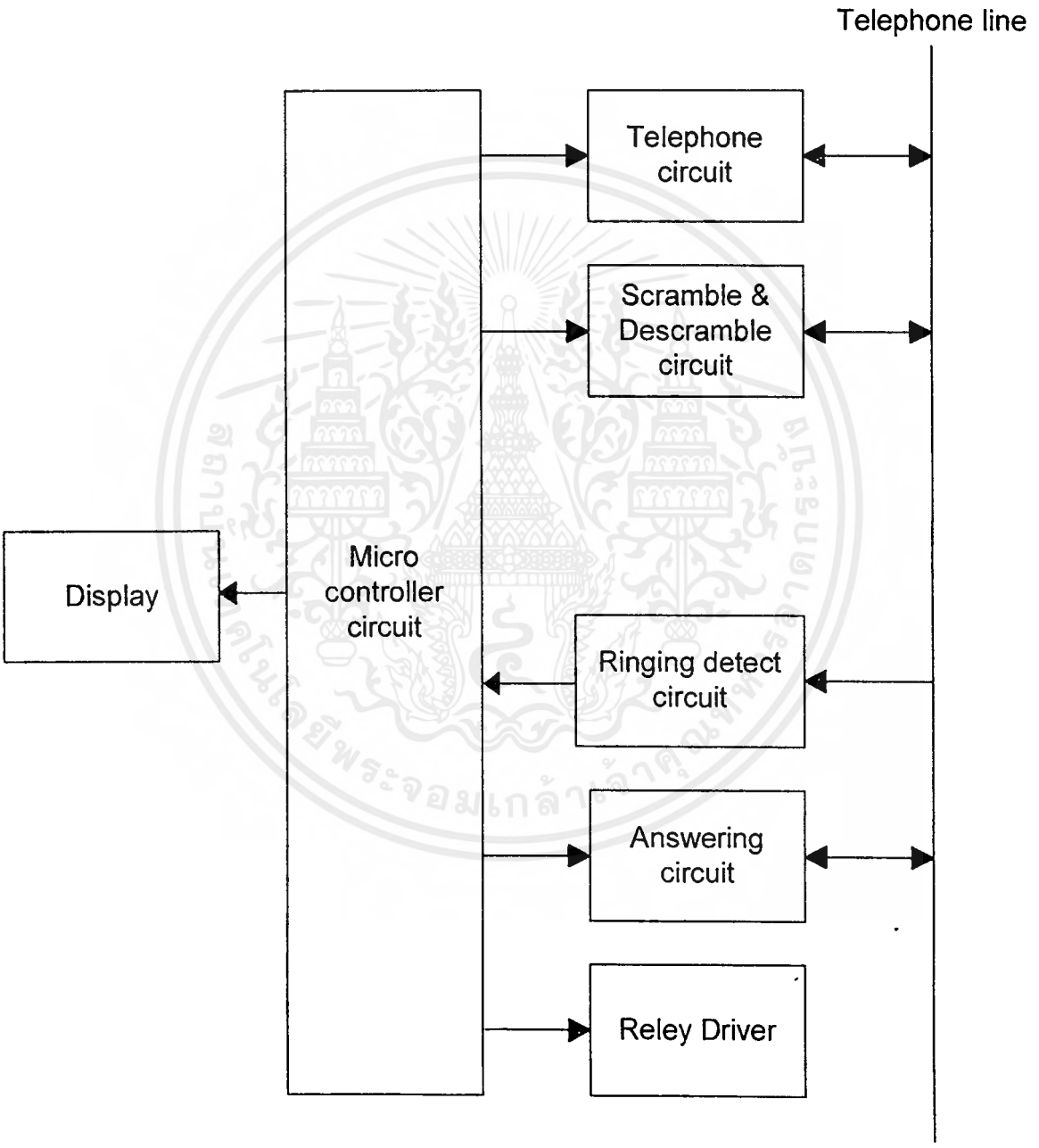
การจัดการกับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญเท่าเทียมกันที่เกิดขึ้นพร้อมกัน (priority within level structure) ถูกใช้เพียงเพื่อแก้ปัญหาสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญเท่าเทียมกันที่เกิดขึ้นพร้อมกันเท่านั้น (simultaneous request of the same priority level)

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IP มีบิตที่ไม่ถูกใช้งานอยู่บางบิต คือ IP.7 และ IP.6 โดยไม่ถูกใช้ใน 8051 และ 8052 ใน 8051 จะมีบิตที่ว่างเพิ่มมาอีก 1 บิตคือ IP.5 ดังนั้นซอฟต์แวร์ของผู้ใช้ไม่ควรมีการเขียนค่า 1 ไปที่ตำแหน่งบิตเหล่านี้เพราะมันอาจถูกนำเอาไปใช้ใน MCS-51 เบอร์ใหม่ๆในอนาคตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
แนวทางการออกแบบและการสร้าง

ในโครงงานนี้จะมีส่วนประกอบหลัก 6 ส่วนด้วยกันตามผังดังรูปที่3.1



รูปที่ 3.1 ผังของโครงงานที่ได้ทำการสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ส่วนของตัวเครื่องโทรศัพท์(Telephone Set)

เครื่องโทรศัพท์มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

3.1.1 วงจรเสียงพูด (Speech Network) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากระบบทูไวร์เป็นระบบโฟร์ไวร์ ขยายสัญญาณทั้งด้านรับและด้านส่ง ควบคุมระดับของไซด์โทน วงจรเสียงพูดนี้จะใช้ไอซีเบอร์ MC34114

3.1.2 วงจรส่งเสียงพูด (Transmitter) เป็นส่วนส่งเสียงพูดของผู้ใช้ไปยังคู่สนทนาโดยใช้ไมโครโฟนแปลงเสียงพูดไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าผ่านวงจรเสียงพูดไป

3.1.3 วงจรรับเสียงพูด (Receiver) ใช้ลำโพงหรือไดอะแฟรมเพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่มาจากสายโทรศัพท์ให้เป็นเสียง (Voice) ตามเดิม

3.1.4 ไดอัลเลอร์ (Dialer) ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ เพื่อส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์ ซึ่งเครื่องโทรศัพท์ในโครงงานนี้กำเนิดสัญญาณได้ทั้งแบบพัลส์และโทน

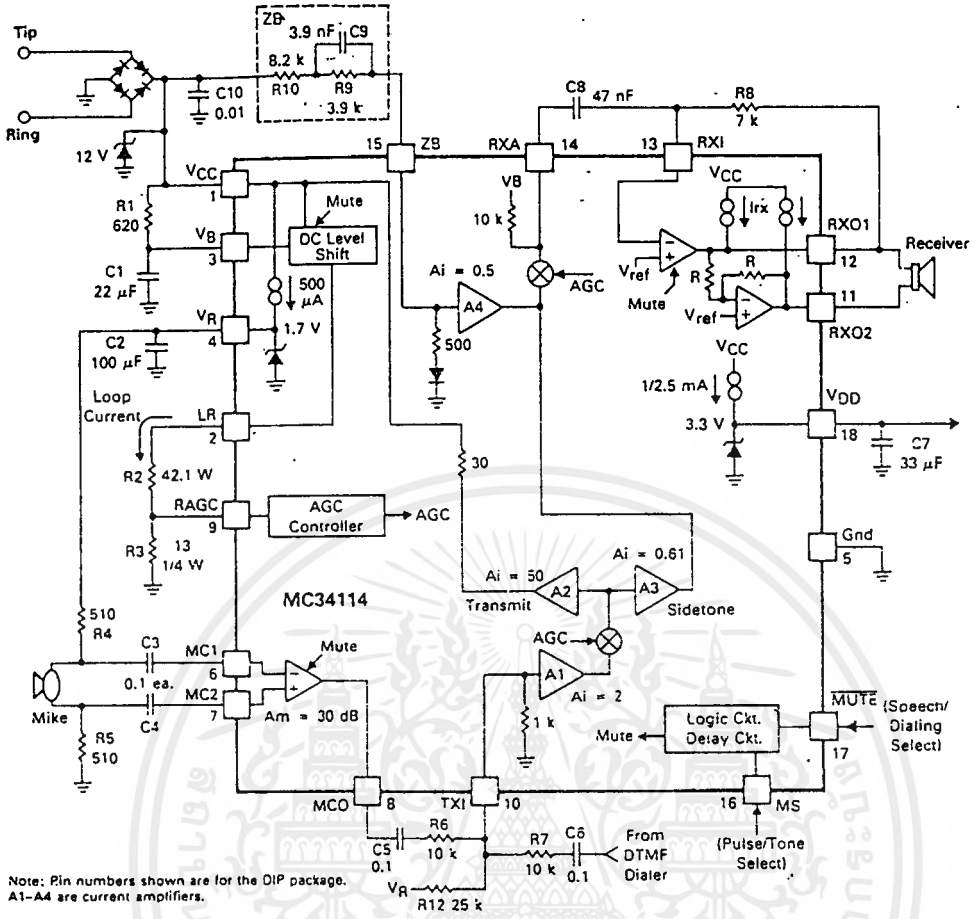
3.1.5 วงจรกระดิ่ง (Ringer) ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณเรียกจากชุมสายโทรศัพท์ แล้วแปลงเป็นสัญญาณเสียง เพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่ามีผู้ต้องการจะติดต่อด้วย

3.1.6 ฮุคสวิทซ์ (Hook Switch) ทำหน้าที่ตัดต่อเครื่องโทรศัพท์เข้ากับคู่สาย มี 2 สภาวะ คือ สภาวะการยกหู (Off Hook) และสภาวะการวางหู (On Hook)

3.1.7 วงจรบริดจ์ (Polar Guard Bridge) ทำหน้าที่ผ่านกระแสไฟตรงจากคู่สายไปเลี้ยงวงจรและป้องกันการกลับขั้วของกระแสไฟ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ผ่านสัญญาณไฟฟ้าทั้งด้านบวกและลบไปในวงจร รวมทั้งเป็นส่วนสร้างกราวด์ให้แก่เครื่องโทรศัพท์

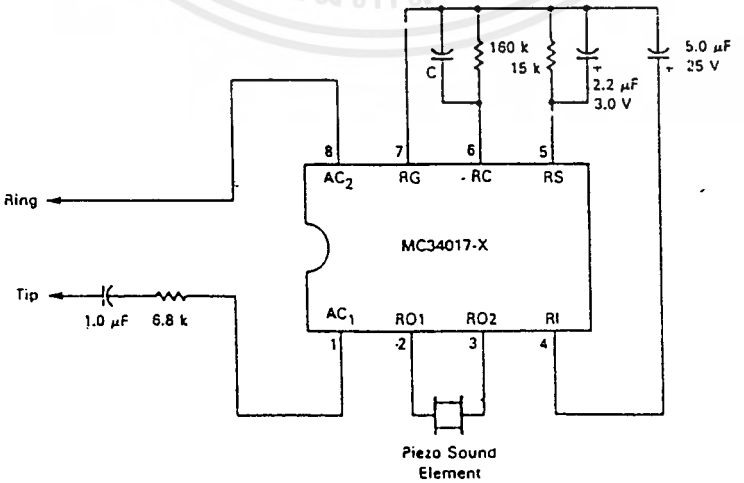
ในส่วนของวงจรเสียงพูด วงจรส่งเสียงพูด วงจรรับเสียงพูด จะใช้ไอซีเบอร์ MC34114 ร่วมกับไมโครโฟน และลำโพง ซึ่งจะได้เป็นวงจรดังรูปที่3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจรเสียงพูด

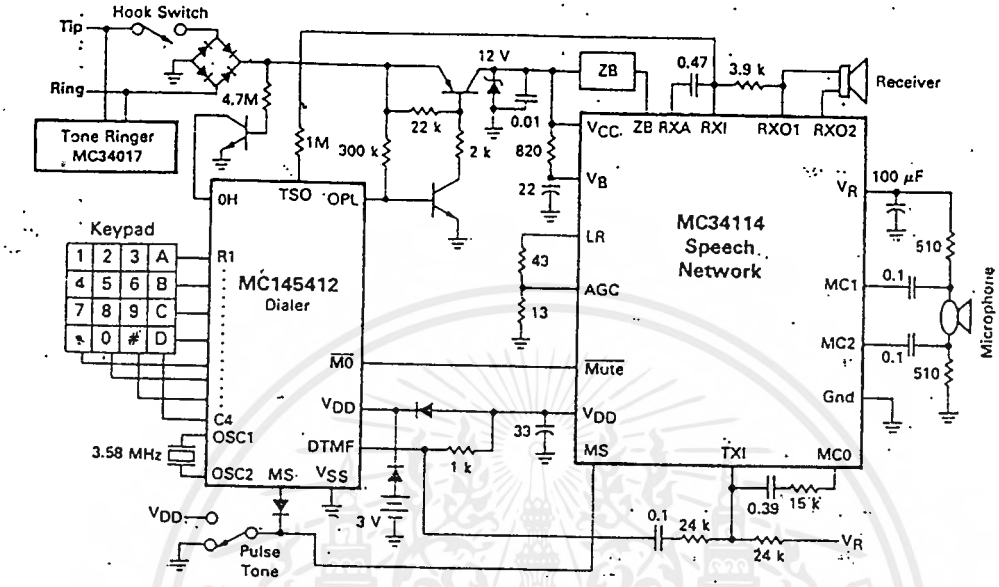
วงจรกระดิ่งจะใช้ไอซีเบอร์ MC34017 จะได้วงจรดังรูปที่ 3.3



รูปที่3.3 วงจรกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรไดอัลเลอร์ จะใช้เบอร์ MC 145412 ทำการสร้างสัญญาณเลขหมายส่งให้กับวงจรเสียงพูด และเมื่อรวมเอาส่วนต่างๆของโทรศัพท์จะได้เป็นวงจรรวมดังรูปที่3.4



รูปที่ 3.4 วงจรรวมของเครื่องโทรศัพท์

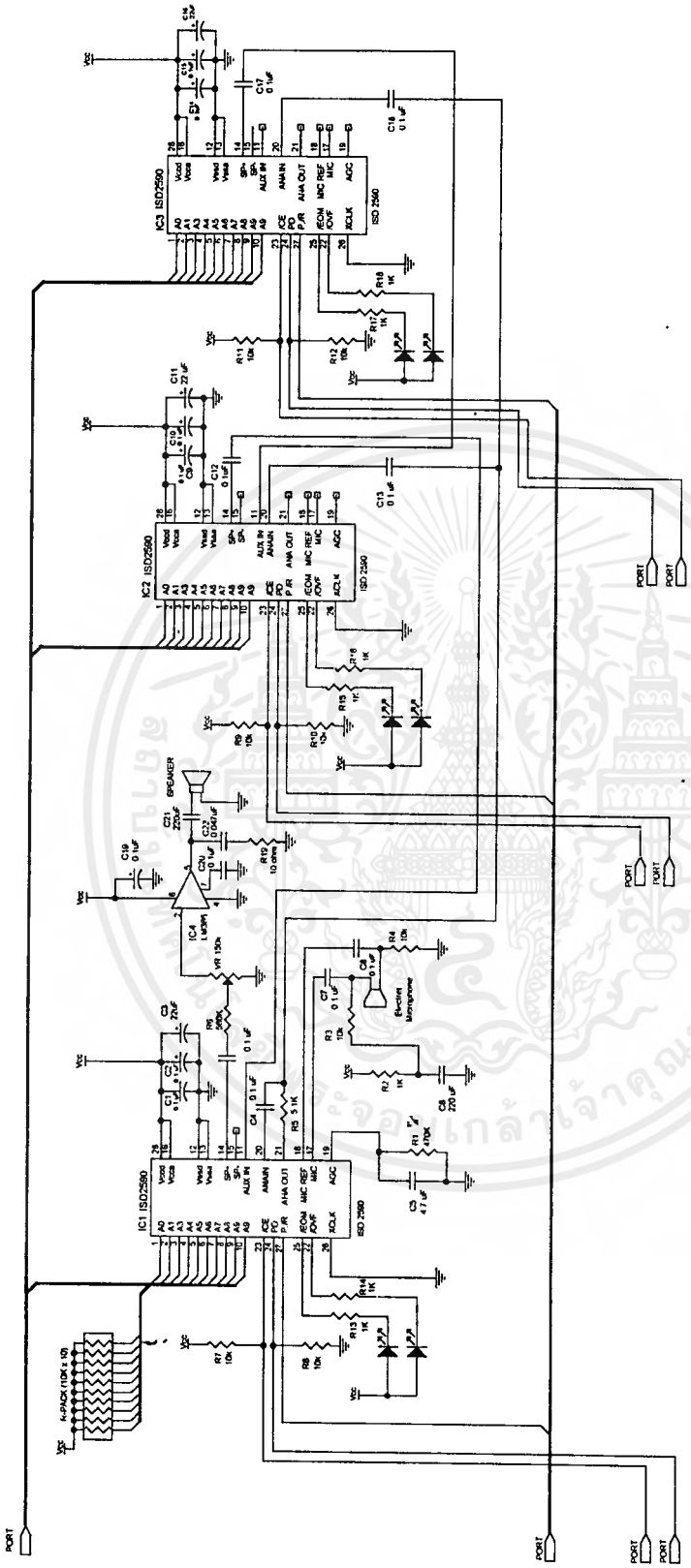
3.2 ส่วนของภาคตอบรับอัตโนมัติและบันทึกข้อความ

จะใช้ IC บันทึกเสียงเบอร์ ISD 2590เป็นตัวบันทึกเสียงที่จะใช้สำหรับตอบรับผู้ที่ทำการติดต่อเข้ามา และบันทึกเสียงของผู้ที่ติดต่อเข้าฝากข้อความไว้

3.2.1การคำนวณและการสร้างส่วนตอบรับอัตโนมัติและบันทึกข้อความ

จากคู่มือของISD2590 จะได้วงจรตัวอย่างที่ใช้สำหรับการบันทึก/เล่นกลับ โดยใช้ IC หนึ่งตัว ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นเพื่อเพิ่มช่วงเวลาใช้งานให้มากขึ้น จึงต้องมีการดัดแปลงวงจรซึ่งจะได้วงจรสมบูรณ์ดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรสมบูรณ์ของภาคบันทึกเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1 การคำนวณการจัดแบ่งช่วงเวลา(Time Slot) สำหรับการบันทึก/เล่นกลับ วงจรบันทึกเสียงจะมีช่วงเวลาที่ใช้บันทึกทั้งหมด 270 วินาทีโดยใช้ไอซีเบอร์ ISD 2590 ซึ่งมีช่วงเวลาการบันทึก 90 วินาทีต่อหนึ่งตัวมาทำการต่อคาสเคดกันจำนวน 3 ตัว

- ช่วงเวลาการบันทึกทั้งหมด 270 วินาทีนั้น จะจัดแบ่งออก Time Slot ทั้งหมด 9 Time Slot Time Slot ละ30 วินาที เพื่อเป็นพื้นที่สำหรับทำการบันทึกข้อความที่ผู้โทรเข้าฝากไว้ โดย 1 Time- Slot จะจัดสรรไว้รับฝากข้อความ 1 ข้อความ ดังนั้นภาคบันทึกเสียงจะมีพื้นที่สำหรับรับฝากข้อความได้ 9 ข้อความ
- ช่วงเวลาการบันทึกของ ISD 2590 จำนวน 90 วินาทีนั้นสามารถเลือกตำแหน่งที่จะใช้เริ่มการบันทึกหรือเล่นกลับได้โดยอาศัยขาแอดเดรส A_0- A_9
- ขาแอดเดรส A_0- A_9 จำนวน 10 ขานั้นจะใช้อ้างแอดเดรสโดยเริ่มต้นจาก 00H จนถึง 257H
- แอดเดรสจาก 00 H ถึง 257 H นั้นคือค่าที่จะใช้เลือกตำแหน่งเริ่มต้นบันทึก/เล่นกลับ โดยมีรายละเอียดการคำนวณเพื่อหาตำแหน่งที่ต้องการบันทึก/เล่นกลับดังต่อไปนี้

แอดเดรส 00 H ตรงกับตำแหน่ง บันทึก/เล่นกลับ ที่วินาทีที่ 0.00

แอดเดรส 01 H ตรงกับตำแหน่ง บันทึก/เล่นกลับ ที่วินาทีที่ 0.15

พบว่าเมื่อเพิ่มค่าของแอดเดรส 1 ค่า ตำแหน่ง บันทึก/เล่นกลับ จะเริ่มต้นที่วินาทีที่ 0.15

ดังนั้นที่ Time Slot ที่ 1 (วินาทีที่ 0 - 29.85) ต้องเริ่มที่ แอดเดรส 00 H

Time Slot ที่ 2 (วินาทีที่ 30 - 59.85) ต้องเริ่มที่ แอดเดรส C8 H

หาได้จาก

เริ่มที่ วินาทีที่ 0.15 ใช้ แอดเดรส 01 Dec

เริ่มที่ วินาทีที่ 30 ใช้ แอดเดรส (01 Dec)(30)/(0.15) = 200 Dec

= C8 H

Time Slot ที่ 3 (วินาทีที่ 60 - 89.85) ใช้ แอดเดรส 190H

หาได้จาก

เริ่มที่ วินาทีที่ 0.15 ใช้ แอดเดรส 01 Dec

เริ่มที่ วินาทีที่ 60 ใช้ แอดเดรส (01 Dec)(60)/(0.15) = 400 Dec

= 190 H

3.2.1.2 ISD 2590 สามารถกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นการ บันทึก/เล่นกลับ ได้ว่าต้องการเริ่มที่ตำแหน่งใดโดยการเซตแอดเดรส ที่ขา A_0 - A_9 แต่ว่าไม่สามารถกำหนดตำแหน่งสิ้นสุดของการบันทึก/เล่นกลับได้ ดังนั้นจึงใช้วงจรไทม์เมอร์เป็นตัวจับเวลาเพื่อกำหนดตำแหน่งสิ้นสุดของการ บันทึก/เล่นกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนของภาคป้องกันการดักฟังสัญญาณเสียง

จะใช้หลักการมอดูเลทสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณแบบเอฟเอ็ม (Frequency modulation) และจะส่งสัญญาณเอฟเอ็มผ่านโครงข่ายของระบบโทรศัพท์ เมื่อสัญญาณเอฟเอ็มถึงปลายทางที่ต้องการติดต่อที่เครื่องรับโทรศัพท์ปลายทาง จะทำการดีมอดูเลทสัญญาณเอฟเอ็มให้กลับมาเป็นสัญญาณเสียง การมอดูเลทจะใช้ไอซีเบอร์ XR2206 เป็นตัวมอดูเลท ส่วนการดีมอดูเลทจะใช้วงจรดิสคริมิเนตความถี่(Frequency discriminator)

3.3.1การคำนวณและการสร้าง

สัญญาณ FMที่ส่งเข้าไปในสายโทรศัพท์ ซึ่งใช้คลื่นพาห์ ที่ 3 กิโลเฮิร์ตซมา มอดูเลทกับสัญญาณอินพุทโดยใช้ไอซีเบอร์ XR 2206 จะได้สัญญาณ เอฟเอ็มออกมา ซึ่งสัญญาณที่ได้จากการ มอดูเลท นี้จะสามารถป้องกันการดักฟังได้ ส่วนด้านรับฟัง สัญญาณเอฟเอ็มที่ได้นำมาทำการดีมอดูเลทแบบ ฟรีเควนซีดิสคริมิเนชั่น(Frequency discrimination) โดยผ่านเข้าวงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์(Differentiator) จะได้สัญญาณเอฟเอ็มที่มีลักษณะเป็นสัญญาณเอเอ็ม โดยมีเอนเวโลปปรากฏ ซึ่งสามารถใช้วงจรเอนเวโลป ดีเทคชัน ซึ่งประกอบด้วยไดโอด และวงจรกรองความถี่ต่ำ ในส่วนของวงจรกรองความถี่ต่ำ จะเป็นแบบ Second order low pass butter worth VCVS filter โดยใช้ IC เบอร์ 741

ส่วนวงจรเอฟเอ็มมอดูเลเตอร์

หลักการออกแบบ

สูตร $$f_o = \frac{1}{RC} \text{ Hz}$$

ใช้ความถี่ที่ 2 กิโลเฮิร์ตซ กำหนดค่า C = 0.1μF

$$2\text{ kHz} = \frac{1}{(0.1\mu F)R}$$

$$\therefore \quad R = 5\text{ k}\Omega$$

การสร้างวงจรเอฟเอ็มมอดูเลเตอร์ จะใช้ไอซีเบอร์ XR2206 โดยนำวงจรการใช้งานแบบกวาดความถี่ของไอซีเบอร์ XR2206 มาประยุกต์

ในไอซีเบอร์ XR2206 ความถี่ของการเกิดออสซิลเลทเป็นสัดส่วนกับกระแสไทม์มิ่งทั้งหมด (I_T) โดยคำนวณจาก

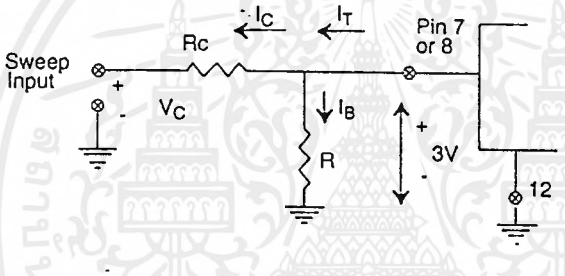
$$f = \frac{320 I_T(mA)}{C(\mu F)} Hz$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ไทม์มิ่งเทอร์มินอล (Timing Terminal) ที่ขา 7 หรือ 8 จะมีค่าอิมพิแดนซ์ต่ำ (Impedance) และได้รับการไบอัสภายในที่ +3 โวลท์ เมื่อเทียบกับขา 12 ความถี่จะเปลี่ยนแปลงอย่างลิเนียร์ (Linear) กับกระแสไทม์มิ่งทั้งหมด (I_T) โดยมีช่องกระแสที่กว้างจาก 1 ไมโครแอมป์ถึง 3 มิลลิแอมป์ ความถี่ถูกควบคุมโดยการป้อนแรงดันควบคุม V_C กระตุ้นไปยังขาไทม์มิ่งที่ได้รับในรูปที่ 3.7 ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ (OSC)จะมีความสัมพันธ์กับ V_C คือ

$$f = \frac{1}{RC}(1+\frac{R}{R_0}(1-\frac{V_C}{3}))Hz$$

V_C อยู่ในหน่วยแรงดัน โวลท์ (Volt)



รูปที่ 3.6 การต่อวงจรเพื่อการใช้งานไอซีเบอร์ XR2206 แบบวงจรกวาดความ

K โวลเตจทูฟรีเควนซีคอนเวอร์ชั่นเกน (Voltage To Frequency Conversion Gain) หาได้จาก

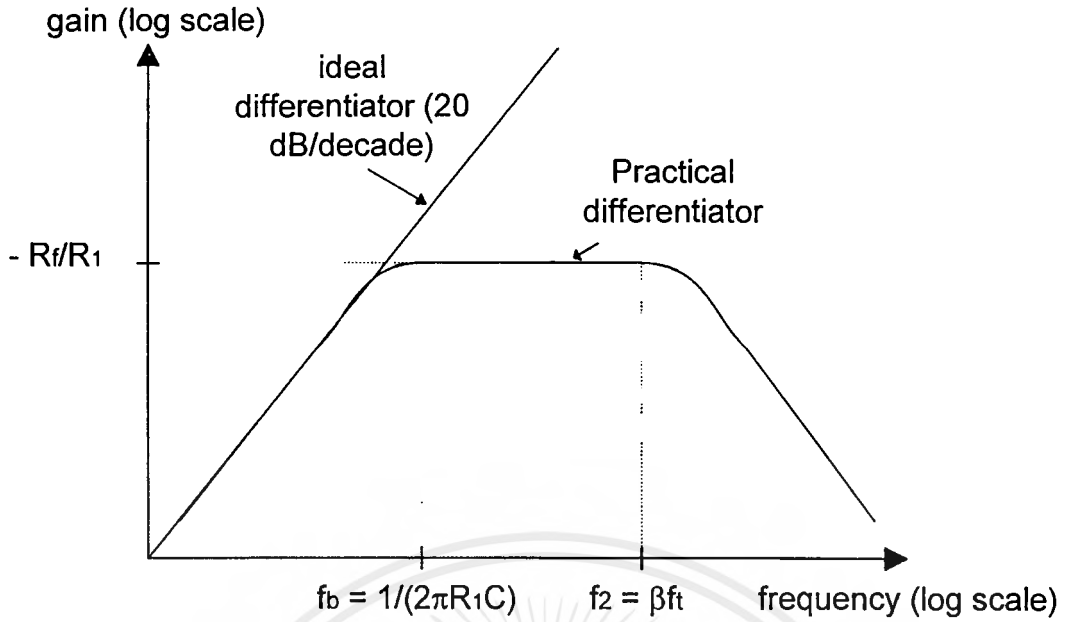
$$K = -\frac{0.32}{R_C C} Hz/V$$

ส่วนวงจร เอฟเอ็มดีมอดูเลเตอร์

หลักการออกแบบ

ส่วนวงจรดิฟเฟอร์เรนทิเอเตอร์(Differentiator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 โบดพล็อตของวงจรดิฟเฟอร์เรนทิเอเตอร์ในอุดมคติและในทางปฏิบัติ

การออกแบบวงจรดิฟเฟอร์เรนทิเอเตอร์ในทางปฏิบัติ จะให้ Break Frequency (fb) หรือความถี่ตัดมากกว่าความถี่สูงสุดที่ต้องการ. จะทำให้วงจรดิฟเฟอร์เรนทิเอเตอร์มีการดิฟที่มีความถูกต้องตามการออกแบบ

$$fb >> fh$$

ต้องการให้วงจร Differentiator ทำงานที่มีความถี่สูงสุดประมาณ 4 kHz

กำหนดให้ fb = 20 kHz

C = 0.1 μF

สามารถคำนวณ R_1 ได้จาก

$$fb = \frac{1}{2\pi R_1 C}$$

R1= 1/[(2π)(20kHz)(10E-7)] = 79.57 Ω ≅ 80Ω

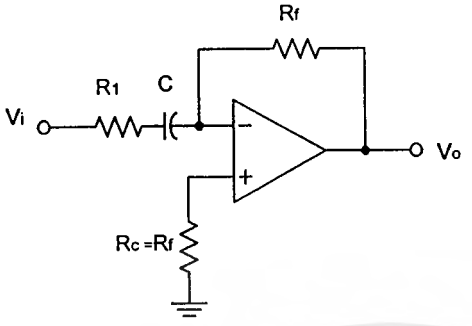
ให้วงจรมีอัตราการขยายเท่ากับ 1 ที่ความถี่ 1 kHz จะหา R_f ได้จาก

$$|Vo/Vi| = 1 = \omega R_f C$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R_f = $1/[(2\pi)(1kHz)(10E-7)$ = $1591\Omega \cong 1.6k\Omega$

โดยจะมีวงจรดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วงจรดิฟเฟอร์เรนทิเอเตอร์ในทางปฏิบัติ

Second -order low pass Butterworth VCVS filter

สูตร $K = 10^{-4}/fc$

$R_1 = 1.422K$

$R_2 = 5.399K$

$R_3 = \infty$ (open)

$R_4 = 0$

$C_1 = 0.33C$

ใช้ความถี่ที่ 1 กิโลเฮิร์ตซ กำหนดค่า $C = 0.1\ \mu F$

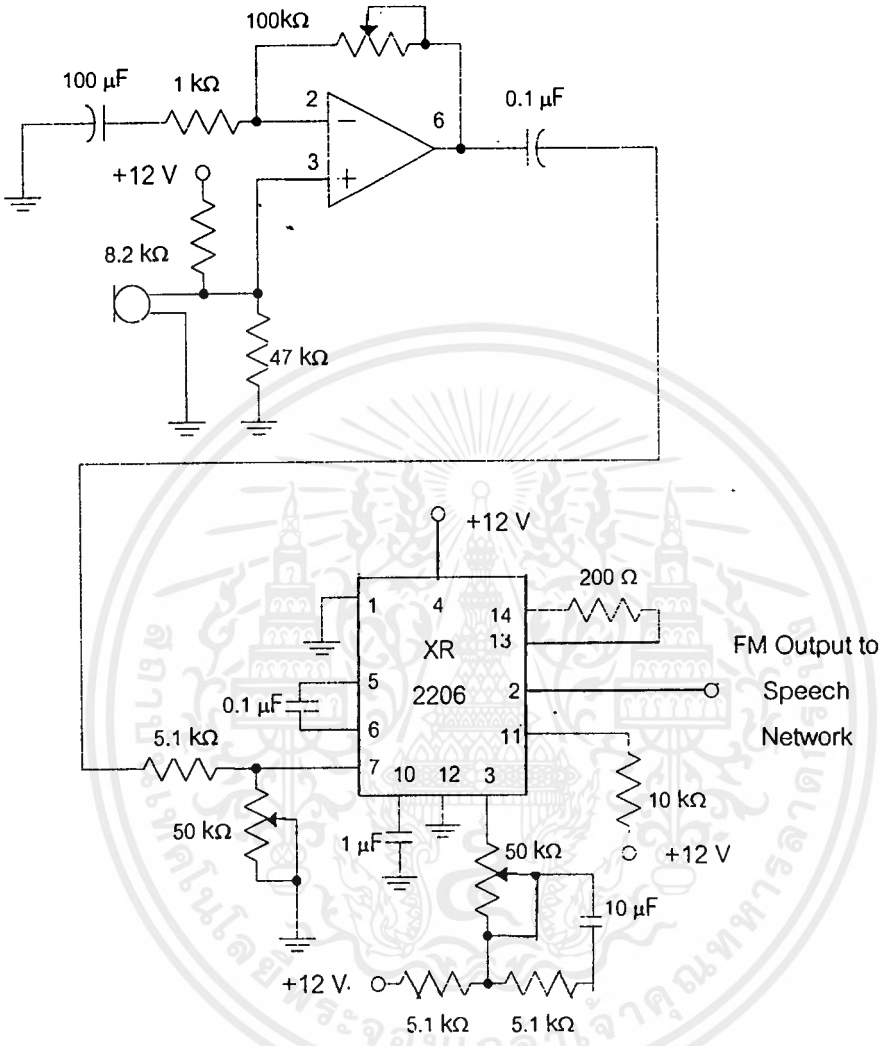
$\therefore \quad K = 0.833$

จะได้ $R_1 = 1.422(0.833) = 1.184k\,\Omega$

$R_2 = 5.399(0.833) = 4.497k\,\Omega$

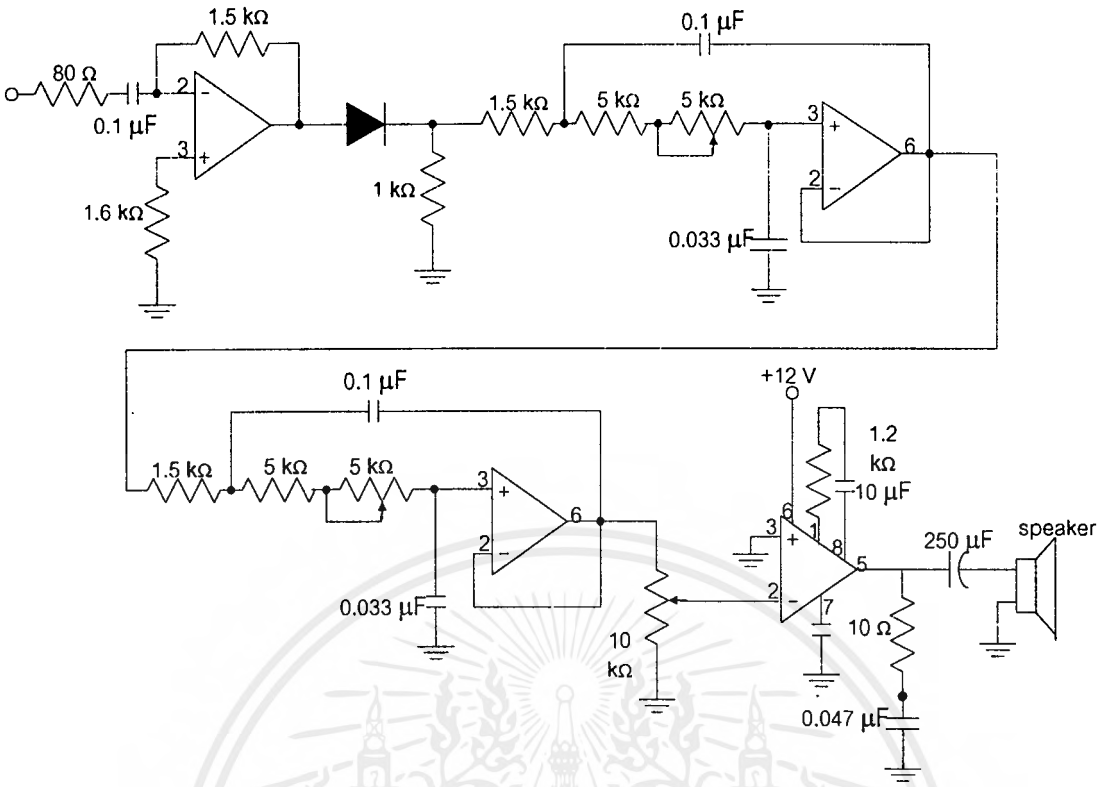
วงจรเอฟเอ็ม มอดูเลเตอร์ และวงจรดีมอดูเลเตอร์ที่ใช้ในโครงงานจะเป็นดังรูปที่ 3.9และ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรเอฟเอ็มมอดูเลเตอร์

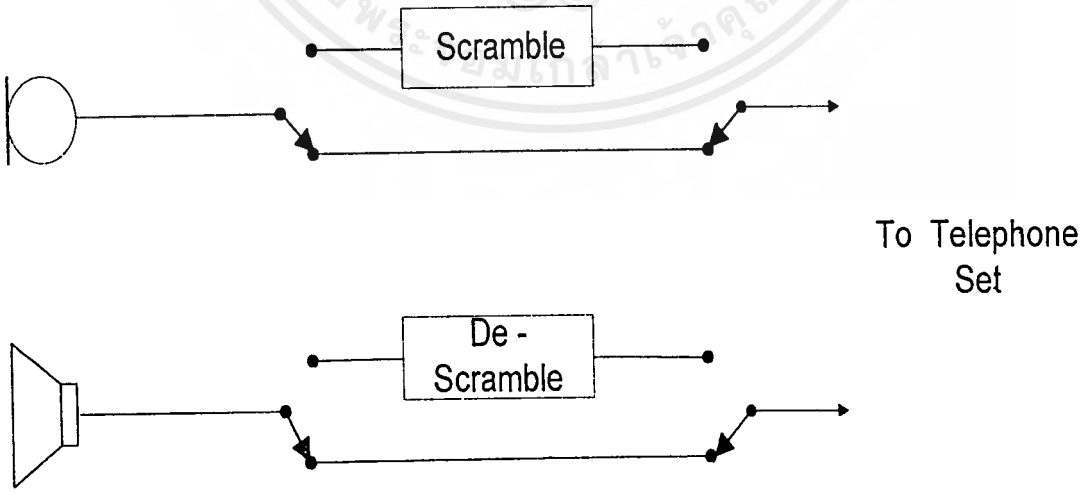
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 วงจร เอฟเอ็มดีมอดูเลเตอร์

3.4 ส่วนตัดต่อสัญญาณเข้ากับเครื่องโทรศัพท์

การต่อภาคป้องกันการดักฟังเข้ากับตัวเครื่องโทรศัพท์นั้นจะใช้รีเลย์เป็นตัวตัดต่อดังวงจรรูปที่3.11 เพื่อที่จะได้สามารถทำการเลือกใช้งานในโหมดโทรศัพท์ธรรมดาได้

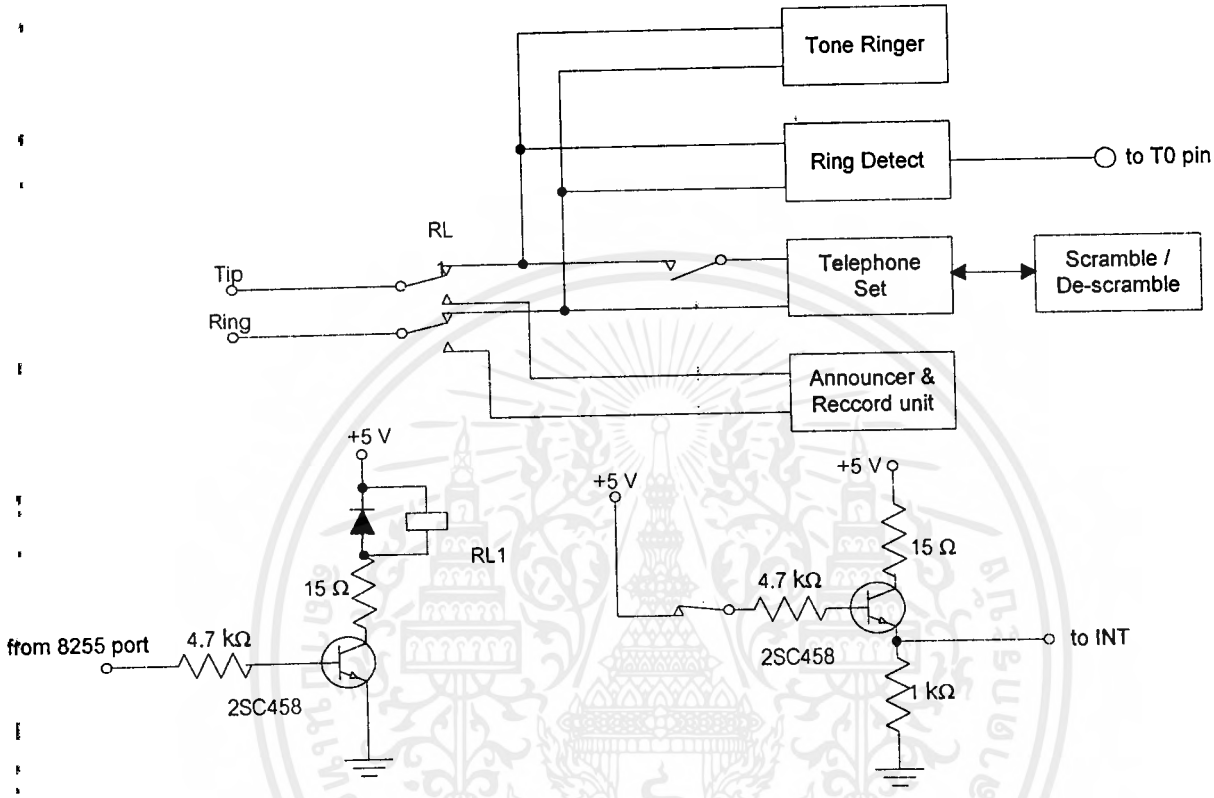


รูปที่ 3.11 แสดงการต่อส่วนป้องกันการดักฟังเข้ากับเครื่องโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 แผนผังแสดงส่วนประกอบของเครื่องโทรศัพท์ป้องกันการดักฟังและตอบรับอัตโนมัติ

รูปที่ 3.12 แสดงการต่อภาคต่างๆทั้งหมดเข้าด้วยกันเป็นโครงงานเครื่องโทรศัพท์ป้องกันการดักฟังและตอบรับอัตโนมัติ



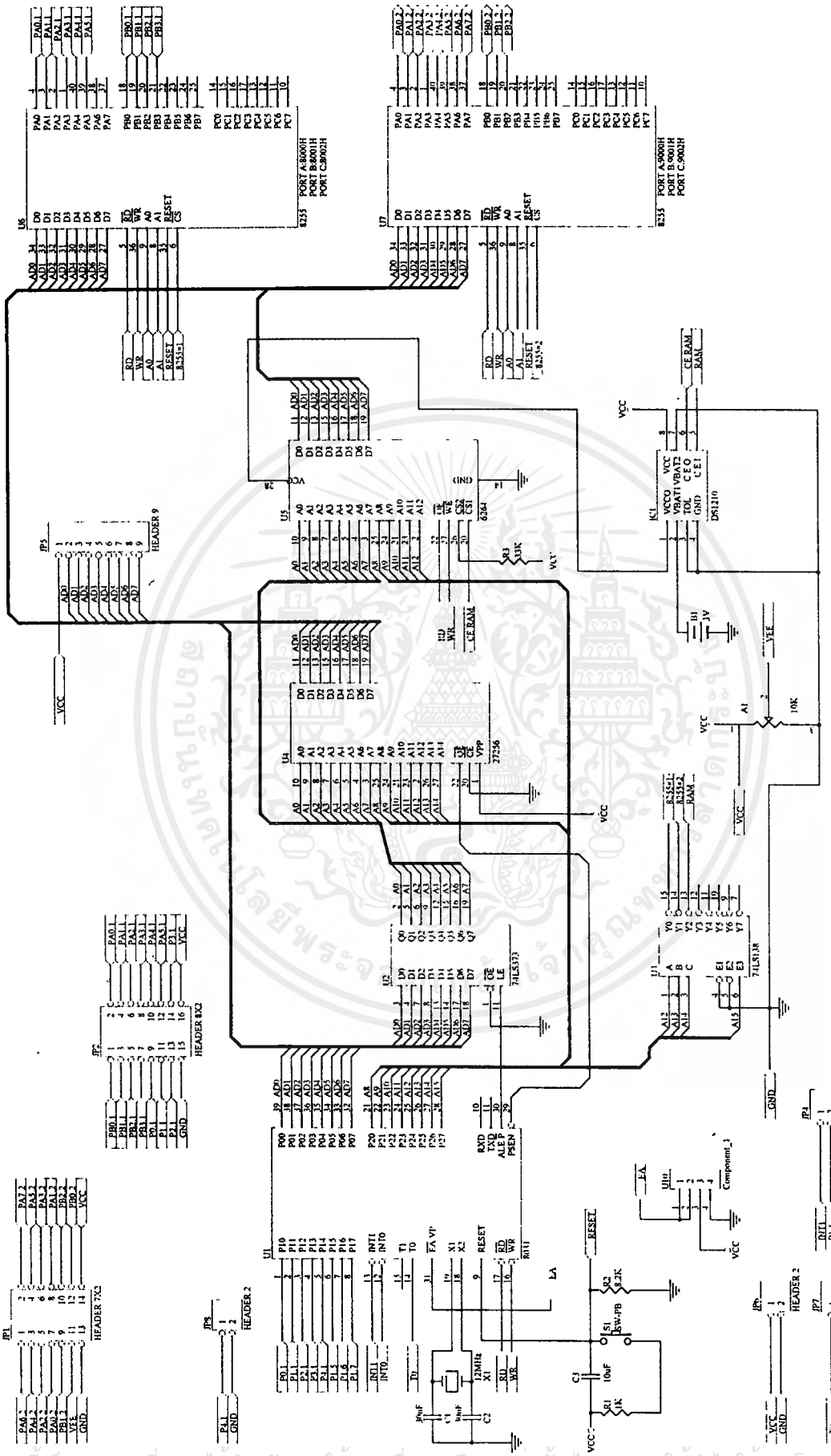
รูปที่ 3.12 แสดงส่วนประกอบของเครื่องโทรศัพท์ป้องกันการดักฟังและตอบรับอัตโนมัติ

3.6ส่วนของชุดคอนโทรลเลอร์

ใช้เพื่อทำการควบคุมลำดับขั้นตอนการทำงานของทั้ง 3 ส่วนข้างต้น ให้มีการทำงานที่สัมพันธ์กัน ชุดคอนโทรลเลอร์จะใช้ CPU ตระกูล MCS-51

วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงานจะเป็นดังรูปที่3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

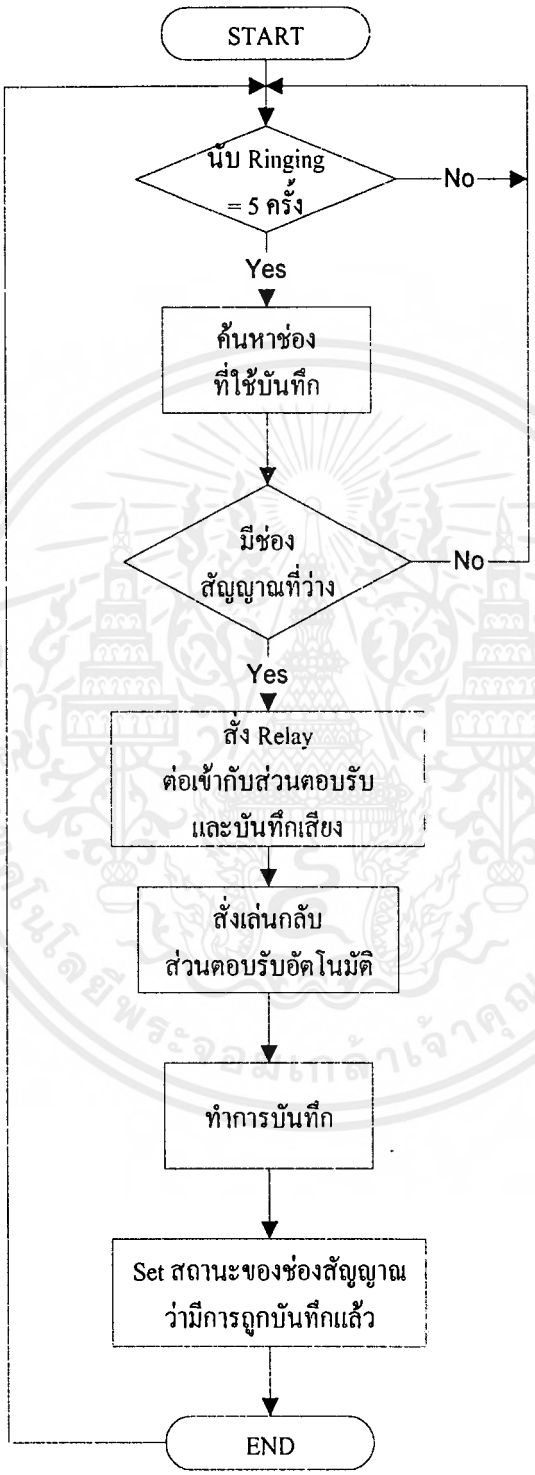


รูปที่ 3.13 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

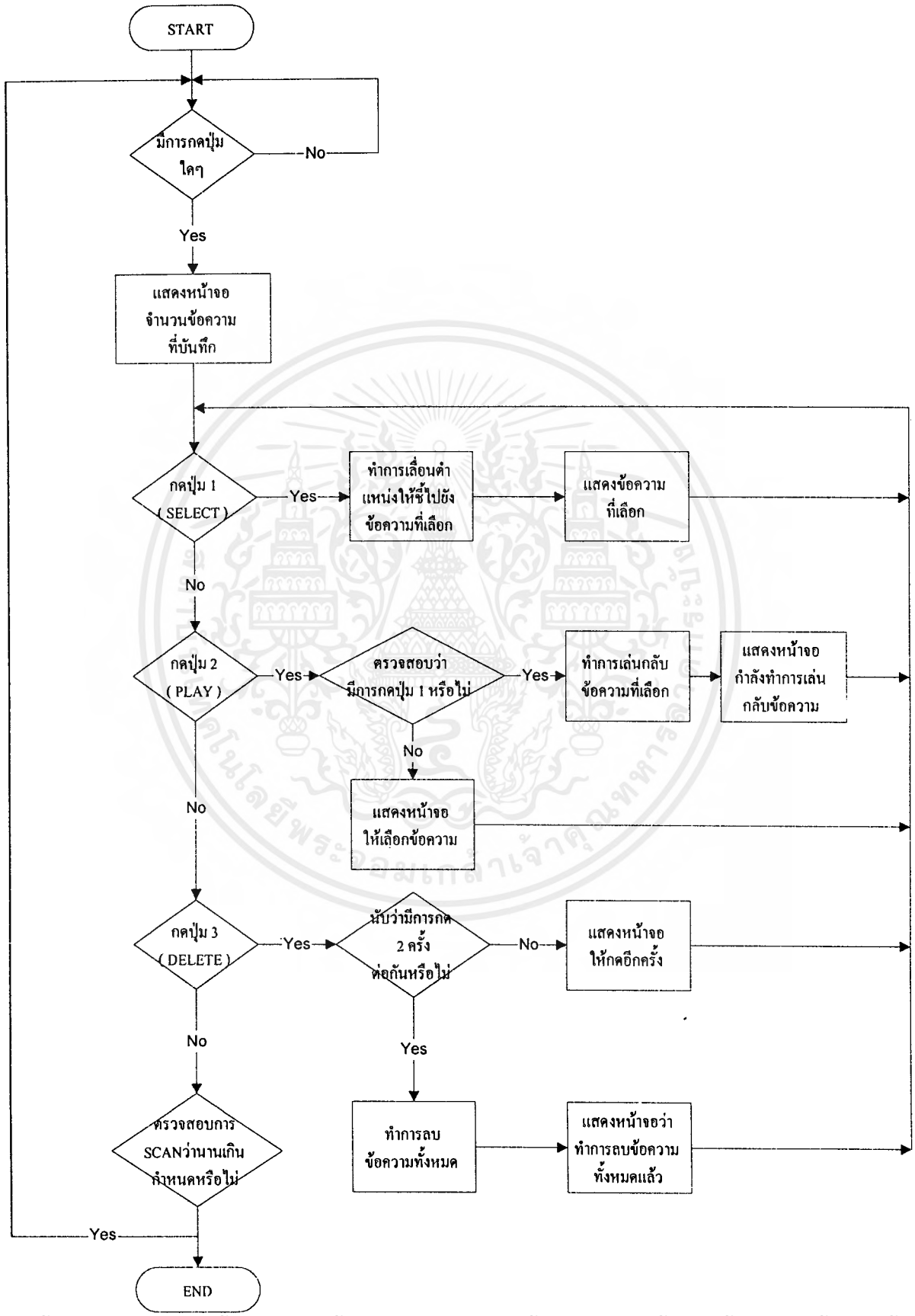
แผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

1. แผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในรอบการบันทึกข้อความ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในรอบการเล่นกลับและแสดงผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

วงจรที่สร้างขึ้นและใช้ทดลองนั้นจะมี 3 วงจร คือ

- ชุดโทรศัพท์ (Telephone Set)
- ส่วนบันทึกข้อความ
- ส่วนป้องกันการดักฟัง
- ส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง
- โปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

4.1 การทดลองชุดเครื่องโทรศัพท์

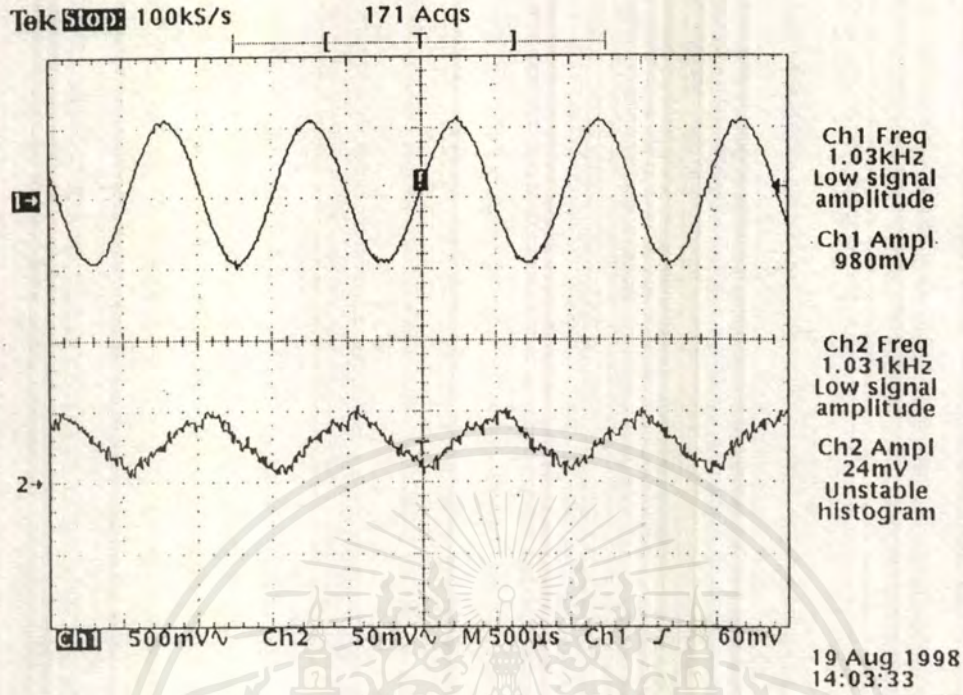
4.1.1 การทดลองวงจรเสียงพูด (Speech Network)

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูป 2.11 ซึ่งเป็นวงจรเสียงพูดที่สำหรับส่งและรับเสียงพูด
2. ในการทดลองจะใช้แหล่งจ่ายไฟตรงขนาด 12 V ป้อนเข้าที่วงจรบริดจ์ ซึ่งสภาวะนี้จะเหมือนกับสภาวะที่เครื่องโทรศัพท์อยู่ในสภาววะยกหูซึ่งโดยปกติจะมีแรงดันที่ขั้วทิปริงที่ส่งมาจากชุมสายโทรศัพท์ 12 V สภาวะนี้จะเป็นสภาวะที่พร้อมสำหรับทำการรับส่งสัญญาณเสียง
3. ทำการป้อนสัญญาณไซน์เวฟความถี่ต่างๆที่ตำแหน่งที่เป็นไมโครโฟนอินพุทของวงจรเสียงพูด (ขา 6, 7 ของไอซี MC 34114) แล้วทำการวัดสัญญาณเอาท์พุทที่ออกจากวงจรเสียงพูดที่ขา1 และจะใช้สัญญาณที่มีขนาด 1 V_{p-p}
4. สัญญาณอินพุทที่ความถี่ 1000 Hz จะได้สัญญาณเอาท์พุทดังรูปที่ 4.1
5. ทำการเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณอินพุทจากความถี่ 100 Hz จนถึง 10,000 Hz จะได้ขนาดของสัญญาณเอาท์พุทที่ความถี่ต่างๆดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

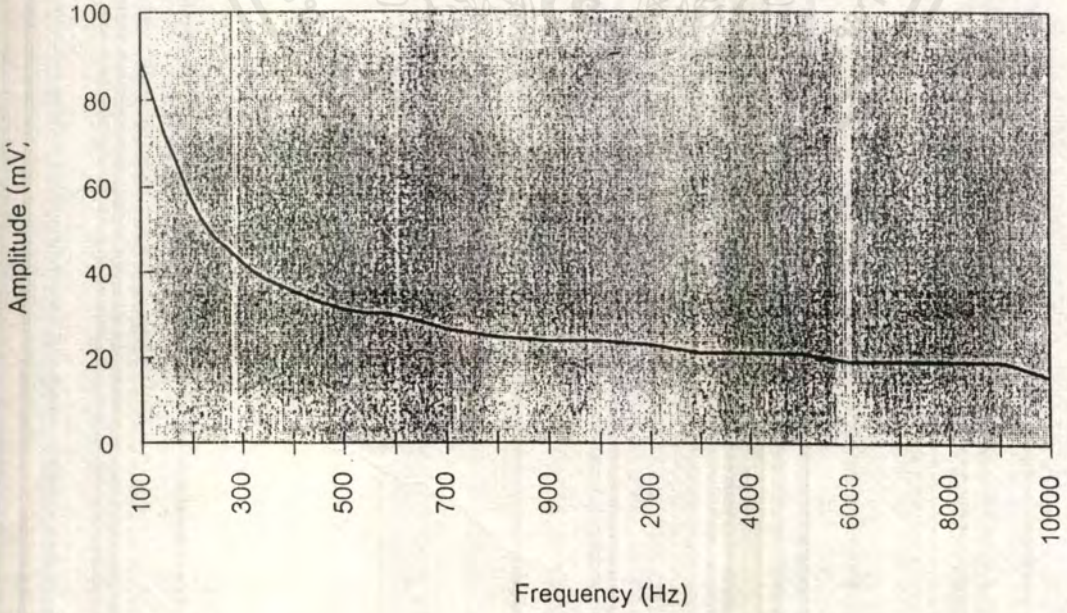
ผลการทดลอง



Ch1 : สัญญาณอินพุทที่ป้อนเข้าที่ขา 6 ของMC34114

Ch2: สัญญาณเอาท์พุทที่วัดที่ขา 1 ของMC34114

รูปที่ 4.1 เอาพุทของวงจรเสียงพูดเมื่อป้อนคลื่นซายน์ความถี่ 1 kHz

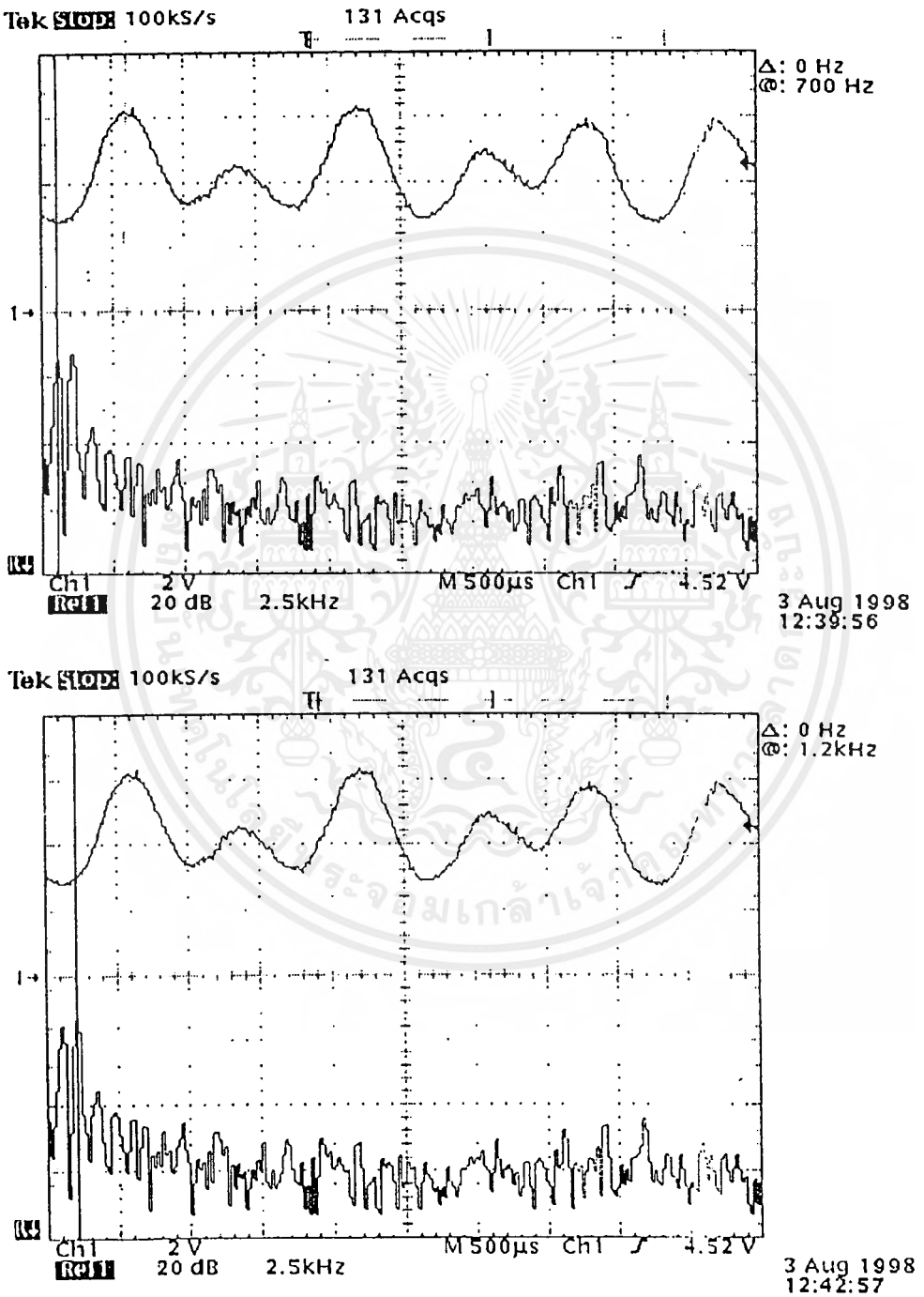


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงคุณสมบัติของวงจรเสียงพูดที่ความถี่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การทดลองวงจรไดอัลเลอร์

วงจรไดอัลเลอร์จะใช้ไอซีเบอร์ MC145412 ใช้ร่วมกับวงจรเสียงพูด ทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.4 การทดลองจะใช้การป้อนแรงดันไฟตรงเข้าที่วงจรบริดจ์ และทดลองกดปุ่มหมายเลข 1 จะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.3



Ch1:สัญญาณความถี่คู่ที่ได้จากการกดหมายเลข 1

Ref:สเปคตรัมของสัญญาณความถี่คู่ที่ได้จากการกดหมายเลข 1

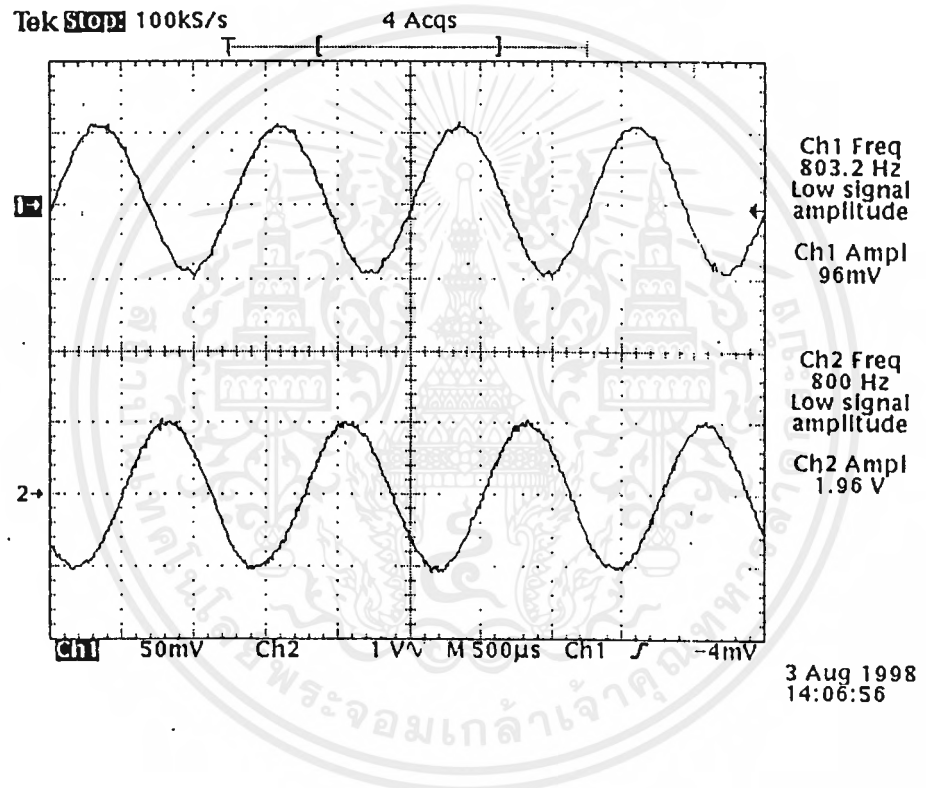
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณความถี่DTMFของหมายเลขหนึ่งจากวงจรไดอัลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองส่วนบันทึกข้อความ

ทำการต่อวงจรของส่วนบันทึกข้อความตามรูปที่ 3.5แล้วให้การทำงานของวงจรอยู่ในโหมดบันทึกในการบันทึก จะใช้สัญญาณซายน์เวฟความถี่ 800 Hzขนาด 100 mV_{p-p} เป็นสัญญาณที่นำมาทำการบันทึก

การป้อนสัญญาณจะป้อนเข้าตรงตำแหน่งที่เป็นไมโครโฟนหรือขา 17 และ 18 ของไอซี ISD2590 เมื่อบันทึกเสร็จแล้วทำการเปลี่ยนโหมดเป็นโหมดเล่นกลับ จากนั้นให้วงจรบันทึกเสียงทำการเล่นกลับสัญญาณความถี่ 800 Hz ที่บันทึกเข้าไป กลับออกมา ผลการทดลองตามรูปที่ 4.4



Ch1 : สัญญาณอินพุทไซน์เวฟ 800 Hzที่ใช้ทำการบันทึก

Ch 2 : สัญญาณเอาท์พุทมื่อทำการเล่นกลับ

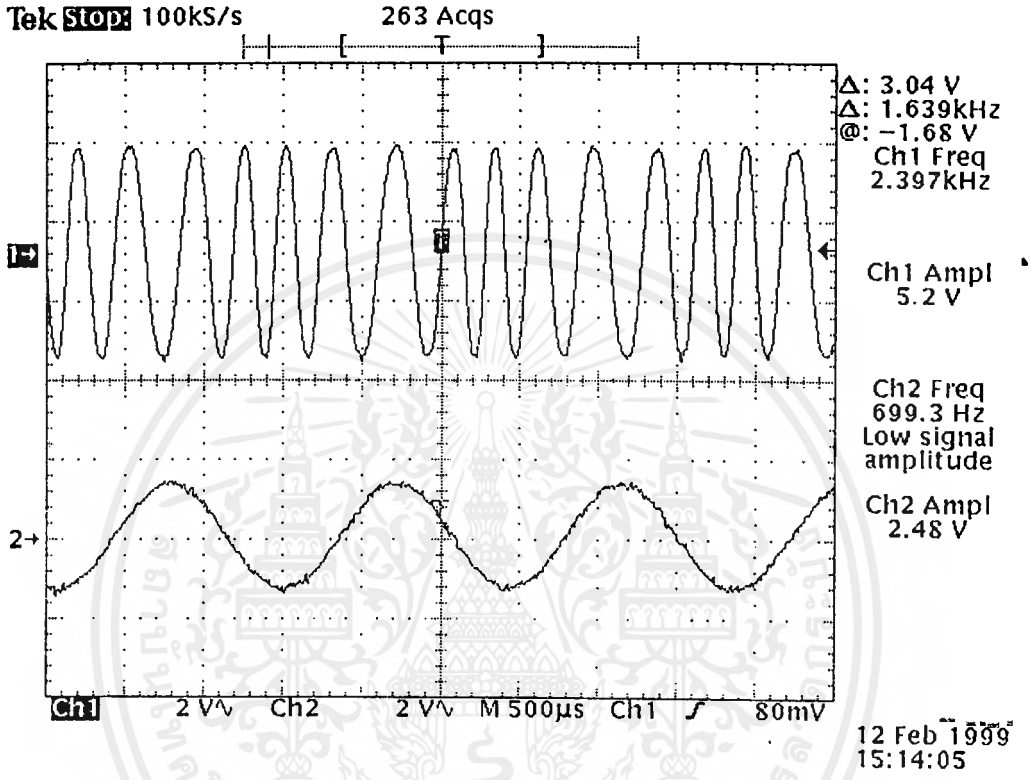
รูปที่ 4.4 ผลการทดลองการบันทึกสัญญาณซายน์เวฟความถี่ 800 Hz เทียบกับสัญญาณที่ทำการเล่นกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองส่วนป้องกันการดักฟัง

4.3.1 ส่วนมอดูเลท

- ป้อนสัญญาณอินพุทซายน์เวฟความถี่ 700Hz เพื่อทำการมอดูเลทกับคลื่นพาห์ความถี่ 3kHz เพื่อให้ได้เป็นสัญญาณเอฟเอ็ม ดังรูปที่ 4.5



Ch 1 :สัญญาณเอาท์พุทที่เป็นเอฟเอ็ม

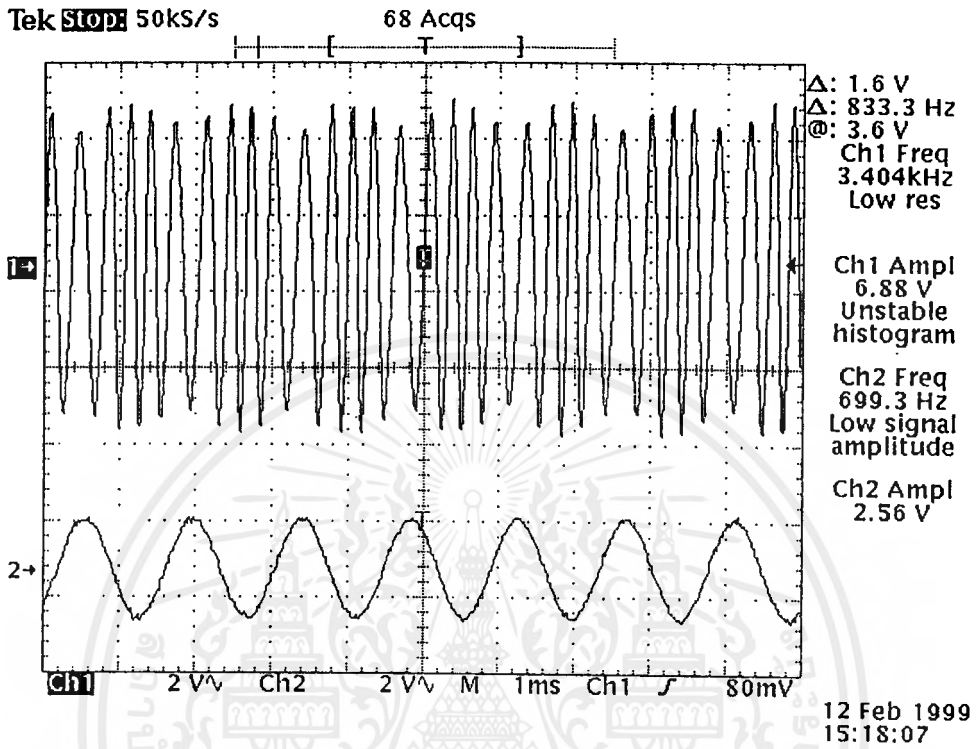
Ch 2:สัญญาณอินพุทที่นำมามอดูเลทกับคลื่นพาห์

รูปที่ 4.5 สัญญาณเอฟเอ็มที่มอดูเลทด้วยความถี่ 700Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ส่วนดีมอดูเลท

- ป้อนสัญญาณเอฟเอ็มเข้าที่อินพุทของวงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์จะได้สัญญาณเอาท์พุทที่มีลักษณะเป็นสัญญาณเอเอ็มปรากฏให้เห็นเป็นเอนเวโลป ดังรูปที่ 4.6



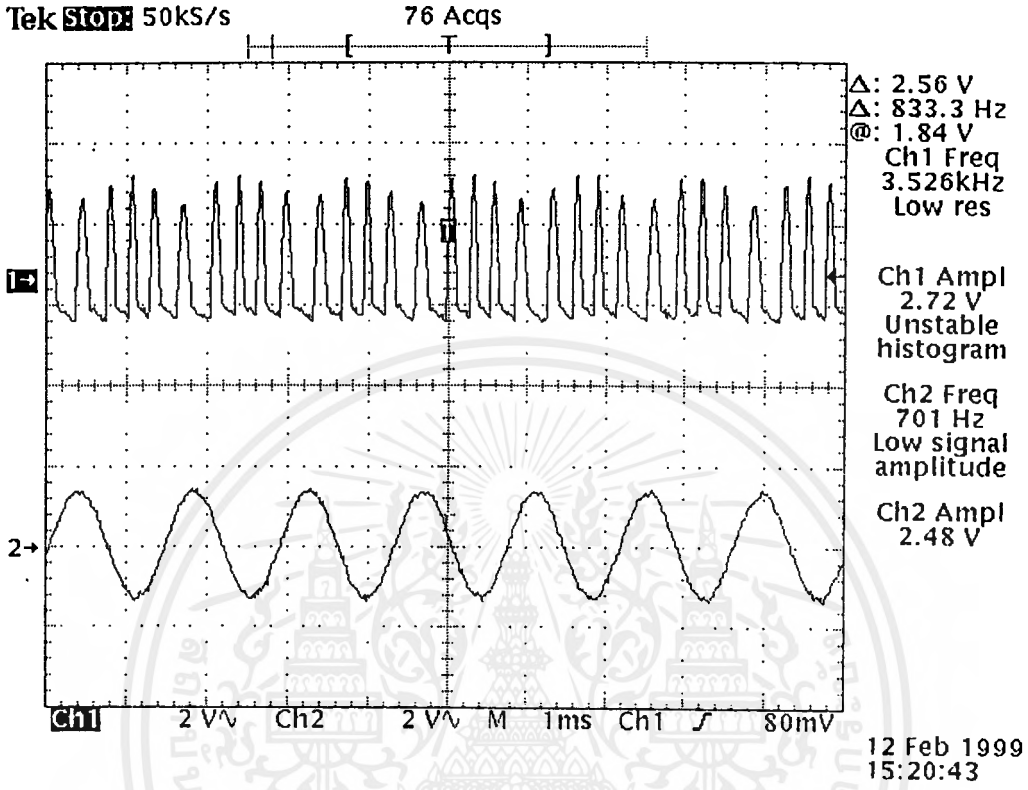
Ch 1:สัญญาณเอาท์พุทจากวงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์

Ch 2:สัญญาณอินพุทที่นำมามอดูเลท

รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาท์พุทจากวงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์และสัญญาณอินพุทที่นำมามอดูเลท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำสัญญาณที่ได้จากวงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์มาผ่านไอโอดเพื่อตัดรูปคลื่นให้เหลือเพียงซีกเดียว ซึ่งจะได้ผลดังรูปที่ 4.7



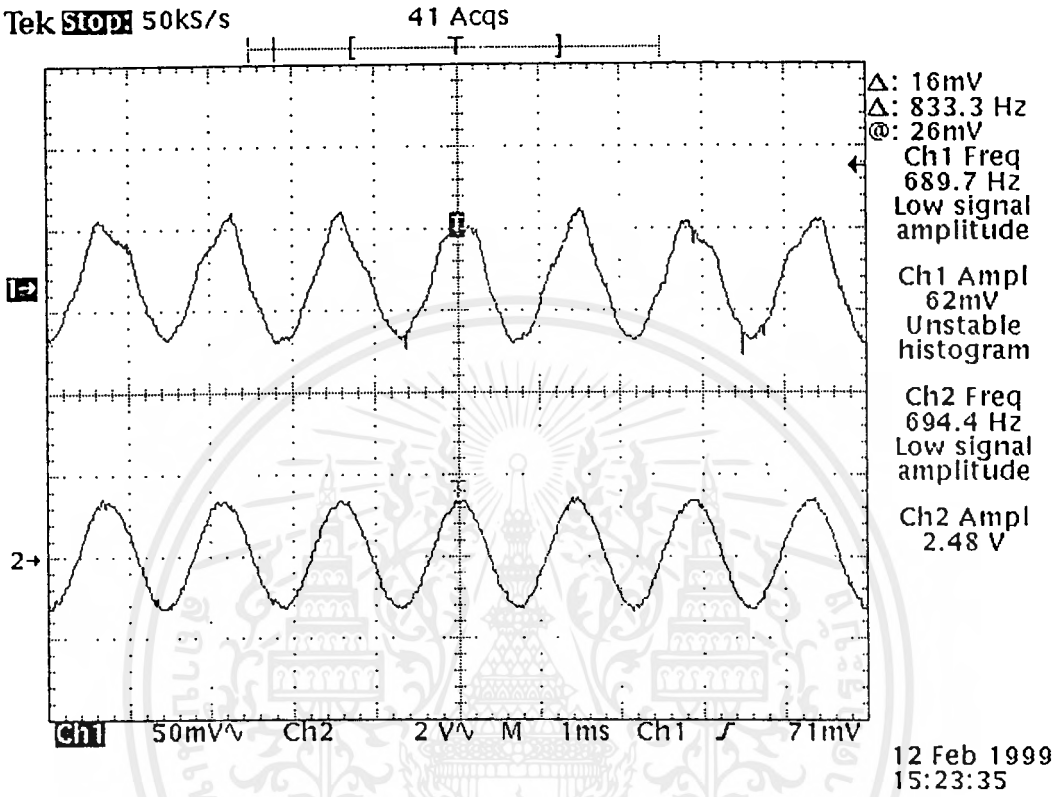
Ch 1:สัญญาณจากวงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์เมื่อนำมาผ่านไดโอดดีเทกเตอร์

Ch 2:สัญญาณอินพุทที่นำมาอดูเลท

รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาท์พุทจากไดโอดดีเทกเตอร์และสัญญาณอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากนั้นนำสัญญาณที่ได้จากไดโอดดีเทคชั่นมาผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ เพื่อกรองความถี่คลื่นพาห์ออกก็จะได้สัญญาณที่นำมามอดูเลทความถี่ 700Hz กลับคืนมาดังรูปที่ 4.8



Ch 1: สัญญาณเอาท์พุทจากวงจรดีมอดูเลท

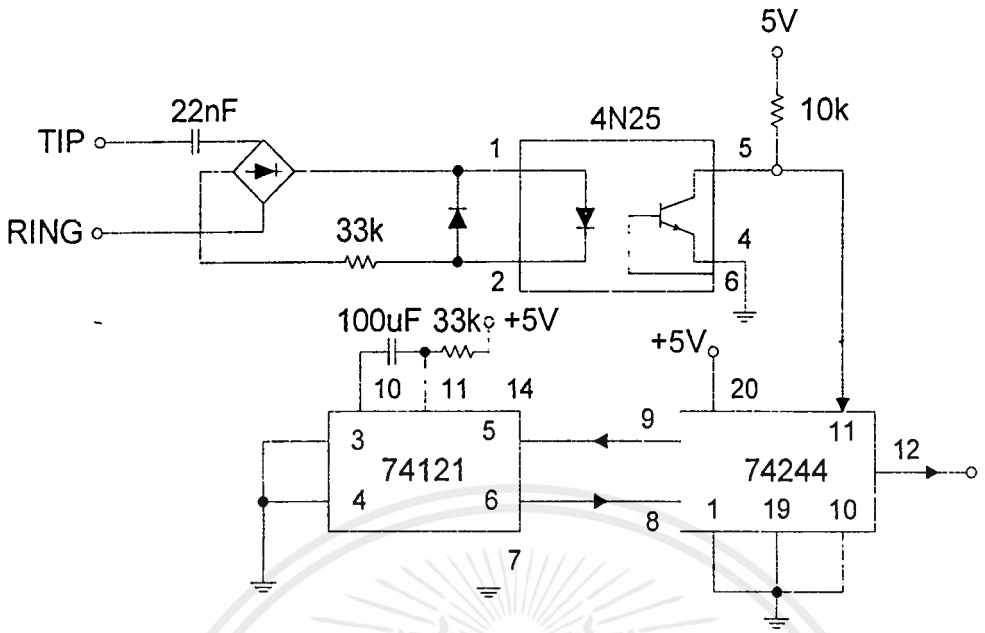
Ch 2: สัญญาณอินพุทที่นำมามอดูเลท

รูปที่ 4.8 สัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากการดีมอดูเลทเทียบกับสัญญาณอินพุทที่นำมามอดูเลท

4.4 ส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

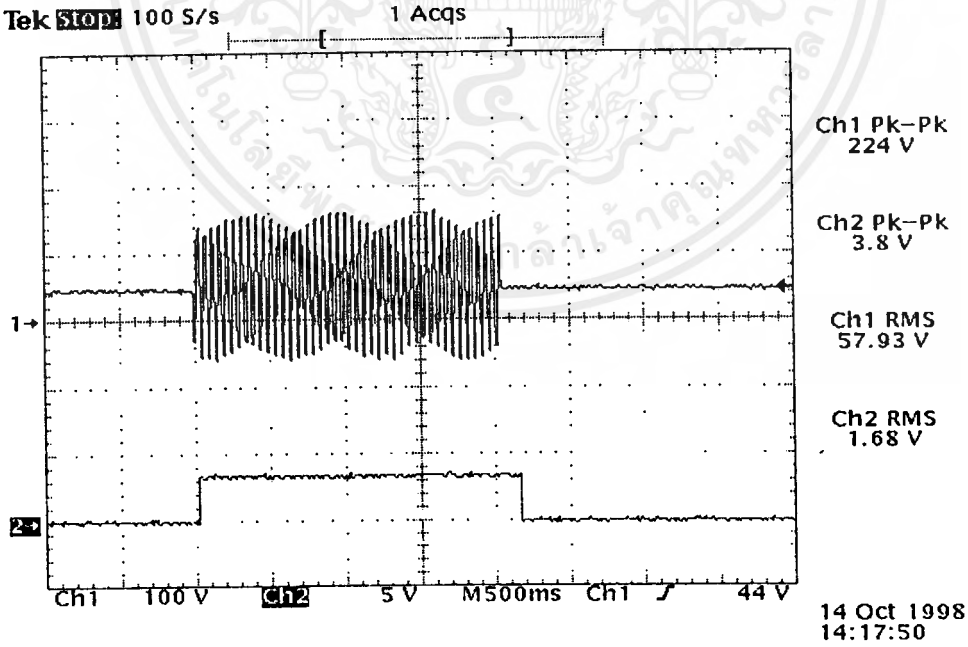
ทำการต่อวงจรตามรูปที่ 4.9 เข้ากับขั้ว Tip Ring ของเครื่องโทรศัพท์แล้วทำการเรียกเข้า แล้ววัดสัญญาณเอาท์พุทของวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งเทียบกับสัญญาณกระดิ่งจะได้ผลดังรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

ผลการทดลองของวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง



Ch1: สัญญาณกระดิ่ง

Ch2:สัญญาณจากเอาท์พุทของวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

รูปที่ 4.10 สัญญาณจากเอาท์พุทจากวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและสัญญาณกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

5.1 บทวิจารณ์

เครื่องรับโทรศัพท์ชุดนี้ มีการกำเนิดสัญญาณแบบโทน สามารถทำการบันทึกข้อความได้ถึง 9 ข้อความโดยในแต่ละข้อความนาน 30 วินาที เบอร์ ไอซี ISD2590 มีคุณลักษณะพิเศษคือ ออกแบบง่าย การต่อวงจรไม่ซับซ้อนยุ่งยาก และยังสามารถป้องกันการดักฟังสัญญาณได้โดยการเข้ารหัสแบบเอฟเอ็ม (Frequency Modulator) ใช้ IC เบอร์ XR2206 ซึ่งมีความเสถียรภาพสูง การถอดรหัสสัญญาณใช้วงจรดิสคริมิเนตความถี่ (Frequency discriminator) ซึ่ง การออกแบบวงจรง่าย ใช้อุปกรณ์น้อย

แนวทางการพัฒนา

สามารถเพิ่มจำนวนการบันทึกข้อความได้โดยการปรับปรุงส่วนของซอร์ฟแวร์และฮาร์ดแวร์ของส่วนการบันทึกเสียง โดยการเพิ่มจำนวนไอซี ISD2590มาต่อคาสเคดกันโดยตรง และส่วนของฮาร์ดแวร์ที่จะต้องสร้างเพิ่มเติมคือ ส่วนถอดรหัสความถี่คู่ (DTMF-Decoder) ส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง(Ringing Detector) และจะต้องสร้างส่วนตอบรับที่ใช้ทำหน้าที่เป็นโอเปอเรเตอร์ไว้ต่างหาก โดยไม่ต้องอาศัยพื้นที่ในหน่วยความจำของส่วนบันทึกเสียง ส่วนของซอร์ฟแวร์ที่ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องพัฒนาให้มีความเชื่อถือสูง การกำจัดสัญญาณเสียงแทรกในส่วนการถอดรหัสสัญญาณของส่วนป้องกันการดักฟังสัญญาณเสียง วงจรฟิลเตอร์ควรพัฒนาให้มีคุณภาพที่ดีต่อไป ในการเข้ารหัสอาจทำการบีบสเปคตรัมสัญญาณที่จะนำมาทำการเข้ารหัสก่อน หรืออาจใช้วิธีการเข้ารหัสแบบดิจิตอล

5.2 บทสรุป

ในส่วนของเครื่องรับโทรศัพท์ ส่วนประกอบต่างๆที่สำคัญจะใช้ ไอซีสำเร็จรูป การทดลองได้แยกเป็นส่วนต่างๆได้ 3 ส่วนที่สำคัญคือ ส่วน วงจรเสียงพูด,วงจรกำเนิดสัญญาณเลขหมาย และ วงจรกระดิ่ง นำส่วนต่าง ๆ มาประกอบกันได้เป็นเครื่องรับโทรศัพท์ ซึ่งนำมาใช้ร่วมกับส่วนป้องกันการดักฟังสัญญาณเสียง จึงให้มีการกำเนิดสัญญาณแบบโทน

ส่วนการบันทึกเสียง ใช้ ไอซีเบอร์ ISD2590ซึ่งนำมาต่อคาสเคดกัน 3 ตัวสามารถบันทึกข้อความได้ 9ข้อความ แต่ละข้อความนาน 30 วินาที

ส่วนการป้องกันการดักฟังสัญญาณเสียง เข้ารหัสสัญญาณแบบเอฟเอ็ม (Frequency Modulator) การถอดรหัสสัญญาณใช้วงจรดิสคริมิเนตความถี่ (Frequency discriminator) ซึ่งเกิดสัญญาณเสียงรบกวนบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือของบุคคลต่างๆจึงขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

- นายเกียรติโรจน์ ตันติมาลา
- นายธรรมนูญ ยะไชยศรี
- นางสาวพนิดา ศรีไพรสนธิ์
- นางสาวพรพรรณ เกรียงเกษม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

ฉัฐมา สืบพงษ์พันธ์ และ ปวีณ อุดสาห . เครื่องเตือนการเรียกโทรศัพท์ . กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2540.

นิธิ ใจแก้ว . เครื่องโทรศัพท์ . กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2537.

วิวัฒน์ กิรานนท์ . วิศวกรรมสื่อสาร . กรุงเทพมหานคร : อักษรสยามการพิมพ์,2540.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

```
PORTA    EQU    9000H          ;LCD DATA (PA0-PA7)
PORTB    EQU    9001H          ;LCD CONTROL (PB0-PB2)
                               ;PB0 -> RS
                               ;PB1 -> R/W
                               ;PB2 -> E
PORTP    EQU    9003H          ;8255 CONTROL PORT

;******  PROGRAM ******

            ORG 0000H
            SJMP INI

            ORG 0003H
            LJMP INT

            ORG 0013H
            LJMP FINI

;***** INITIAL *****

INI:        MOV R1,#00H
            MOV SP,#10H
            MOV R0,#09H
            MOV DPTR,#0A010H
            MOV A,#00H
STA:        INC DPTR
            MOVX @DPTR,A
            DJNZ R0,STA

            MOV DPTR,#8003H        ;INITIALIZE  8255
            MOV A,#80H
            MOVX @DPTR,A

            MOV R5,#02H
            LCALL DELAY1

            SETB IE.7
            SETB IE.0
            SETB IE.2

            LCALL LCD

;***** RINGING COUNTER *****

COUNT:      MOV TMOD,#16H          ;COUNTER0 ,MODE2 ,GATE=0
            MOV TH0,#0FBH
            MOV TL0,#0FBH

MAIN:       SETB TR0
LOOP:       JNB TF0,LOOP
            CLR TR0
            CLR TF0

            LCALL SEA
            SETB P1.4
            LCALL PBA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            MOV R5,#49H
            LCALL DELAY1

            ACALL REC

            SJMP MAIN

;***** SEARCH *****

SEA:        MOV DPTR,#0A010H
            MOV R0,#00H
FIN:        INC DPTR
            INC R0
            MOVX A,@DPTR
            CJNE A,#00H,CHECK
            MOV 08H,DPL
            MOV 09H,DPH
            RET
CHECK:      CJNE R0,#09H,FIN
            SJMP MAIN

;***** PLAYBACK ANNOUNCER *****

PBA:        MOV DPTR,#8000H
            MOV A,#20H
            MOVX @DPTR,A            ;SET P/R & ADDRESS

            MOV R5,#01H
            LCALL DELAY1

            MOV DPTR,#8001H
            MOV A,#0FFH
            MOVX @DPTR,A            ;PD ENABLE (LOW)

            MOV R5,#01H
            LCALL DELAY1

            MOV A,#0F0H
            MOVX @DPTR,A            ;PD ENABLE (LOW)

            MOV R5,#01H
            LCALL DELAY1

            CLR P1.0

            MOV R5,#03H
            LCALL DELAY1

            SETB P1.0

            RET

;***** RECORD *****

REC:        MOV DPTR,#8003H         ;INITIALIZE  8255
            MOV A,#80H
            MOVX @DPTR,A

            MOV R5,#02H
            LCALL DELAY1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DEC R0
                MOV A,R0
                INC R0
                MOV DPTR,#TABLE_REC
                MOVC A,@A+DPTR

                MOV DPTR,#8000H
                MOVX @DPTR,A            ;SET P/R AND ADDRESS

                MOV R5,#03H
                LCALL DELAY1

                MOV DPTR,#8001H
                MOV A,#0FFH
                MOVX @DPTR,A            ;PD ENABLE (HIGH)

                MOV R5,#03H
                LCALL DELAY1

                MOV DPTR,#8001H
                MOV A,#0F0H
                MOVX @DPTR,A            ;PD ENABLE (LOW)

                MOV R5,#03H
                LCALL DELAY1

                SETB P1.1
                SETB P1.2
                SETB P1.3

                LCALL FINCE

                MOV TMOD,#16H           ;INITIALIZE TIMER0
    FIRST:      MOV R5,#0AH             ;WAIT 30 SECOND
    LOOP1:      MOV R4,#64H
    START:      MOV TH1,#8EH
                MOV TL1,#0C4H
                SETB TR1
    LOOP2:      JNB TF1,LOOP2
                CLR TR1
                CLR TF1
                DJNZ R4,START
                DJNZ R5,LOOP1

                LCALL FINCE

                MOV DPTR,#8001H
                MOV A,#0FFH
                MOVX @DPTR,A            ;PD ENABLE (HIGH)

                MOV R5,#03H
                LCALL DELAY1

    ;***** SET USED STATUS *****

                MOV DPL,08H
                MOV DPH,09H
                MOV A,R0
                MOVX @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            LJMP MAIN

;***** FIND CE *****

FINCE:      CLR PSW.7
            MOV A,#03H
            SUBB A,R0
            JB PSW.7,FINCE2
            CPL P1.1
            RET
FINCE2:     CLR PSW.7
                  MOV A,#06H
            SUBB A,R0
            JB PSW.7,FINCE3
            CPL P1.2
            RET
FINCE3:     CPL P1.3
            RET

;***** INT0 SERVICE *****

INT:        MOV TH0,#0FBH
            MOV TL0,#0FBH
            CLR P1.4
            RETI

;***** INT_1 SERVICE *****

FINI:       MOV R0,#01H
            CJNE R0,#00H,FINI2
            MOV DPTR,#DISPA0
            LCALL LCDLD
            MOV R5,#03H
            LCALL  DELAY1
            LJMP SCAN

FINI2:      CJNE R0,#01H,FINI3
            MOV DPTR,#DISPA1
            LCALL LCDLD
            MOV R5,#03H
            LCALL  DELAY1
            LJMP SCAN

FINI3:      CJNE R0,#02H,FINI4
            MOV DPTR,#DISPA2
            LCALL LCDLD
            MOV R5,#03H
            LCALL  DELAY1
            LJMP SCAN

FINI4:      CJNE R0,#03H,FINI5
            MOV DPTR,#DISPA3
            LCALL LCDLD
            MOV R5,#03H
            LCALL  DELAY1
            LJMP SCAN

FINI5:      CJNE R0,#04H,FINI6
            MOV DPTR,#DISPA4
            LCALL LCDLD
            MOV R5,#03H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL  DELAY1
                LJMP SCAN

FINI6:          CJNE R0,#05H,FINI7
                MOV DPTR,#DISPA5
                LCALL LCDLD
                MOV R5,#03H
                LCALL  DELAY1
                LJMP SCAN

FINI7:          CJNE R0,#06H,FINI8
                MOV DPTR,#DISPA6
                LCALL LCDLD
                MOV R5,#03H
                LCALL  DELAY1
                LJMP SCAN

FINI8:          CJNE R0,#07H,FINI9
                MOV DPTR,#DISPA7
                LCALL LCDLD
                MOV R5,#03H
                LCALL  DELAY1
                LJMP SCAN

FINI9:          CJNE R0,#08H,FINI10
                MOV DPTR,#DISPA8
                LCALL LCDLD
                MOV R5,#03H
                LCALL  DELAY1
                LJMP SCAN

FINI10:         MOV DPTR,#DISPA9
                LCALL LCDLD
                MOV R5,#03H
                LCALL  DELAY1
                LJMP SCAN

;***** SCAN BUTTON *****

SCAN:           MOV R6,#00H
B0:             MOV R7,#00H
B1:             JB P1.5,B2
                SJMP BUT1
B2:             JB P1.6,B3
                SJMP BUT2
B3:             JB P1.7,DEC
                SJMP BUT3
DEC:            DJNZ R7,B1
                DJNZ R6,B0
                RETI

;*****  WHEN PRESS BUTTON1 (SELECT) *****

BUT1:           MOV 21H,#0F0H           ;INDICATE PRESSED BUTTON1
                MOV DPTR,#TABLE_PB
                MOV A,R1
                MOVC A,@A+DPTR
                MOV 20H,A               ;KEEPING P/R ADDRESS TO 20H
                LCALL FINDI
                INC R1
                DJNZ R3,NC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            MOV R1,#00H
            MOV R3,R0
      NC:   SJMP SCAN

;***** WHEN PRESS BUTTON2 (PLAY) *****

BUT2:       MOV A,21H
            CJNE A,#0F0H,DISPN
            MOV DPTR,#8003H
            MOV A,#80H
            MOVX @DPTR,A
            MOV R5,#02H
            LCALL DELAY1

            MOV DPTR,#8000H
            MOV A,20H
            MOVX @DPTR,A            ;SET P/R AND ADDRESS
            MOV R5,#02H
            LCALL DELAY1

            MOV DPTR,#8001H
            MOV A,#0FFH
            MOVX @DPTR,A            ;PD ENABLE (LOW)
            MOV R5,#03H
            LCALL DELAY1

            MOV A,#0F0H
            MOVX @DPTR,A            ;PD ENABLE (LOW)
            MOV R5,#03H
            LCALL DELAY1

            SETB P1.1
            SETB P1.2
            SETB P1.3

            LCALL FINCEB

            MOV R5,#03H
            LCALL DELAY1

            LCALL FINCEB

            MOV R5,#02H
            LCALL DELAY1

            MOV DPTR,#TABLE_PLAY
            LCALL LCDLD
            MOV R5,#10H
            LCALL  DELAY1
            MOV 21H,#00H                ;CLEAR BUTTON
            LJMP SCAN
DISPN:      MOV DPTR,#NO_MESSAGE
            LCALL LCDLD
            MOV R5,#5H
            LCALL  DELAY1
            LJMP SCAN

;***** WHEN PRESS BUTTON3 ( DELETE )

BUT3:       INC R4
            CJNE R4,#02H,NOD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV DPTR,#0A010H
                MOV A,#00H
                MOV R7,09H
DEL:            INC DPTR
                MOVX @DPTR,A
                DJNZ R7,DEL

                MOV DPTR,#DELETE
                LCALL LCDLD
                MOV R5,#03H
                LCALL  DELAY1
                LJMP SCAN

NOD:            MOV DPTR,#NOSE
                LCALL LCDLD
                MOV R5,#5H
                LCALL  DELAY1
                LJMP SCAN

;***** DISPLAY WHEN PRESS BUTTON 1 (SELECT) *****

FINDI:          CJNE R1,#00H,FINDI2
                MOV DPTR,#DISP11
                LCALL LCDLD
                MOV R5,#03H
                LCALL  DELAY1
                RET

FINDI2:         CJNE R1,#01H,FINDI3
                MOV DPTR,#DISP12
                LCALL LCDLD
                MOV R5,#3H
                LCALL  DELAY1
                RET

FINDI3:         CJNE R1,#02H,FINDI4
                MOV DPTR,#DISP13
                LCALL LCDLD
                MOV R5,#3H
                LCALL  DELAY1
                RET

FINDI4:         CJNE R1,#03H,FINDI5
                MOV DPTR,#DISP14
                LCALL LCDLD
                MOV R5,#3H
                LCALL  DELAY1
                RET

FINDI5:         CJNE R1,#04H,FINDI6
                MOV DPTR,#DISP15
                LCALL LCDLD
                MOV R5,#3H
                LCALL  DELAY1
                RET

FINDI6:         CJNE R1,#05H,FINDI7
                MOV DPTR,#DISP16
                LCALL LCDLD
                MOV R5,#3H
                LCALL  DELAY1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            RET

FINDI7:     CJNE R1,#06H,FINDI8
            MOV DPTR,#DISP17
            LCALL LCDLD
            MOV R5,#3H
            LCALL  DELAY1
            RET

FINDI8:     CJNE R1,#07H,FINDI9
            MOV DPTR,#DISP18
            LCALL LCDLD
            MOV R5,#3H
            LCALL  DELAY1
            RET

FINDI9:     MOV DPTR,#DISP19
            LCALL LCDLD
            MOV R5,#3H
            LCALL  DELAY1
            RET

;***** LCD *****

LCD:        MOV    R5,#3
            LCALL  DELAY1


LCDMAIN:    MOV    DPTR,#PORTP      ;SET 8255 CONTROL PORT
            MOV    A,#80H
            MOVX   @DPTR,A
            MOV    R5,#3            ;FIRST DELAY
            LCALL  DELAY1

;***** LCD INITIALIZE *****

            MOV    A,#00111000B     ;FUNCTION SET
            LCALL  LCDWI
            MOV    A,#00001110B     ;DISPLAY ON/OFF
            LCALL  LCDWI
            MOV    A,#01H           ;CLEAR
            LCALL  LCDWI
            MOV    R5,#2
            LCALL  DELAY1

MAIN2:      MOV    DPTR,#MAINT1     ;LCD MODULE
            LCALL  LCDLD
            MOV    R5,#3H
            LCALL  DELAY1
            RET

; ***** LCDDIS *****

LCDLD:      MOV    A,#80H           ;SET ADDRESS LINE 1
            LCALL  LCDLDS
            MOV    A,#0C0H          ;SET ADDRESS LINE 2
            LCALL  LCDLDS
            RET

LCDLDS:     PUSH   DPH              ;LOAD SUB.
            PUSH   DPL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            LCALL   LCDWI               ;WRITE ADDRESS
            POP     DPL
            POP     DPH
            MOV     R2,#16              ;16 CHAR.

LCDLDS1:    CLR     A
            MOVC    A,@A+DPTR           ;MOVC FOR CODE / MOVX FOR DATA
            PUSH    DPH
            PUSH    DPL
            LCALL   LCDWD               ;WRITE DATA
            POP     DPL
            POP     DPH
            INC     DPTR
            DJNZ    R2,LCDLDS1
            RET

; ***** LCDWI *****

LCDWI:      MOV     DPTR,#PORTA         ;DATA TO PORTA
            MOVX    @DPTR,A
            MOV     DPTR,#PORTB         ;PORTB READ MODIFY WRITE
            MOVX    A,@DPTR
            CLR     ACC.0               ;RS=0
            CLR     ACC.1               ;R/W=0
            CLR     ACC.2               ;ENABLE=0
            MOVX    @DPTR,A
            SETB    ACC.2               ;ENABLE=1
            MOVX    @DPTR,A
            CLR     ACC.2               ;ENABLE=0
            MOVX    @DPTR,A
            MOV     A,#0                ;DELAY

LCDWI1:     DEC     A
            JNZ     LCDWI1
            RET

; ***** LCDWD *****

LCDWD:      MOV     DPTR,#PORTA         ;DATA TO PORTA
            MOVX    @DPTR,A
            MOV     DPTR,#PORTB         ;PORTB READ MODIFY WRITE
            MOVX    A,@DPTR
            SETB    ACC.0               ;RS=1
            CLR     ACC.1               ;R/W=0
            CLR     ACC.2               ;ENABLE=0
            MOVX    @DPTR,A
            SETB    ACC.2               ;ENABLE=1
            MOVX    @DPTR,A
            CLR     ACC.2               ;ENABLE=0
            MOVX    @DPTR,A
            MOV     A,#0                ;DELAY
LCDWD1:     DEC     A
            JNZ     LCDWD1
            RET

;***** FIND CE PLAYBACK *****

FINCEB:     CLR PSW.7
            MOV A,#03H
            SUBB A,R1
            JB PSW.7,FINCEB2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CPL P1.1
                RET
FINCEB2:        CLR PSW.7
                      MOV A,#06H
                SUBB A,R1
                JB PSW.7,FINCEB3
                CPL P1.2
                RET
FINCEB3:        CPL P1.3
                RET

;***** P/R & ADDRESS TABLE *****

TABLE_REC:      DB 00H,0DH,1AH
                DB 00H,0DH,1AH
                DB 00H,0DH,1AH

TABLE_PB:       DB 20H,2DH,3AH
                DB 20H,2DH,3AH
                DB 20H,2DH,3AH

;***** DISPLAY TABLE *****

MAINT1:         DB      "   ANSWERING   "
                DB      "   TELEPHONE   "

TABLE_PLAY:     DB    " NOW PLAYING  "
                DB    "   MESSAGE    "
NO_MESSAGE:     DB    "  NO MESSAGE  "
                DB    "   SELECTED   "

DELETE:         DB      "  ALL MESSAGES  "
                DB      "    DELETED     "

NOSE:           DB      "   PUSH AGAIN   "
                DB      "   TO CONFIRM   "

DISPA0:         DB      "  NO MESSAGE !! "
                DB      "  NO MESSAGE !! "

DISPA1:         DB      "   1 MESSAGE    "
                DB     "PUSH S TO SELECT"

DISPA2:         DB      "   2 MESSAGES   "
                DB     "PUSH S TO SELECT"

DISPA3:         DB      "   3 MESSAGES   "
                DB     "PUSH S TO SELECT"

DISPA4:         DB      "   4 MESSAGES   "
                DB     "PUSH S TO SELECT"

DISPA5:         DB      "   5 MESSAGES   "
                DB     "PUSH S TO SELECT"

DISPA6:         DB      "   6 MESSAGES   "
                DB     "PUSH S TO SELECT"

DISPA7:         DB      "   7 MESSAGES   "
                DB     "PUSH S TO SELECT"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DISPA8:     DB      "   8 MESSAGES   "
            DB      "PUSH S TO SELECT"

DISPA9:     DB      "   9 MESSAGES   "
            DB      "PUSH S TO SELECT"

DISP11:     DB      " MESSAGE  No. 1 "
            DB      " PRESS P TO GET "

DISP12:     DB      " MESSAGE  No. 2 "
            DB      " PRESS P TO GET "

DISP13:     DB      " MESSAGE  No. 3 "
            DB      " PRESS P TO GET "

DISP14:     DB      " MESSAGE  No. 4 "
            DB      " PRESS P TO GET "

DISP15:     DB      " MESSAGE  No. 5 "
            DB      " PRESS P TO GET "

DISP16:     DB      " MESSAGE  No. 6 "
            DB      " PRESS P TO GET "

DISP17:     DB      " MESSAGE  No. 7 "
            DB      " PRESS P TO GET "

DISP18:     DB      " MESSAGE  No. 8 "
            DB      " PRESS P TO GET "

DISP19:     DB      " MESSAGE  No. 9 "
            DB      " PRESS P TO GET "

; ***** DELAY SUB *****

DELAY1:     MOV     R6,#0
DELAY2:     MOV     R7,#0
            DJNZ    R7,$
            DJNZ    R6,DELAY2
            DJNZ    R5,DELAY1
            RET

            END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้