

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGAMAN STASIUN
RADIO PANCAR ULANG (RPU) VHF DARI PENGGUNA
ILEGAL MENGGUNAKAN TONE DECODER LM567**

SKRIPSI



Disusun Oleh:

Nama : AMARO ARNALDO PINTO

Nim : 1212701

**KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2016

LEMBAR PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN SISTEM PENGAMAN STASIUN RADIO PANCAR ULANG (RPU) VHF DARI PENGGUNA ILEGAL MENGGUNAKAN TONE DECODER LM567

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Persyaratan
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh :
AMARO ARNALDO PINTO
NIM. 1212701

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I



Ir. Sidik Noertjahjono, MT
NIP. Y. 1028700163

Dosen Pembimbing II



Ir. Kartiko Ardi Widodo, MF
NIP.Y. 1039700310

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1




M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM PENGAMAN STASIUN RADIO PANCAR ULANG (RPU) VHF DARI PENGGUNA ILEGAL MENGGUNAKAN TONE DECODER LM567

Amaro Arnaldo Pinto, NIM 12.12.701

Dosen Pembimbing : Ir. Sidik Noertjahjono, MT, dan
Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT

Rangkaian tone decoder berfungsi untuk mendeteksi sinyal spesial information tone atau nada dan keluarannya menghasilkan sinyal untuk membangkitkan rangkaian lain. Untuk mendeteksi sinyal yang masuk tersebut, maka digunakan sebuah IC LM567 sebagai piranti aktif yang menyerap frekuensi informasi dan mengubahnya ke dalam bentuk pengkodean lain pada keluarannya. Continuous Tone-Code Squelch System (CTCSS) adalah frekuensi yang digunakan untuk mengurangi gangguan dari pengguna lain pada dua arah saluran komunikasi radio bersama.

Nada CTCSS pada bagian penerima diterjemahkan oleh Ic Tone Decoder LM567, yang akan aktif menghasilkan tegangan low pada kaki IC LM567 nomor 8, bila nada yang sesuai terdeteksi melalui kaki input IC nomor 3 maka kaki nomor 8 dari IC digunakan untuk menghidupkan transistor PNP A1015 yang selanjutnya akan mengaktifkan transistor NPN C828. Transistor C828 ini digunakan untuk mengaktifkan tombol PTT yang ada di yang ada di unit pemancar (Tx) secara elektronik, sehingga unit penerima (Rx) dan unit pemancar (Tx) akan bekerja secara simultan mana kala penerima (Rx) menerima sinyal radio pada frekuensi (kanal) VHF yang sesuai dengan nada frekuensi CTCSS yang sesuai juga.

Pada penggunaan frekuensi CTCSS (*Continuous Tone-Code Squelch System*) 71,9Hz, bila terdapat frekuensi penyusup lain simisal 69,3Hz (satu step dibawah) atau frekuensi 74,4Hz (satu step dibawah) maka rangkaian tone decoder LM567 tidak dapat meloloskannya dan tidak dapat mengaktifkan Radio Pancar Ulang (RPU). Rangkaian tone decoder LM567 menghasilkan frekuensi pengkodean yang sangat sempit, sehingga sangat sesuai digunakan untuk pengaman Radio Pancar Ulang (RPU).

Kata Kunci: Tone Decoder, IC LM567, CTCSS, VHF

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang dengan segala Kasih dan Anugerah-Nya, telah memberikan kekuatan, kesabaran, bimbingan dan perlindungan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul: RANCANG BANGUN SISTEM PENGAMAN STASIUN RADIO PANCAR ULANG (RPU) VHF DARI PENGGUNA ILEGAL MENGGUNAKAN TONE DECODER LM567.

Pembuatan skripsi ini disusun guna memenuhi syarat akhir kelulusan pendidikan jenjang Strata I di Institut Teknologi Nasional Malang. Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan baik moril maupun materil, saran dan dorongan semangat dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Lahu Mulyadi, MTA. Selaku rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Anang Subardi, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
3. Bapak M. Ibrahim Ashari, ST, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
4. Bapak Dr. Eng. I komang Somawirata, ST, MT. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
5. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT. Selaku Dosen Pembimbing I.
6. Bapak Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT. Selaku Dosen Pembimbing II.
7. Dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak yang perlu disempurnakan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata, penulis mohon maaf kepada semua pihak bilamana selama penyusunan skripsi ini penulis membuat kesalahan secara tidak sengaja maupun sengaja dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Agustus 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1.Latar belakang	1
1.2.Rumusan Masalah.....	2
1.3.Tujuan.....	2
1.4.Batasan masalah	2
1.5. Metodologi.....	3
1.6. Sistematika pembahasan.....	3
BAB II : LANDASAN TEORI	5
2.1 Pengertian Nada	5
2.1.1 Intensitas nada	5
2.1.1 Tinggi nada	5
2.1.1 Panjang nada	5
2.1.1 Warna nada	6
2.1.1 Suara yang bisa didengar manusia	6
2.2 Telekomunikasi	7
2.2.1 Komunikasi Simplex.....	7
2.2.2 Komunikasi Duplex.....	8
2.2.2 Half Duplex	8
2.2.2 Full Duplex.....	9

2.3 Spektrum Frekuensi.....	9
2.3.1 Tabel Pengalokasian spektrum frekuensi radio	10
2.4 Antena	11
2.4.1 Jenis Antena	11
2.4.2 Antena Omnidirectional	12
2.4.2.1 Antena Omni $1/4\lambda$	12
2.4.3 Antena Directional	13
2.4.3.1 Antena Yagi-Uda	13
2.4.3.2 Antena Bidirectional.....	15
2.4.3.2.1 Antena Dipole	15
2.5 Handy Talky	16
2.5.1 Prinsip kerja Handy Talky	17
2.5.2 kelebihan dan kekurangan Handy Talky.....	19
2.6 Radio Pancar Ulang (RPU)	20
2.6.1 Tipe Repeater	21
2.6.1.1 Repeater Simplex.....	21
2.6.1.2 Repeater Duplex	22
2.6.2 Prinsip Kerja Repeater	23
2.7 Continous Tone Code Squelch System	24
2.8 Pengenalan Komponen.....	25
2.8.1 Komponen Aktif.....	25
2.8.1.1 Resistor	26
2.8.1.2 Kapasitor.....	26
2.8.1.3 Dioda.....	27
2.8.2 Komponen pasif	29
2.8.2.1 Transistor	29
2.9 Rangkaian RC.....	31
2.10 IC LM567.....	34

BAB III : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	37
3.1 Pendahuluan.....	37
3.2 Blok Digram Sistem	37
3.3 Cara Kerja Rangkaian.....	42
3.4 Perancangan Tone Decoder.....	44
3.5 Perhitungan Rangkaian Tone Decoder	45
BAB IV : PENGUJIAN ALAT	51
4.1 Pengujian dan Pengukuran Alat.....	51
4.2 Pengukuran Frekuensi Tengah (Fo).....	51
4.2.1 Alat Yang Digunakan.....	51
4.2.2 Langkah-langkah Pengukuran.....	51
4.3 Hasil Pengukuran Untuk R1=1K Ω	52
4.3.1 Perhitungan Nilai Error Untuk R1=1K Ω	55
4.4 Hasil Pengukuran Untuk R1=3,3K Ω	56
4.4.1 Perhitungan Nilai Error Untuk R1=3,3K Ω	59
4.5 Hasil Pengukuran Untuk R1=4,7K Ω	59
4.5.1 Perhitungan Nilai Error Untuk R1=4,7K Ω	63
4.6 Hasil Pengukuran Untuk C1=1K Ω	64
4.6.1 Perhitungan Nilai Error Untuk C1=1K Ω	67
4.7 Pengujian Sistem	68
4.8 Blok Diagram Sistem.....	68
4.9 Hasil Pengujian Sistem.....	69
BAB V : PENUTUP	73
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.....	6
Gambar 2.2.....	8
Gambar 2.3.....	9
Gambar 2.4.....	9
Gambar 2.5.....	13
Gambar 2.6.....	14
Gambar 2.7.....	14
Gambar 2.8.....	16
Gambar 2.9.....	16
Gambar 2.10.....	17
Gambar 2.11.....	19
Gambar 2.12.....	21
Gambar 2.13.....	21
Gambar 2.14.....	22
Gambar 2.15.....	23
Gambar 2.16.....	23
Gambar 2.17.....	26
Gambar 2.18.....	27
Gambar 2.19.....	27
Gambar 2.20.....	28
Gambar 2.21.....	28
Gambar 2.22.....	29
Gambar 2.23.....	30
Gambar 2.24.....	32
Gambar 2.25.....	33
Gambar 2.26.....	36
Gambar 2.27.....	37
Gambar 3.1.....	37

Gambar 3.2.....	38
Gambar 3.3.....	42
Gambar 3.4.....	44
Gambar 3.5.....	49
Gambar 3.6.....	50
Gambar 4.1.....	52
Gambar 4.2.....	52
Gambar 4.3.....	53
Gambar 4.4.....	53
Gambar 4.5.....	54
Gambar 4.6.....	54
Gambar 4.7.....	56
Gambar 4.8.....	56
Gambar 4.9.....	57
Gambar 4.10.....	57
Gambar 4.11.....	58
Gambar 4.12.....	58
Gambar 4.13.....	60
Gambar 4.14.....	60
Gambar 4.15.....	61
Gambar 4.16.....	61
Gambar 4.17.....	62
Gambar 4.18.....	62
Gambar 4.19.....	64
Gambar 4.20.....	64
Gambar 4.21.....	65
Gambar 4.22.....	65
Gambar 4.23.....	66
Gambar 4.24.....	66
Gambar 4.25.....	68

Gambar 4.26.....	69
Gambar 4.27.....	70
Gambar 4.28.....	70
Gambar 4.29.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	10
Tabel 2.2	25
Tabel 3.1	41
Tabel 3.2	43
Tabel 3.3	46
Tabel 3.4	47
Tabel 3.5	48
Tabel 3.6	49
Tabel 4.1	55
Tabel 4.2	59
Tabel 4.3	63
Tabel 4.4	67
Tabel 4.5	72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alat komunikasi merupakan kebutuhan yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan kita sehari-hari, baik itu *handphone*, internet atau komunikasi radio dua arah, yang sebelumnya menggunakan Intercom sebagai penhubung antara sesama warga baik di lingkungan RT atau RW, seiring kemajuan zaman saat ini terdapat perbedaan sesuai dengan perkembangan teknologi dan alat komunikasi yang semakin modern, mudah dan simple.

Dalam upaya tersebut kemudian dibangun station Radio Pancar Ulang (RPU) untuk memperluas jangkauan komunikasi radio dua arah, tetapi dalam jangkauan tersebut, jika orang lain yang tidak berhak turut menggunakan band frekuensi yang sama dengan frekuensi yang digunakan oleh stasiun RPU tersebut dapat mengganggu komunikasi. Oleh sebab itu dalam penelitian ini diharapkan dapat dirancang *Tone Decoder* (Penterjemah Nada) pada stasiun Radio Pancar Ulang untuk mengamankan RPU dari pengguna frekuensi yang tidak mempunyai hak. Disebabkan dalam penggunaan RPU VHF pada yang sudah ada saat ini tidak menggunakan sistem pengaman *Tone Decoder*.

Dengan terpasangnya Radio Pancar Ulang di Kampus 2 (dua) ITN Malang, khususnya untuk komunikasi antara petugas satpam di kampus 2 (dua) yang menggunakan Handy Tranceiver (HT) dengan band frekuensi yang sama pada band frekuensi Radio Pancar Ulang (RPU) yang ada di Gedung Laboratorium Elektro lantai 4, untuk keamanan di kampus 2 ITN Malang. Tetapi jika pengguna lain yg tidak berhak mengetahui frekuensi pancar (Tx) dan terima (Rx) pada Radio Pancar Ulang ITN, pengguna tersebut dapat menggunakan Radio Pancar Ulang (RPU) ITN untuk kepentingannya. Oleh sebab itu dengan menambah *Tone Decoder* pada

Radio Pancar Ulang (RPU) ITN, walaupun pengguna lain mengetahui band frekuensi pada RPU tersebut tetapi jika tidak mengetahui frekuensi Tone (Nada) yang sebelumnya sudah disetting pada *Tone Decoder* (Penterjemah Nada) pada RPU, maka pengguna bersangkutan tidak dapat menggunakan RPU tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Sesuai dengan uraian pada bagian latar belakang, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut

1. Bagaimana meningkatkan keamanan Radio Pancar Ulang (RPU) dari pengguna lain yang tidak berhak.
2. Bagaimana mengamankan band frekuensi dari gangguan frekuensi yang tidak diperlukan dengan pemasangan *Tone Decoder*.
3. Bagaimana merancang dan membuat rangkaian *Tone Decoder* sebagai pengamanan RPU.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dalam skripsi ini adalah untuk mengenali nada terdekat oleh IC Decoder yang dikenal dengan CTCSS (*Code Tone Control Squelz System*) dan diimplementasikan pada Radio Pancar Ulang (RPU). Untuk meningkatkan pengamanan pada Radio Pancar Ulang (RPU) agar terhindar dari pengguna lain yg tidak berhak menggunakannya.

1.4 Batasan Masalah

Supaya tidak terjadi penyimpangan antara maksud dan tujuan dalam penyusunan skripsi ini, maka penulis memberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Skripsi ini dibatasi pada system komunikasi Radio Pancar Ulang (RPU) tipe Duplex yang sudah ada.
2. Sistem pengaman yang dipakai, berbasis pada nada frekuensi paling bawah yaitu antara 50 Hz sampai 300 Hz yang istilah teknisnya dikenal

dengan *sub audible tone* dan rangkaian *tone decoder* pada **system** Radio Pancar Ulang (RPU) tipe Duplex.

3. Band frekuensi kerja yg digunakan pada RPU tersebut adalah pada band *Very High Frequency (VHF)* yaitu antara 30MHz sampai 300MHz.

1.5 Metodologi Pemecahan Masalah

Metode yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini adalah:

1. Studi (*literature*)

Mencari referensi-referensi yang berhubungan dengan perencanaan dan pembuatan alat yang akan dibuat.

2. Perancangan Alat

Sebelum melaksanakan pembuatan alat, dilakukan perancangan terhadap alat yang meliputi perancangan keseluruhan alat serta konsep yang akan diimplementasikan.

3. Pembuatan Alat

Pada tahap ini realisasi alat yang dibuat, dilakukan perakitan system terhadap seluruh hasil rancangan yang telah dibuat.

4. Pengukuran dan Pengujian Alat

Untuk mengetahui cara kerja alat, maka dilakukan pengukuran dan pengujian secara keseluruhan.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan arah yang tepat mengenai hal-hal yang akan dibahas maka dalam skripsi ini disusun sistematika penulisan sebagai berikut :

BABI : PENDAHULUAN

Dalam Bab ini berisikan Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan, Batasan Masalah, Metodologi Penelitian, dan

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Nada

Nada adalah tinggi rendahnya getaran suara, sedangkan getaran suara sesuai dengan teori berada pada kisaran antara 20 Hz sampai dengan 20Khz yang dikenal dengan getaran *soundnic*, sedangkan getaran diatas frekuensi tersebut hingga pada batas getaran radio dikenal dengan getaran *Ultra Sonic*.

Nada memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

2.1.1 Intensitas nada

Intensitas nada dapat didefinisikan sebagai keras-lamahnya bunyi yang ditentukan oleh amplitudo getaran tersebut. Hal ini tergantung pada lebarnya getaran dan sifatnya relatif. Nada yang terdengar keras di dalam ruangan belum tentu keras bila terdengar di stadion. Demikian pula, keras atau lemahnya suatu nada juga tergantung pada selera pribadi. Nada yang sudah terdengar keras bagi seseorang mungkin masih belum cukup keras bagi orang lain.

2.1.2 Tinggi nada (pitch)

Tinggi nada berkaitan dengan tinggi rendahnya frekuensi suatu bunyi atau banyaknya getaran yang terjadi tiap detik. Makin besar frekuensi, makin tinggi nadanya. Setiap nada mempunyai bilangan frekuensi tertentu.

2.1.3 Panjang nada (durasi)

Panjang nada merupakan lama suatu nada dibunyikan. Panjang nada dihitung dengan satuan ketuk yang sifatnya relatif, bisa panjang bisa pendek. Dalam musik, waktu diam atau nada tidak berbunyi pun memiliki durasi agar dapat diatur kapan dan sebesar apa nada harus berbunyi.

2.1.4 Warna nada (Timbre)

Warna nada adalah jenis suara yang dihasilkan. Warna nada tergantung pada sumber bunyi, resonator (ruang gema), dan cara memainkan sumber bunyinya. Walaupun rebab dan angklung membunyikan nada yang tinggi dan panjang serta kuatnya sama, warna nadanya tetap berbeda

2.1.5 Suara Yang Bisa Di Dengar Manusia

Manusia dapat mendengar langsung suara pada frekuensi dari sekitar 20 Hz sampai 20.000 Hz. Gangguan pendengaran dapat mengurangi rentang frekuensi seseorang bisa mendengar. Telinga manusia tidak menganggap semua frekuensi yang sama.

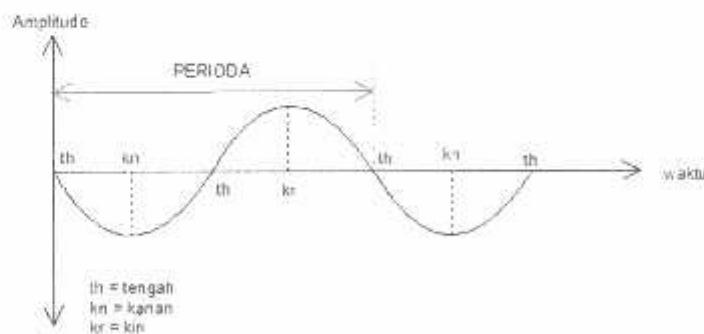
Jadi, keras lemahnya nada ditentukan oleh Amplitudo getaran, sedangkan tinggi rendahnya nada ditentukan oleh Frekuensi getaran suara. Frekuensi adalah kebalikan dari perioda (T) atau dapat dinyatakan dalam rumus:

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{atau} \quad T = \frac{1}{f}$$

Keterangan :

T = periode, satuannya detik (s)

f = frekuensi getaran, satuannya Hertz (Hz)



Gambar 2.1 Hubungan Perioda dengan Frekuensi

Untuk rangkaian *Tone Decoder* (penterjemah nada) pada penelitian ini, nada atau frekuensi yang digunakan adalah frekuensi suara yang paling bawah, atau dalam istilah teknisnya dikenal dengan *sub audible tone* yang sulit didengar oleh telinga manusia secara langsung yaitu antara 50Hz – 300Hz.

2.2 Telekomunikasi

Menurut Hioki Warren dalam Bukunya, *Elektronic Communication System*, Komunikasi adalah mendistribusikan informasi dari satu titik ke titik yang lain. Komunikasi juga merupakan suatu kegiatan bertukar data atau informasi antara dua atau lebih pengguna melalui sebuah media komunikasi. Konsep mode komunikasi adalah menggabungkan prinsip komunikasi antara dua buah perangkat sehingga masing-masing perangkat dapat melakukan pertukaran data. Berdasarkan arah pertukaran data, komunikasi data terbagi atas dua metode, yaitu:

1. *Simplex* (Komunikasi satu arah)
2. *Duplex* (Komunikasi dua arah).

2.2.1 Komunikasi Simplex

Komunikasi Simplex adalah salah satu bentuk komunikasi antara dua belah pihak, di mana sinyal-sinyal dikirim secara satu arah. Metode transmisi ini berbeda dengan metode full-duplex yang mampu mengirim sinyal dan menerima secara sekaligus dalam satu waktu, atau half-duplex yang mampu mengirim sinyal dan menerima sinyal meski tidak dalam satu waktu. Transmisi secara *simplex* terjadi di dalam beberapa teknologi komunikasi, seperti siaran televisi atau siaran radio.



Gambar 2.2 Siaran Tv dan Komunikasi Simplex

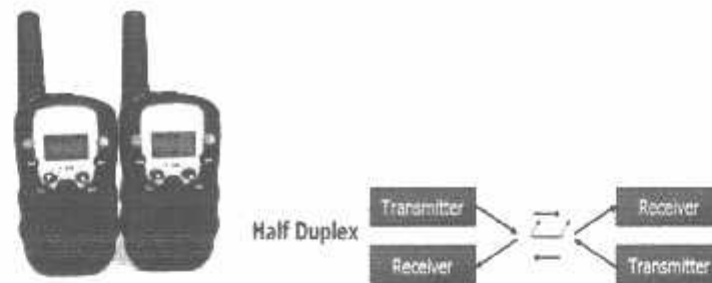
2.2.2 Komunikasi Duplex

Komunikasi Duplex adalah sebuah istilah dalam bidang telekomunikasi yang merujuk kepada komunikasi dua arah. Dimana antara penerima dan pemancar dapat saling bertukar informasi dan saling berkomunikasi. Terdapat dua metode duplexing, yakni:

1. *Full-duplex*
2. *Half-duplex*

2.2.2.1 Half Duplex

Half-duplex merupakan sebuah mode komunikasi di mana data dapat ditransmisikan atau diterima secara dua arah tapi tidak dapat secara bersama-sama. Contoh paling sederhana adalah walkie-talkie, di mana dua penggunanya harus menekan sebuah tombol untuk berbicara dan melepaskan tombol tersebut untuk mendengar. Ketika dua orang menggunakan walkie-talkie untuk berkomunikasi pada satu waktu tertentu, hanya salah satu di antara mereka yang dapat berbicara sementara pihak lainnya mendengar. Jika kedua-duanya mencoba untuk berbicara secara serentak, kondisi "collision" (tabrakan) pun terjadi dan kedua pengguna walkie-talkie tersebut tidak dapat saling mendengarkan apa yang keduanya kirimkan.



Gambar 2.3 Walky Talky dan Komunikasi Half Duplex

2.2.2.2 Full Duplex

Dalam komunikasi full-duplex, dua pihak yang saling berkomunikasi akan mengirimkan informasi dan menerima informasi dalam waktu yang sama, dan umumnya membutuhkan dua jalur komunikasi.

Alat komunikasi yang menggunakan metode ini adalah telephone, handphone, dan sebagainya. Umumnya alat yang memanfaatkan metode komunikasi ini menggunakan dua jalur komunikasi yang berbeda.



Gambar 2.4 Hand Phone dan Komunikasi Full Duplex

2.3 Spektrum Frekuensi Radio

Spektrum Frekuensi Radio adalah susunan pita frekuensi radio yang mempunyai frekuensi lebih kecil dari 300 GHz sebagai satuan getaran gelombang elektromagnetik yang merambat dan terdapat dalam dirgantara (ruang udara dan antariksa).

Alokasi spektrum frekuensi radio di seluruh dunia mengacu pada tabel alokasi spektrum frekuensi yang dikeluarkan secara resmi oleh badan

International Telecommunication Union (ITU) pada peraturan Radio Edisi 2008 (*Radio Regulation, edition of 2008*), alokasi frekuensi ITU juga menjadi acuan bagi negara-negara lain di dunia. Penetapan Jalur atau Spektrum Frekuensi Radio yang menentukan kegunaannya ini bertujuan untuk menghindari terjadinya gangguan (*Interference*) dan untuk menetapkan protokol demi keserasian antara pemancar dan penerima.

2.3.1 Tabel Pengalokasian Spektrum Frekuensi Radio

Tabel lengkap Spektrum Frekuensi Radio yang ditetapkan oleh International Telecommunication Union (ITU) berdasarkan penentuan penggunaannya seperti terlihat pada tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Spektrum Frekuensi Radio

Nama Band (Jalur)	Singkatan	Frekuensi	Panjang Gelombang	Penggunaan
Low Frequency	LF	30-300 kHz	1 km – 10 km	Navigation, time signal, Radio AM (long wave), RFID
Medium frequency	MF	300 – 3.000 kHz	100 m – 1.000 m	Radio AM (medium wave)
High Frequency	HF	3 – 30 MHz	10 m – 100 m	Short wave Broadcast, RFID, radar, Marine and Mobile radio telephony
Very High Frequency	VHF	30 – 300 MHz	1 m – 10 m	Radio FM, Television, Mobile Communication, Weather Radio
Ultra High Frequency	UHF	300 – 3.000 MHz	10 cm – 100 cm	Television, Microwave device / communications, mobile phones, wireless LAN, Bluetooth, GPS
Super High Frequency	SHF	3 – 30 GHz	1cm – 10 cm	Microwave device /communications, wireless LAN, radars, Satellites, DBS
Extremely High Frequency	EHF	30 - 300 GHz	1 mm – 10 mm	High Frequency Microwave, Radio relay, Microwave remote sensing

2.4 Antena

Antena merupakan sebuah transducer, yaitu alat yang mengubah satu besaran listrik ke besaran listrik yang lain. Dalam hal ini mengubah besaran medan listrik menjadi besaran medan magnetik. Antena berfungsi untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, lalu meradiasikannya (Pelepasan energy elektromagnetik ke udara/ruang bebas) dan sebaliknya. Antena juga dapat berfungsi untuk menerima sinyal elektromagnetik dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Kekuatan dalam mengkonsentrasi dan memfokuskan sinyal radio, satuan ukurnya adalah Watt. Jadi ketika daya dalam Watt bertambah, maka jangkauan jarak yang bisa ditempuh pun bertambah. Jenis antena yang akan dipasang harus sesuai dengan sistem yang akan kita bangun, juga disesuaikan dengan kebutuhan penyebaran sinyalnya, atau dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Pr = Pt \cdot (Ar \cdot At) / L$$

Dengan:

Pr = Daya Terima Get Radio

Pt = Daya Pancar Get Radio

Ar = Aperture (Luasan penerima Get Radio)

At = Aperture (Luasan pancar Get Radio)

L = jarak antara 2 Antenna

2.4.1 Jenis Antena

Antena yang sering kita lihat atau yang biasa di pasang di tempat yang tinggi sesuai kebutuhannya. Sebuah antena adalah bagian vital dari suatu pemancar atau penerima yang berfungsi untuk menyalurkan sinyal radio ke udara. Antena pada umumnya dibagi menjadi dua jenis:

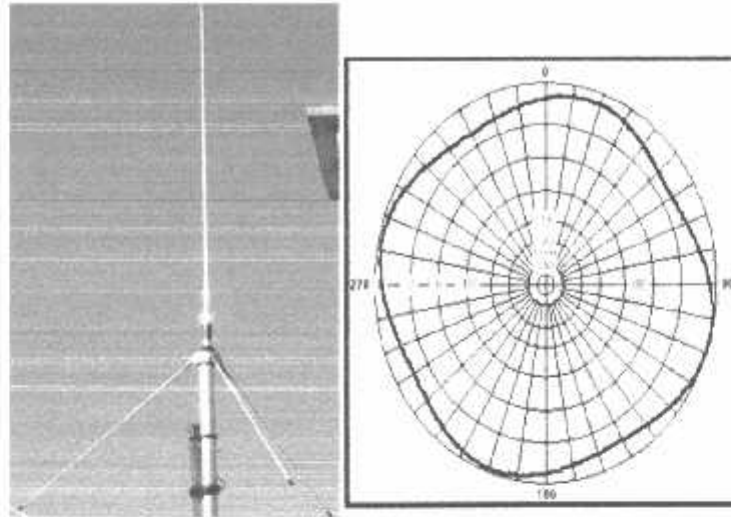
1. Antena Omnidirectional
2. Antena Directional

2.4.2 Antena Omnidirectional

Antena Omnidirectional adalah antena yang arah radiasi gelombang elektromagnetik menyebar kesegala arah. Bentuk pola pancarnya seperti roda sepeda. Untuk menghasilkan cakupan area yang luas, gain dari antena omnidirectional harus memfokuskan dayanya secara horizontal mendatar, dengan mengabaikan pola pemancaran ke atas dan ke bawah, sehingga antena dapat di letakan di tengah-tengah base station. Dengan demikian, keuntungan dari antena jenis ini adalah dapat melayani jumlah pengguna yang lebih banyak. Namun, kesulitannya adalah pada pengalokasian frekuensi untuk setiap sel agar tidak terjadi interferensi. Salah contoh dari antena Omnidirectional yang sering digunakan dalam komunikasi adalah antena omni $1/4\lambda$.

2.4.2.1 Antena Omni $1/4 \lambda$

Antena omni $1/4 \lambda$ mempunyai sifat umum radiasi atau pancaran sinyal 360-derajat yang tegak lurus ke atas. Antena Omni $1/4 \lambda$ secara normal mempunyai gain sekitar 3-12 dBi. Yang digunakan untuk hubungan Point-To-Multi-Point atau satu titik ke banyak titik di sekitar daerah pancaran. Radiasi yang horizontal dengan pancaran 360-derajat. Radiasi yang horizontal pada dasarnya E-Field. Polarisasi yang vertikal adalah sangat membatasi potongan sinyal yang di pancarkan. Antena ini akan melayani atau hanya memberi pancaran sinyal pada sekelilingnya atau 360 derajat, sedangkan pada bagian atas antena tidak memiliki sinyal radiasi.



Gambar 2.5 Antena Omni $1/4\lambda$ dan Pola Radiasi Antena Omni $1/4\lambda$

2.4.3 Antena Directional

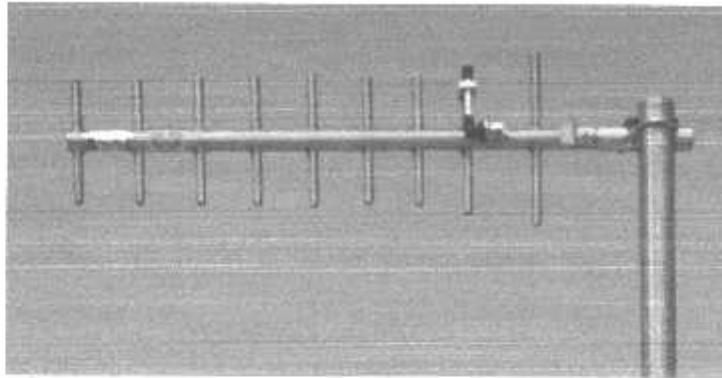
Antena Directional adalah antena yang arah sebaran gelombang elektromagnetiknya mengarah pada satu sisi antena yang diinginkan. Antena ini idealnya digunakan sebagai penghubung antara gedung atau untuk daerah (konfigurasi Point to Point) yang mempunyai konfigurasi cakupan area yang kecil seperti pada lorong-lorong yang panjang.

Antena jenis ini merupakan jenis antena dengan narrow beamwidth, yaitu punya sudut pemancaran yang kecil dengan daya lebih terarah, jaraknya jauh dan tidak bisa menjangkau area yang luas, antena directional mengirim dan menerima sinyal radio hanya pada satu arah, umumnya pada fokus yang sangat sempit, dan biasanya digunakan untuk koneksi point to point, atau multiple point, macam antena direksional seperti antena grid, dish "parabolic", yagi, dan antena sectoral.

2.4.3.1 Antena Yagi Uda

Antena Yagi adalah salah satu jenis antena radio atau televisi yang diciptakan oleh Hidetsugu Yagi. Antena ini bersifat direksional, yaitu menambah gain hanya pada salah satu arahnya. Sisi antena yang berada di

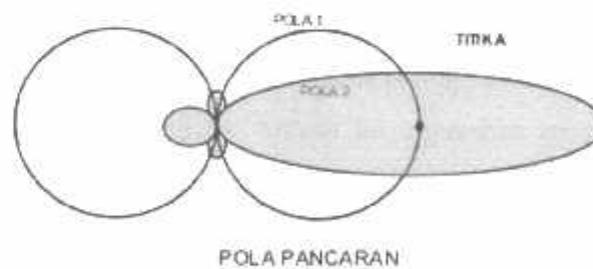
belakang reflektor memiliki gain yang lebih kecil daripada di depan direktor.



Gambar 2.6 Antena Yagi

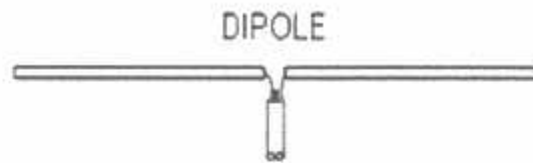
Antena Yagi memiliki beberapa bagian penting, antara lain:

1. Driven adalah titik catu dari kabel antenna, biasanya panjang fisik *driven* adalah setengah panjang gelombang ($0,5 \lambda$) dari frekuensi radio yang dipancarkan atau diterima.
2. Reflektor adalah bagian belakang antenna yang berfungsi sebagai pemantul sinyal, dengan panjang fisik lebih panjang daripada *driven*, panjang biasanya adalah $0,55 \lambda$ (panjang gelombang).
3. Director adalah bagian pengarah antenna, penambahan batang *director* akan menambah gain antenna, namun akan membuat pola pengarahannya menjadi lebih sempit. Semakin banyak jumlah director, maka semakin sempit arahnya.
4. Boom adalah bagian ditempatkannya driven, reflektor, dan direktor. Boom berbentuk sebatang logam atau kayu yang panjangnya sepanjang antenna itu.



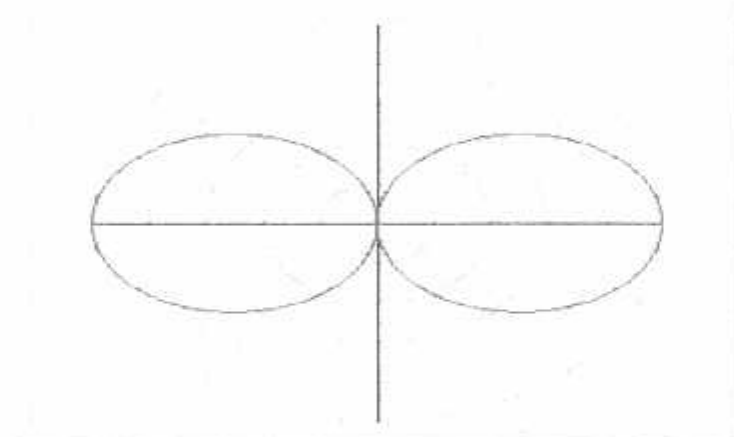
Gambar 2.7 Pola Radiasi Antena Yagi

Heinrich Hertz sekitar tahun 1886 adalah orang yang merintis eksperimen dengan gelombang radio.



Gambar 2.8 Antena Dipole

Antena ini memiliki panjang yang lebih pendek dari panjang gelombangnya. Antena ini memiliki daya tahan radiasi yang rendah dan reaktansi yang tinggi, membuat antena ini tidak efisien, tetapi antena ini sering digunakan untuk panjang gelombang yang amat panjang. Dipol yang panjangnya setengah dari panjang gelombang sinyal, juga sering disebut dipol setengah gelombang, dan lebih efisien. Dalam teknik radio, istilah dipol biasanya bermakna sebuah setengah gelombang dipole.



Gambar 2.9 Polaradiasi Antena Dipole

2.5 Handy Talky

Handy talky ini biasa disebut secara singkat HT. HT merupakan sebuah alat komunikasi yang bentuknya mirip dengan telepon genggam, tetapi sifatnya searah. Karena searah, maka si pengirim pesan dan si penerima tidak bisa berbicara pada saat yang bersamaan. HT menggunakan

gelombang radio frekuensi khusus, dan sering dipakai untuk komunikasi yang sifatnya sementara karena salurannya dapat diganti-ganti setiap saat. Teknologi yang makin canggih dan inovatif belakangan ini membuat jangkauan HT atau alat komunikasi jarak dekat tanpa kabel ini tidak lagi mencapai 2 mil saja, melainkan mencakup hingga jarak 12 mil. HT ini tampil sebagai sebuah perangkat komunikasi kecil dan ringan yang memungkinkan untuk melakukan hubungan komunikasi antarperorangan maupun antarkelompok. HT juga merupakan alat komunikasi dua arah dengan menggunakan frekuensi gelombang radio dan tanpa perlu menggunakan pulsa sehingga lebih efisien. Seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.10 Handy Talkie

2.5.1 Prinsip Kerja Handy Talkie

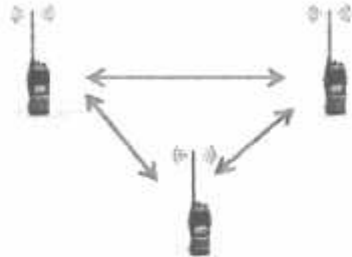
Prinsip kerja handy talky menggunakan jenis frekuensi yang digunakan oleh radio komunikasi VHF (Very High Frequency) dan HF (High Frequency). VHF biasanya digunakan untuk radio komunikasi jarak dekat dan beroperasi pada frekuensi 100-300 Mhz. Hal ini disebabkan karena gelombang radio dipancarkan secara garis lurus (horizontal). Sehingga jika pada jarak antara 2 stasiun terdapat objek – objek seperti bangunan, pohon – pohon yang tinggi, ataupun pegunungan yang lebih tinggi dari pancaran gelombang radio, maka sudah pasti transmisi yang dikirimkan ataupun diterima akan terhambat.

HF (High Frequency) merupakan gelombang radio yang bekerja pada frekuensi 2 – 24 Mhz, dan biasanya digunakan untuk radio komunikasi jarak jauh karena sifat gelombangnya yang dapat memantul sehingga tidak memiliki efek hambatan pada objek. Dan ditambah lagi dengan kemampuan frekuensi ini untuk memantul pada lapisan ionosphere, sehingga jarak sejauh apapun dapat dijangkau oleh frekuensi ini, dengan catatan dalam keadaan cuaca yang cukup bagus.

HT menggunakan gelombang *High Frequency* (HF) yang panjang gelombangnya relatif pendek namun dengan suara yang jernih. Frekuensi yang digunakan adalah 140Mhz – 160Mhz, tergantung dari jenis pesawat yang digunakan. HT memerlukan antena untuk memancarkan atau menerima gelombang radio (TX/RX), antena yang baik akan memaksimalkan daya pancar (*transmit*) dari pesawat *handy talky* tersebut yang otomatis akan pada penerimanya (*recieve*) akan maksimal pula.

Ada dua jenis antena yang digunakan pada HT ini, yaitu antena *directional* dan antena *omnidirectional*. Masing-masing antena mempunyai kelebihan dan kekurangan, antena *directional* mempunyai jangkauan area yang luas baik pada saat *transmit* maupun *receive*, tapi hanya pada daerah tertentu sesuai dengan arah antena tersebut sedangkan antena *omnidirectional* dapat melakukan *transmit* maupun *recieve* dari semua arah namun dengan jangkauan area yang sangat kecil bila dibandingkan dengan antena *directional*. Oleh karen itulah kebanyakan pengguna pesawat HT menggunakan antena *directional*, karena jangkauannya yang luas mampu mencapai daerah yang jauh, namun yang menjadi masalah adalah antena yang digunakan harus selalu diarahkan sesuai dengan posisi lawan bicara dari HT tersebut, hal ini tentu sangat menyulitkan. Untuk mengatasi masalah ini, maka diperlukanlah sebuah antena *positioner* untuk mengarahkan antena dari HT tersebut, alat ini pada umumnya terdiri dari dua bagian, yaitu rotator yang berfungsi untuk menggerakkan antena dan kontroler yang berfungsi untuk mengontrol rotator supaya arah dari antena sesuai dengan yang diinginkan. *Antena positioner* yang ada di pasaran sekarang, untuk mengerahkannya masih

dengan cara manual, operator HT itu sendiri yang harus mengarahkan antenanya. Hal ini tentu sangat merepotkan. Permasalahan ini dapat diatasi bila *antena positioner* dibuat otomatis. Antena akan mencari arah dari posisi lawan bicara HT secara otomatis. Kontroler dari *antena positioner* ini akan mengarahkan antena secara otomatis dengan tujuan mencari sinyal yang diinginkan. Seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.11 Prinsip Lerja Handy Talkie

2.5.2 Kelebihan Dan Kekurangan Handy Talky

2.5.2.1 Kelebihan:

1. Tidak memerlukan Pulsa
2. Mampu berhubungan langsung kesemua orang dengan frequency yang sama
3. Mudah dalam penggunaan,cepat untuk sampai tidak perlu mengetik nomer telp
4. Dapat digunakan tidak terdapat maslah sinyal saat cuaca buruk
5. Dapat digunkana dan didengarkan oleh jaringan khusus yang telah di setting
6. Sangat baik digunakan dalam koordinasi acara, karena terhubung dengan cepat

2.5.2.2 Kekurangan :

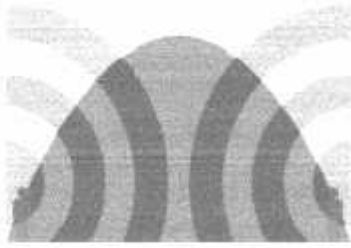
1. Tidak bisa terhubung dengan hanya satu orang
 2. Dalam berbicara harus pelan dan jelas.
 3. Speaker tidak lebih baik dari Handphone
-

4. Kurang awet batu bateray
5. Hanya digunakan untuk alat komunikasi suara, sms tidak bisa.
6. Butuh Perawatan ekstra (maintenanace)
7. Menjangkau hanya 1 KM dengan antena kecil biasa.

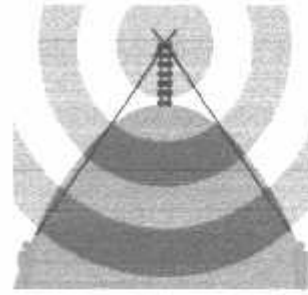
2.6 Radio Pancar Ulang (RPU) atau Repeater

Repeater (RPU= radio pancar ulang) adalah sebuah stasiun radio untuk menerima sinyal yang masuk dan mengirimnya kembali pada frekuensi yang berbeda. Repeater bermanfaat untuk memperluas jangkauan komunikasi radio hingga radius 40-100km bahkan bisa lebih. Tanpa repeater, antara pesawat HT dengan power 5watt hanya menjangkau 1- km efektif di perkotaan, bandingkan bila dengan mempergunakan RPU, hanya dengan HT (*handy Tranceiver*) dengan daya rendah, sekitar 100-300 mW saja dapat mencapai radius 20 - 60km.

Untuk memaksimalkan jangkauan, RPU biasanya diletakan di tempat ketinggian yang bebas hambatan terhadap cakupan komunikasi yang dioperasikan (*LOS=Line Of Sight*), yang paling ideal adalah diatas gunung, agar bisa menerima dan mengirim dalam jangkuan luas atau dapat juga di atas bangunan gedung dan lain sebagainya. Semakin tinggi penempatan Repeater dan Antennanya, semakin kuat pula signal radio yang di terimanya. Dalam RPU menggunakan dua frekuensi yang berbeda. Satu frekuensi untuk menerima (RX/Receiver) satu lagi frekuensi untuk mengirim (TX/Transmitter). Untuk itu alat yang dipakai harus mendukung kedua frekwensi tersebut yang mempunyai fasilitas *Duplex*. Untuk radio HT produk baru sudah tersedia fasilitas duplex tersebut.



Gambar 2.12



Gambar 2.13

Gambar 2.2 dan 2.3 Skematik Radio Pancar Ulang (Repeater) pada umumnya

Perhatikan perbedaan kedua gambar 2.11 dan 2.12, pada gambar 2.11 menunjukkan ketika dua stasiun saling melakukan transmisi, tetapi tidak dapat menjangkau stasiun lainnya. Sedangkan pada gambar 2.12, dengan menggunakan repeater, kedua stasiun dapat berhubungan karena berada dalam jangkauan repeater. Secara teori, jika tidak menggunakan repeater, jangkauan transmisi frekwensi VHF hanya sekitar 1 km – 3 km dengan hubungan LOS (Line Of Sight), tetapi dengan menggunakan repeater bisa mencapai sekitar 40 km – 100 km tergantung letak dan posisi repeater.

2.6.1 Tipe Repeater

2.6.1.1 Repeater simplex :

Repeater Simplex terdiri dari 1 (satu) unit transceiver yang bekerja pada alokasi frekuensi simpleks yang dilengkapi dengan sebuah sirkuit perekam suara digital dengan durasi pendek. Ketika transceiver menerima sinyal, maka perekam suara akan mulai merekamnya (biasanya durasi antara 30 detik hingga 60 detik). Ketika sinyal yang diterima berakhir, perekam suara digital akan secara otomatis memutar kembali hasil rekaman terakhir kemudian dengan bantuan sirkuit kontrol akan memberikan perintah kepada transceiver pada waktu yang sama untuk memancarkan suara hasil rekaman tersebut. Didalam Simplex Repeater hanya terdiri dari 1 unit radio yang berfungsi sebagai Penerima sekaligus sebagai Pemancar. Sinyal dan pesan

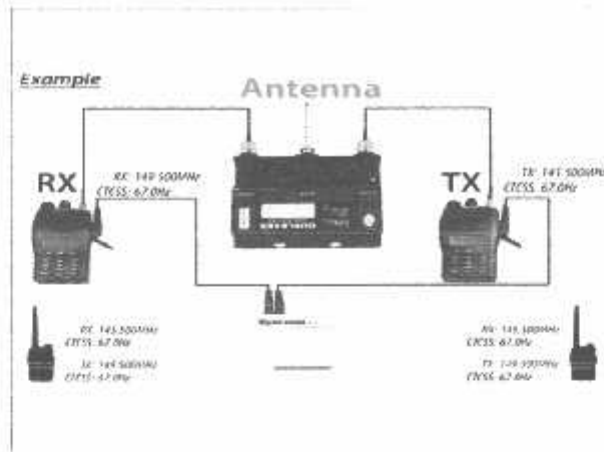
yang diterima tidak langsung di pancarkan dalam waktu yang sama, namun tetap dalam satu frequency yang sama. Seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.14 Repeater Simplex

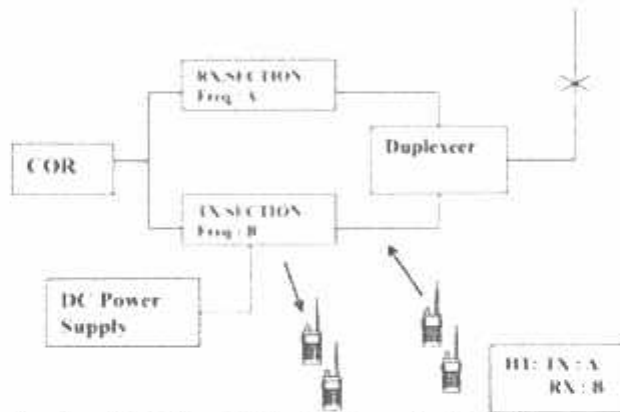
2.6.1.2 Repeater Duplex :

Adalah kombinasi dari Penerima radio dan Pemancar radio yang menerima sinyal lemah atau pada tingkat yang rendah kemudian mentransmisikan kembali pada waktu yang sama ketinggian yang lebih tinggi atau daya yang lebih tinggi pada frequency yang berbeda namun masih dalam band yang sama, sehingga sinyal dapat menjangkau jarak yang lebih jauh tanpa mengalami degradasi. Sebuah repeater duplex menggunakan dua frekuensi radio yang berbeda, satu sebagai "Input frekuensi", yang menerima untuk sinyal pembicara, dan "output frekuensi", dimana ia memancarkan kembali informasi yang diterima pada kekuatan yang lebih besar atau amplitudo tinggi. "Input Frequency" adalah frekuensi yang radio mobile(bergerak), atau radio genggam, mengirimkan untuk mencapai repeater. "Output Frequency" adalah frekuensi pemancar untuk repeater yang meneruskan audio dari sinyal yang diterima pada sisi input.



Gambar 2.15 Repeater Duplex

2.6.2 Prinsip Kerja Repeater



Gambar 2.16 Prinsip Kerja Repeater Pada Umumnya

Saat PTT HT Ditekan (ia akan memancar pada Freq A) Bag RX repeater (frequency :A) menerima informasi dari radio HT tersebut, maka bag rx aktif, dan COR akan langsung menggerakkan bag transmit (TX) yang secara bersamaan informasi yang diterima tersebut dipancarkan kembali oleh bagian TX (B). dan pancaran tersebut dapat diterima oleh HT lain dilapangan pada Frekuensi receive HT (B) Demikian pula saat HT lain mengudara untuk menjawab atau memanggil prosedur tersebut kembali berulang Repeater pada umumnya diletakkan disuatu tempat ketinggian,antennanyapun ditinggikan lagi yang biasanya diletakkan diatas tower sehingga jangkauan pancaran akan lebih jauh. Semakin tinggi letak

repeater, maka akan lebih jauh pula daya jelajahnya. Seringnya repeater diletakkan disuatu lokasi yang tinggi misalnya di puncak gunung, atau bukit. Antennanya pun di instalasikan ditower yang cukup tinggi.

Memperkirakan jarak jangkau repeater, secara sangat sederhana adalah dengan melihat area dari lokasi tersebut dengan mata kita, bila yang terlihat sangat luas, maka hampir dapat dipastikan, sejauh mata kita memandang, sampai sanalah area yang dapat dicover oleh repeater itu (Line Of Sight) mengingat keterbatasan daya pandang, dapat saja coveragenya lebih jauh dari pandangan kita. Performance sebuah repeater dipengaruhi pula oleh daya pancar repeater, sensitivitas, serta selektivitas dari repeater itu sendiri.

Untuk meningkatkan kekuatan pancaran, selain meletakkan repeater pada tempat yang tinggi, maka digunakan pula Antenna dengan penguatan (gain) yang besar.

2.7 Continuous Tone - Code Squelch System (CTCSS)

Radio dua arah biasanya menawarkan 22 saluran dan sampai 121 kode privasi, juga disebut " Kode gangguan eliminasi " untuk setiap saluran utama. Kode privasi ini memungkinkan pengguna radio dua arah untuk berkomunikasi satu sama lain tanpa campur tangan oleh radio luar .

Tidak semua repeater atau pancar ulang menggunakan mode CTCSS, tips sederhana untuk mengetahuinya bisa dengan cara memonitor pada frekuensi input repeater, memonitor transmit pancaran yang masuk ke repeater. Dengan *Continuous Tone-Coded Squelch System (CTCSS)*, sistem untuk membagi agar pengguna frekuensi dapat menggunakan satu frekuensi bersama-sama tanpa saling mengganggu. Ini adalah semacam " penjaga pintu " , agar hanya mereka yang mempunyai kunci yang sama yang bisa masuk. Secara teknis, caranya adalah dengan menyertakan tone frekuensi rendah , antara 50 sampai 300 Hz yang secara terus menerus / kontinyu diikuti dalam modulasi FM, karena rendahnya frekuensi , hampir tidak dapat terdengar oleh telinga manusia, sehingga sering disebut

"sub audible tone ". berbagai frekuensi CTCSS standard yang umum digunakan dalam teknik komunikasi RPU seperti yang ditunjukkan pada table 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 CTCSS pada umumnya

67.0 Hz	97.4 Hz	141.3 Hz	206.5 Hz
69.3 Hz	100.0 Hz	146.2 Hz	210.7 Hz
71.9 Hz	103.5 Hz	151.4 Hz	218.1 Hz
74.4 Hz	107.2 Hz	156.7 Hz	225.7 Hz
77.0 Hz	110.9 Hz	162.2 Hz	229.1 Hz
79.7 Hz	114.8 Hz	167.9 Hz	233.6 Hz
82.5 Hz	118.8 Hz	173.8 Hz	241.8 Hz
85.4 Hz	123.0 Hz	179.9 Hz	250.3 Hz
88.5 Hz	127.3 Hz	186.2 Hz	254.1 Hz
91.5 Hz	131.8 Hz	192.8 Hz	
94.8 Hz	136.5 Hz	203.5 Hz	

2.8 Pengenalan Komponen

Komponen elektronik adalah elemen terkecil dalam suatu rangkaian elektronik. Dalam rangkaian elektronik pada umumnya terdiri dari komponen aktif dan komponen pasif. Setiap komponen elektronik dibuat dengan nilai dan fungsi yang berbeda berdasarkan produsen pembuat komponen elektronik tersebut. Setiap komponen elektronik memiliki tipe, nilai dan simbol yang berbeda-beda. Tipe dan nilai yang melekat pada suatu komponen elektronik memberikan arti fungsi dan pabrikan pembuatnya. Sedangkan simbol komponen elektronik ditentukan berdasarkan jenis dan fungsinya tanpa membedakan pabrik pembuat komponen elektronik tersebut. Komponen elektronik dapat dibedakan berdasarkan bentuk dan cara pemasangannya dan dibedakan berdasarkan fungsi dan cara kerjanya.

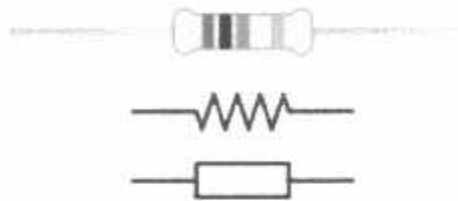
2.8.1 Komponen Elektronik Pasif

Komponen pasif adalah komponen elektronik yang dalam pengoperasiannya tidak membutuhkan sumber tegangan atau sumber arus

tersendiri. Komponen pasif pada umumnya digunakan sebagai pembatas arus, pembagi tegangan, tank circuit dan filter pasif. Komponen elektronika yang digolongkan sebagai komponen pasif diantaranya adalah resistor, kapasitor, induktor, saklar dan diode. Berikut adalah definisi dan fungsi secara umum dari komponen pasif tersebut :

2.8.1.1 Resistor

Resistor adalah komponen elektronika yang berfungsi sebagai penghambat atau pembatas arus listrik. Berikut adalah simbol dan salah satu bentuk fisik resistor.

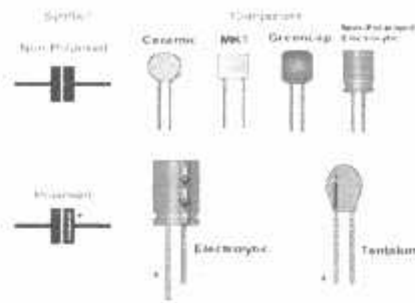


Gambar 2.17 Resistor dan Simbolnya

Dalam aplikasinya resistor dapat dirangkai secara seri dan paralel, pada rangkaian seri maka resistor dapat difungsikan sebagai pembagi tegangan dengan karakteristik nilai resistor akan bertambah sesuai dengan nilai resistor yang dihubung seri tersebut. Kemudian resistor pada konfigurasi paralel resistor berfungsi sebagai pembagi arus dan memiliki karakteristik nilai resistansi menjadi lebih rendah berbanding terbalik dengan jumlah dan nilai resistansi resistor yang diparalel.

2.8.1.2 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan muatan listrik sementara. Bentuk fisik salah satu kapasitor dan simbol kapasitor dapat dilihat seperti pada gambar berikut.

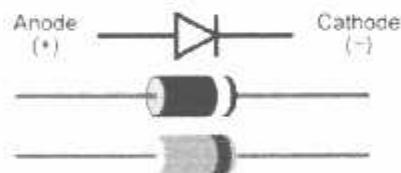


Gambar 2.18 Kapasitor dan Simbonya

Besar kecilnya muatan listrik yang dapat disimpan oleh kapasitor sebanding dengan nilai kapasitas kapasitor tersebut. Selain sebagai penyimpan muatan listrik kapasitor juga dapat digunakan sebagai penghubung atau coupling sinyal atau isyarat AC dalam suatu rangkaian pemroses sinyal.

2.8.1.3 Diode

Diode adalah komponen pasif yang dibuat dari bahan semikonduktor. Dioda berfungsi untuk mengalirkan arus listrik DC dalam satu arah saja. Dioda dibangun menggunakan dua lempeng bahan semikonduktor tipe P dan tipe N. Simbol dan salah satu bentuk fisik dioda dapat dilihat pada gambar berikut.

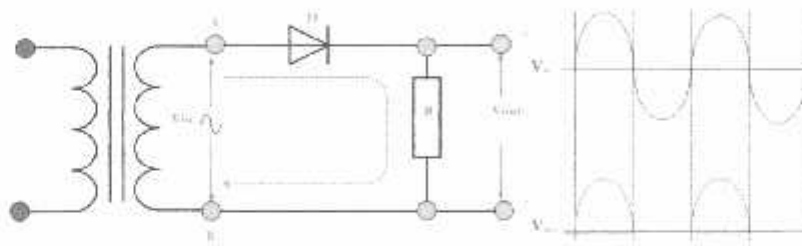


Gambar 2.19 Dioda dan Simbolnya

Dioda memiliki 2 kaki yaitu kaki Anoda dan Kaki Katoda, pada prinsipnya dioda akan mengalirkan arus DC dari Anoda ke Katoda. Pada aplikasi lain dioda dapat berfungsi sebagai penyearah gelombang AC.

2.8.1.3.1 Dioda sebagai Penyearah

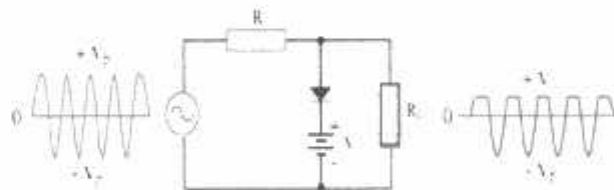
Dioda penyearah (diode rectifier) berfungsi menyearahkan atau merubah tegangan input yang AC (bolak-balik) menjadi tegangan DC (searah). Tegangan AC merupakan gelombang sinus bolak-balik, yang akan berganti dari gelombang positif ke negative terus menerus. Seperti terlihat pada gambar 2.19 merupakan rangkaian penyearah setengah gelombang dengan menggunakan satu buah diode. Resistor dipasang sebagai tahanan beban rangkaian.



Gambar 2.20 Dioda Sebagai Penyearah

2.8.1.3.2 Dioda sebagai Clamper

Rangkaian Clamper adalah rangkaian yang digunakan untuk memberikan offset tegangan DC, dengan demikian, tegangan yang dihasilkan adalah tegangan input ditambahkan dengan tegangan DC. Rangkaian ini untuk mendorong sinyal masukan pada suatu level tegangan DC tertentu.



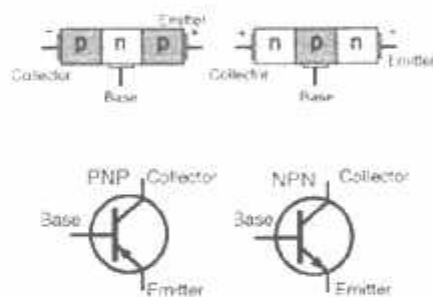
Gambar 2.21 Dioda Sebagai Clamper

2.8.2 Komponen Elektronika Aktif

Komponen aktif adalah komponen elektronika yang dalam pengoperasiannya membutuhkan sumber tegangan atau sumber arus dari luar. Ada banyak tipe komponen aktif yang digunakan dalam rangkaian atau sistem elektronika. Secara umum komponen aktif dibangun menggunakan bahan semikonduktor yang didesain sedemikian rupa sehingga memiliki fungsi, nilai dan kapasitas sesuai kebutuhan yang diinginkan. Beberapa contoh komponen aktif adalah.

2.8.2.1 Transistor

Transistor merupakan komponen aktif yang dibangun dari tiga lempeng semikonduktor tipe P dan tipe N. Transistor dapat berfungsi sebagai penguat sinyal dan dapat juga berfungsi sebagai saklar elektronik. Berikut adalah salah satu contoh dan simbol transistor.



Gambar 2.22 Transistor PNP dan NPN

Transistor terdiri dari dua tipe yaitu transistor NPN dan PNP. Kemudian dari dua tipe tersebut transistor dibagi lagi menjadi dua jenis menjadi transistor bipolar dan transistor unipolar. Transistor bipolar memiliki 3 kaki yaitu basis, kolektor dan emitor, sedangkan transistor unipolar memiliki tiga kaki yaitu gate, source dan drain.

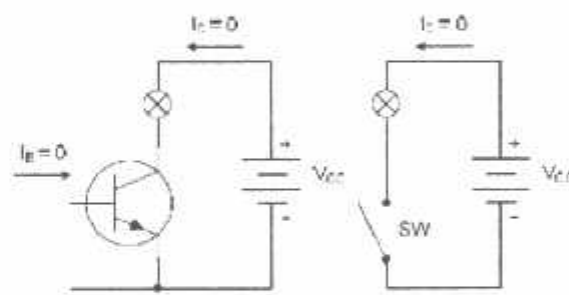
2.8.2.2 Transistor Sebagai Saklar

Secara perhitungan mudah, nilai Resistor yang dapat dihubungkan pada kaki basis transistor supaya dapat menjadi trigger dengan baik adalah sebagai berikut :

Salah satu cara termudah untuk memahami cara kerja transistor adalah dengan menganggapnya sebagai sebuah saklar. Untuk menghasilkan kondisi on/off seperti pada saklar, transistor dioperasikan pada salah satu titik kerjanya, titik saturasi dan cut off. Transistor akan aktif apabila diberikan arus pada basis transistor sebesar :

$$I_B = I_{B(\text{saturasi})}$$

Saat kondisi saturasi, transistor seperti sebuah saklar yg tertutup (on) sehingga arus dapat mengalir dari kolektor menuju emitor. Sedangkan saat kondisi cutoff, transistor seperti sebuah saklar yg terbuka (off) sehingga tidak ada arus yg mengalir dari kolektor ke emitor.



Gambar 2.23 Transistor sebagai saklar

Agar transistor dapat bekerja sebagai saklar, ada beberapa hal yg harus diperhatikan diantaranya :

1. Menentukan I_C (Arus Colector)

I_C adalah arus beban yg akan mengalir dari kaki kolektor ke emitor. Besarnya arus beban ini tidak boleh lebih besar dari I_C maksimum yang dpt

dilewatkan oleh transistor. Arus beban ini dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$I_{C(\text{beban})} < I_{C(\text{max})} \leftarrow \text{syarat}$$
$$I_{C(\text{beban})} = \frac{V_{CC}}{R_L}$$

2. Menentukan hfe transistor

Setelah arus beban yg akan dilewatkan pada transistor diketahui maka selanjutnya adalah menentukan transistor yg akan dipakai dengan syarat seperti berikut.

$$I_{C(\text{beban})} < I_{C(\text{max})}$$
$$hfe > 5 \times \frac{I_{C(\text{beban})}}{I_{C(\text{max})}}$$

3. Menentukan Rb (Resistor Basis)

Setelah transistor yg akan dipakai sebagai saklar telah ditentukan maka selanjutnya adalah menentukan hambatan pada basis (Rb). Besarnya Rb ini dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$I_B = \frac{I_{C(\text{beban})}}{hfe}$$
$$R_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{I_B}$$

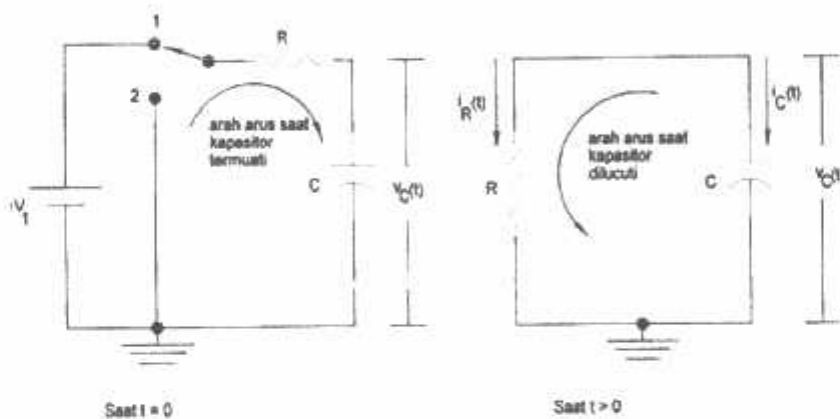
2.9 Rangkaian RC

Rangkaian RC atau biasa kita kenal dengan rangkaian RC Filter dan RC Network adalah rangkaian yang terdiri dari resistor dan kapasitor. Rangkaian yang satu ini sering kita jumpai dalam suatu rangkaian elektronika. Rangkaian RC juga dibidang rangkaian sederhana karena hanya terdapat satu resistor dan satu kapasitor.

Rangkaian Resistor-Kapsitor dapat kita gunakan sebagai penyaring sinyal yang masuk dengan cara memblok atau menahan sinyal frekuensi

tertentu dan meneruskan sinyal yang lainnya. Penyaring RC sendiri terdiri dari 4 bagian, diantaranya high – pass filter, low – pass filter, band – pass filter dan band – stop filter.

Rangkaian RC sederhana biasanya dirangkaian dengan rangkaian seri resistor dan rangkaian seri kapasitor. Ketika rangkaian yang hanya terdiri dari kapasitor bermuatan resistor, selanjutnya kapasitor tersebut akan melepaskan energy yang tersimpan didalam resistor. Beda potensial kapasitor tergantung pada waktu yang dihasilkan kemudian di hitung menggunakan hukum kirchhoff. Dalam hukum kirchhoff juga menyatakan arus yang nantinya melewati kapasitor harus sama dengan arus yang melewati resistor. Hasil dari kedua arus ini disebut persamaan diferensial linier, skema Rangkaian RC bisa dilihat pada gambar 2.24 berikut ini.



Gambar 2.24 Skema Rangkaian RC

Rangkaian RC Seri dan Paralel kurang menarik jika kita membandingkannya dengan rangkaian seri dan rangkaian paralel. Hal ini terjadi karena tegangan arus yang keluar sama dengan arus yang masuk. Jadi, didalam rangkaian tidak terjadi penyaringan (filter) kecuali salah satu rangkaian tersebut diberi sumber arus.

Secara umum, rumus pengisian kapasitor untuk tegangan dan arus dapat dinyatakan seperti berikut :

- tegangan kapasitor saat t detik

$$V_c(t) = V_{in} + \left\{ \left\{ V_c(0) - V_{in} \right\} e^{-t/RC} \right\}$$

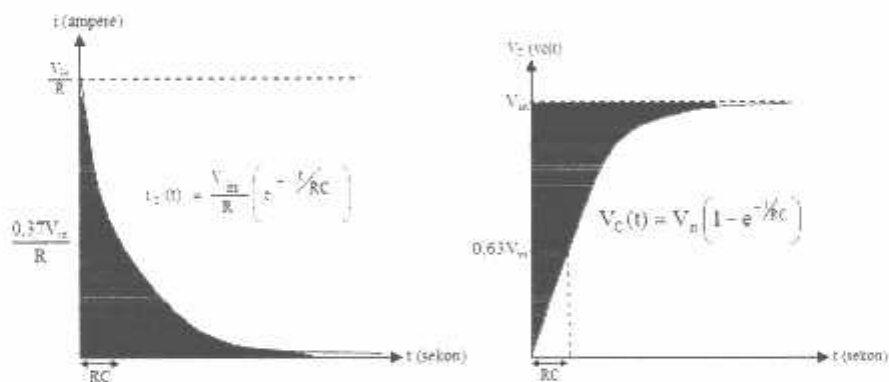
apabila sebelum pengisian tidak terdapat adanya tegangan awal pada kapasitor, $V_c(0)=0V$, maka persamaan diatas menjadi :

$$V_c(t) = V_{in} \left\{ 1 - e^{-t/RC} \right\}$$

- arus pengisian setelah t detik

$$i_c(t) = \left(\frac{V_{in}}{R} \right) e^{-t/RC}$$

Apabila digambarkan dalam grafik maka tegangan dan arus pada pengisian kapasitor akan membentuk grafik eksponensial seperti berikut.



Gambar 2.25 Respon rangkaian diode dengan beban RC.

Bentuk matematika dalam rangkaian ini dapat di turunkan dengan menggunakan hukum kekekalan energi. Gaya gerak listrik baterai akan sama dengan jumlah tegangan jatuh dari resistor dan kapasitor. Tahanan ini meliputi seluruh tahanan dalam rangkaian termasuk tahanan dalam baterai. Rangkaian i merupakan arus dalam rangkaian pada suatu saat dan Q muatan pada kapasitor pada saat yang sama. Keduanya merupakan fungsi waktu.

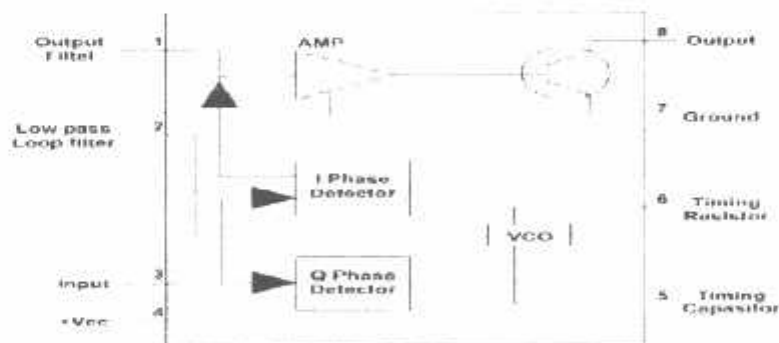
Besar muatan yang mengalir melalui resistor sama dengan jumlah muatan yang terkumpul pada kapasitor.

Persamaan dari suatu rangkaian ini dapat dilihat dalam muatan Q pada kapasitor bertambah dari $Q=0$ pada $t=0$, hingga mencapai harga maksimum $Q=C$ setelah jangka waktu yang sangat lama. Besarnya RC di sebut konstanta waktu (time constant) rangkaian. Hal ini menunjukkan bahwa waktu yang di perlukan kapasitor untuk mencapai $(1- e^{-1})$ atau 63 % dari muatan maksimum. Demikian penjelasan singkat tentang rangkaian rc.

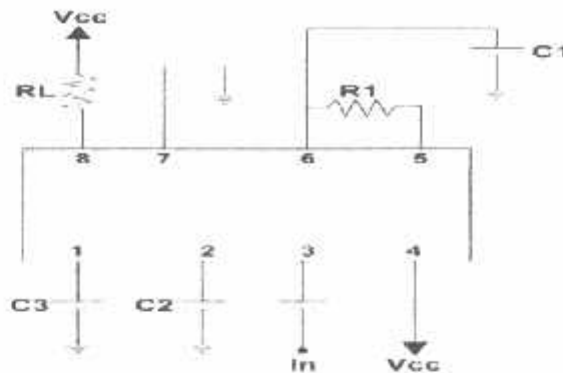
2.10 IC LM567

IC (*Integrated Circuit*) LM567CM adalah sirkuit terpadu untuk mengurai data yang tersandikan dalam bentuk frekuensi gelombang suara dalam rentang frekuensi tengah (*center frequency*) yang dapat disetel antara 0,01 Hz hingga 500 kHz.

Rangkaian IC terdiri dari 2 buah decoder yaitu I (*arus Phase detector*) dan Q (*Quadrature Phase Detector*), VCO (*ossilator dengan tegangan terkendali*) dan saklar transistor. Tanpa adanya signal masukan, saklar transistro akan off dan VCO akan bekerja bebas pada suatu frekuensi yang ditentukan oleh komponen-komponen eksternal $R1$ dan $C1$. jika ada signal masukan dengan frekuensi f_1 rangkaian decoder fasa akan membandingkan fasa dari frekuensi signal masukan dengan frekuensi VCO.



Gambar 2.26 Rangkaian Internal IC LM567



Gambar 2.27 Aplikasi Tone Decoder LM567

Jika ada perbedaan diantara kedua frekuensi tersebut, maka dibangkitkanlah tegangan kesalahan yang sebanding dengan perbedaan itu akan disaring oleh filter dan diumpun balikkan kembali ke masukan VCO dan memaksa VCO mengubah frekuensi sehingga perbedaan itu berkurang. Jika frekuensi masukan cukup dekat dengan frekuensi tengah (f_0), maka VCO akan mengsinkronkan operasinya dengan sinyal yang datang atau VCO mengunci pada frekuensi masukan. Dengan demikian frekuensi VCO ini hampir sama dengan frekuensi masukan dan menghasilkan frekuensi di 1 (arus) *phase detektor* untuk memaksa saklar transistor untuk bekerja pada daerah saturasi (on).

Frekuensi tengah (f_0) besarnya sama dengan frekuensi beban VCO dan dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$f_0 = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1}$$

- Dimana :
- f_0 = Frekuensi tengah
 - R1 = Tahanan 1
 - C1 = Kapasitor 1

IC ini menyediakan saklar berbasis transistor tersaturasi yang akan mengalihkan arus sinyal ke *ground* saat sinyal masukan terdeteksi pada pita frekuensi tertentu (*passband*). Rangkaian ini mampu menangkal sinyal palsu

(*false signals*), dan memiliki tingkat penolakan derau dan sinyal tepi (*out of band signals and noise rejection*) yang tinggi.

Aplikasi dari IC ini meliputi antara lain:

1. Pengurai sandi nada pada sistem telepon/PSTN (*touch tone decoding*)
2. Osilator yang presisi (contoh: *Phase-Locked Loop (PLL) Oscillator*)
3. Pengendalian dan pengawasan frekuensi
4. Demodulasi FSK (*Frequency Shift Keying*) berpita lebar
5. Pengendali ultrasonik pada Ultrasonic transceivers / transducers.
6. Pengendali jarak jauh (*carrier current remote control*)
7. Pengurai sandi komunikasi

Kemampuan dari IC LM567 antara lain:

1. Kompatibel output logika dengan kapasitas arus benam (current sinking) 100mA
2. Penolakan dari pita (band) sinyal dan noise yang tinggi
3. Melindungi dari kesalahan sinyal
4. Stabilitas Frekuensi tengah yang tinggi
5. Frekuensi tengah yang mudah diatur dari 0.01 Hz sampai dengan 500 kHz.

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

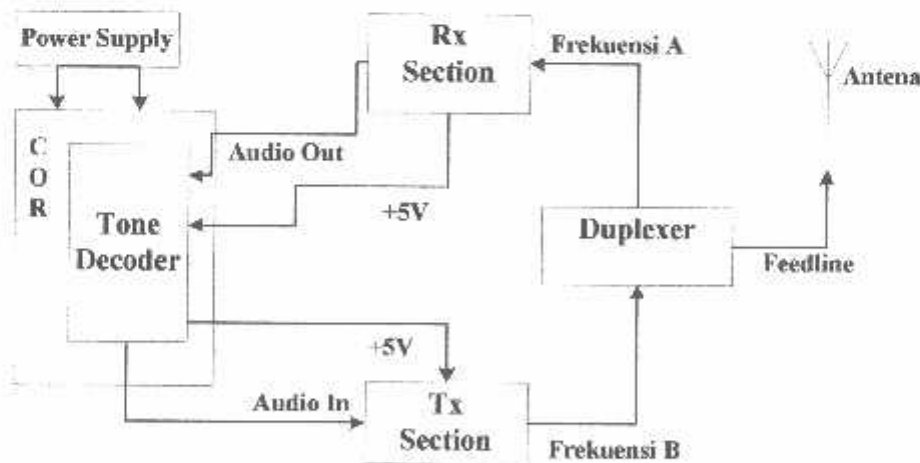
3.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas perancangan dari sebuah sistem yang akan dibuat dalam penelitian ini. Perancangan meliputi perencanaan dan pembuatan alat yang mana akan digambarkan lebih lanjut tentang diagram blok sistem. Pada perancangan pembuatan alat *Tone Decoder* menggunakan sebuah IC LM567 dengan acuan dasar pada blok diagram Radio Pancar Ulang yang menggunakan *Tone Decoder*.

Penelitian ini bersifat aplikatif, yaitu perancangan dan pembuatan alat agar dapat menampilkan unjuk kerja sesuai dengan yang direncanakan. Pada perancangan alat pemilihan komponen mengikuti acuan dari data sheet *Tone Decoder LM567*.

3.2 Blok Diagram Sistem

Diagram blok secara keseluruhan menggambarkan bagaimana rangkaian nanti bekerja sebagaimana harusnya, dan blok diagram ini nantinya akan berhubungan dengan rangkaian *tone decoder* yang dibangun dengan menggunakan IC LM567.



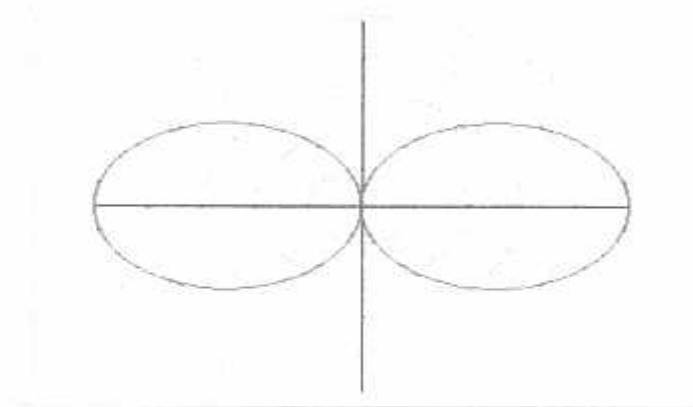
Gambar 3.1 Repeater Duplexer dengan menggunakan *Tone Decoder*

Keterangan diagram-diagram blok sebagai berikut:

1. Antena

Sebagian besar repeater hanya menggunakan 1 antena. Antena tersebut dapat bekerja sebagai antena transmiter dan antena receiver secara bersamaan. Antena tersebut dapat mentransmit dan mereceive sinyal frekuensi radio yang masuk dan keluar repeater secara bersamaan. Biasanya repeater mempunyai performa tinggi, durable/tahan lama, dengan antena yang sangat efisien yang terletak setinggi mungkin. Harga antenanya bisa jadi sangat mahal, tetapi antena tersebut dapat bekerja selama 10 hingga 25 tahun.

Antena yang digunakan dalam RPU ini adalah jenis Antena Folded Dipole, dengan area coverage seperti pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Coverage Area Antena Dipole

2. Feedline

Feedline untuk repeater pada umumnya tidak sekedar cable coaxial standar pasaran, feedline khusus repeater biasa disebut sebagai *Hardline*. *Feedline* tersebut lebih terlihat seperti pipa dengan konduktor didalamnya daripada sebuah kabel. *Hardline* tersebut harus mempunyai performa yang tinggi, dengan signal loss yang rendah. Sekali anda menerima signal berapapun persentasenya, signal loss itu tidak akan anda dapatkan lagi. Tidak seperti *feedline* pada rig yang mobile, *Hardline* ini panjangnya tidak hanya semeter dua meter, melainkan bisa mencapai ratusan meter

tergantung dari tinggi tower. Semakin tinggi kualitas hardline maka realibilitasnya semakin tinggi, tentunya biaya pemeliharanya pun menjadi lebih rendah.

feedline banyak dipakai oleh rekan-rekan karena mudah didapatkan di pasaran serta mudah handlingnya yang mempunyai impedansi 50 Ohm.

3. Duplexer

Alat ini memegang peranan penting dalam sebuah sistem repeater. Duplexer ini bertugas untuk memisahkan dan mengisolasi antara sinyal yang masuk dengan sinyal yang keluar dan sebaliknya. Meskipun frekuensi input dan frekuensi output repeater berbeda, duplexer tetap diperlukan. Disitulah peran duplexer, alat tersebut mencegah transmitter dan receiver untuk "mendengar" satu sama lain dengan cara mengisolasi sinyal tersebut. Semakin baik isolasinya semakin baik pula hasilnya.

Duplexer biasa juga disebut sebagai cavities dan kadang juga disebut cans. Sebuah duplexer mempunyai bentuk seperti sebuah canister yang tinggi yang didesign agar mampu melewatkan range frekuensi yang sangat-sangat sempit dan menolak semua frekuensi diluar range frekuensi yang ditentukan. Meskipun demikian, duplexer juga menyebabkan loses. Loss yang disebabkan duplexer disebut "insertion loss". Namun loss tersebut sebanding dengan keuntungan menggunakan duplexer : menggunakan 1 feedline dan 1 antena.

4. Receiver

Alat yang digunakan untuk menerima sinyal frekuensi radio. Pada peralatan repeater, receiver ini umumnya bersifat sangat sensitif dan selektif serta berperforma tinggi sehingga mampu mendengar sinyal dari station yang lemah sehingga station lemah tersebut dapat terdengar oleh receiver lainnya. Disini juga berlangsung apa yang namanya CTCSS (Continuous Tone Coded Squelch System) atau "PL" decoding.

Daya penerima dari Radio Pncar Ulang (RPU) bisa dihitung dengan Rumus:

$$Pr = Pt \frac{Aet \times Aer}{r^2 \times \lambda^2}$$

Keteranga :

1. Pr = Daya Penerima (w)
2. Pt = Daya Pemancar (w)
3. Aet = Effective Aperture dari antena pemancar (m^2)
4. Aer = Effective Aperture dari antena penerima (m^2)
5. r^2 = Jarak Antara Antena (m)
6. λ^2 = Panjang Gelombang (m)

Dimana :

$$Pr = Pt \frac{Aet \times Aer}{r^2 \times \lambda^2} = 5 \frac{0,75 \times 0,75}{5,5^2 \times 10^6 \times 0,7^2} = 0,18 \mu W$$

5. Transmitter

Mesin pada umumnya mempunyai bagian transmitter yang terdiri dari 2 bagian utama : "exciter" dan power. Exciter berfungsi untuk membangkitkan sinyal frekuensi radio dengan level energi rendah yang besar frekuensinya presisi kemudian frekuensi tersebut dimodulasikan dengan audio. Pada tahapan power amplifier sinyal tersebut di boost sedemikian hingga level energinya naik dan sinyal yang sudah diboost inilah yang kemudian berjalan (travelled). Ada 2 jenis transmitter : intermittent duty dan continuous duty. Continuous duty lebih sering digunakan. Daya pancar dari Radio Pancar Ulang (RPU) ini sebesar 5W.

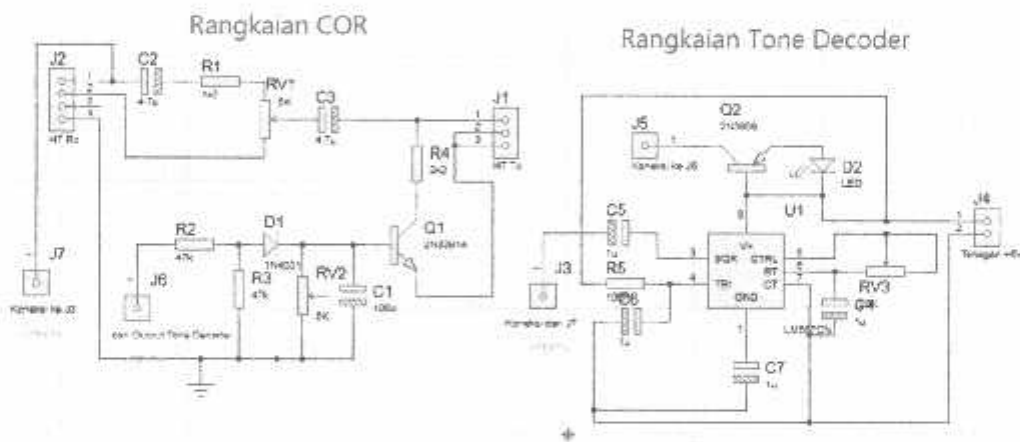
6. Carrier Operated Relay

Bagian ini adalah otak dari repeater. Bagian ini bertugas untuk mengidentifikasi stasiun-stasiun, baik melalui CW maupun suara, melakukan transmisi pada saat yang tepat, dan mengontrol autopatch, dll. Controller ini sebetulnya adalah sebuah komputer yang diprogram khusus untuk mengontrol repeater. Ada berbagai macam fitur yang ditawarkan ada

70 cm (440 MHz, also called "UHF")	Up or down 5 MHz, depends on local area usage
33 cm (900 MHz)	-25 MHz
23 cm (1200 MHz)	-20 MHz

Untuk menggunakan repeater, user station harus menggunakan frekuensi transmit dan frekuensi receive yang berbeda. Hal tersebut yang membentuk operasi duplex, atau operasi 2 frekuensi. Tapi pada sisi pengguna/user station operasi kerja handheldnya adalah half duplex, karena alatnya tidak dapat melakukan transmit dan receive secara bersamaan, melainkan harus menekan tombol push-to-talk untuk berpindah mode dari receive ke transmit.

3.3 Cara Kerja Rangkaian



Gambar 3.3 rangkaian gabungan antara COR dengan Tone Decoder

Sinyal radio dengan modulasi FM untuk melakukan penkodean pada rangkaian COR (*Carrier Operated Relay*) harus menggunakan nada CTCSS (*Continuous Tone-Code Squelch System*) yang terdiri dari nada suara dengan frekuensi sangat rendah (Sub Audibel) sesuai dengan standar FCC yaitu dari frekuensi 67,0 Hz – 254,1 Hz yang dapat dipisahkan menurut tabel berikut:

Tabel 3.2 CTCSS Pada Umumnya

67.0 Hz	97.4 Hz	141.3 Hz	206.5 Hz
69.3 Hz	100.0 Hz	146.2 Hz	210.7 Hz
71.9 Hz	103.5 Hz	151.4 Hz	218.1 Hz
74.4 Hz	107.2 Hz	156.7 Hz	225.7 Hz
77.0 Hz	110.9 Hz	162.2 Hz	229.1 Hz
79.7 Hz	114.8 Hz	167.9 Hz	233.6 Hz
82.5 Hz	118.8 Hz	173.8 Hz	241.8 Hz
85.4 Hz	123.0 Hz	179.9 Hz	250.3 Hz
88.5 Hz	127.3 Hz	186.2 Hz	254.1 Hz
91.5 Hz	131.8 Hz	192.8 Hz	
94.8 Hz	136.5 Hz	203.5 Hz	

Nada CTCSS (Continuous Tone-Code Squelch System) ini pada bagian penerima diterjemahkan oleh Ic Tone Decoder LM567, yang akan aktif menghasilkan tegangan low pada kaki IC LM567 nomor 8 bila nada yang sesuai terdeteksi melalui kaki input IC nomor 3.

Frekuensi nada yang terdeteksi dapat ditentukan oleh perubahan R1 dan C1 dengan rumus $f_0 = \left(\frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} \right)$ Hz dimana R1 dalam Ω (ohm) dan C1 dalam Farrad.

Untuk mengaktifkan Unit pemancar (Tx) maka kaki nomor 8 dari IC digunakan untuk menghidupkan transistor PNP A1015 yang selanjutnya akan mengaktifkan transistor NPN C828 atau C945. Transistor C828 ini digunakan untuk mengaktifkan tombol PTT (Push To Talk) yang ada di yang ada di unit pemancar (Tx) secara elektronik, sehingga unit penerima (Rx) dan unit pemancar (Tx) akan bekerja secara simultan mana kala penerima (Rx) menerima sinyal radio pada frekuensi (kanal) VHF yang sesuai dengan nasa frekuensi CTCSS (*Continuous Tone-Code Squelch System*) yang sesuai juga, seperti pada gambar 3.3

C1 adalah kapasitor pada kaki no.6 pada IC dalam μF

Fo adalah frekuensi tengah pada rangkaian tone decoder

3.5 Perhitungan Rangkaian Tone Decoder

3.5.1 Untuk R1= 1K Ω

$$\text{➤ } R1 = 1 \quad \text{K}\Omega \quad F_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,1 \times 10^3 \times 10^{-6}} = 999,7 \text{ Hz}$$

$$C1 = 1 \mu\text{F}$$

$$\text{➤ } R1 = 1 \quad \text{K}\Omega \quad F_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,1 \times 10^3 \times 2,2 \cdot 10^{-6}} = 524,9 \text{ Hz}$$

$$C1 = 2,2 \mu\text{F}$$

$$\text{➤ } R1 = 1 \quad \text{K}\Omega \quad F_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,1 \times 10^3 \times 3,3 \cdot 10^{-6}} = 365,1 \text{ Hz}$$

$$C1 = 3,3 \mu\text{F}$$

$$\text{➤ } R1 = 1 \quad \text{K}\Omega \quad F_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,1 \times 10^3 \times 4,7 \cdot 10^{-6}} = 215,2 \text{ Hz}$$

$$C1 = 4,7 \mu\text{F}$$

$$\text{➤ } R1 = 1 \quad \text{K}\Omega \quad F_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,1 \times 10^3 \times 10^{-5}} = 101,3 \text{ Hz}$$

$$C1 = 10 \mu\text{F}$$

Tabel hasil perhitungan dan pengukuran untuk R1=1K Ω dimana nilai C1 yg berubah-ubah, dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Hasil Perhitungan untuk $R1=1K\Omega$

No	R1 ($K\Omega$)	C1 (μF)	Fo Hasil Perhitungan (Hz)
1	1	1	999,7
2	1	2,2	524,9
3	1	3,3	365,1
4	1	4,7	215,2
5	1	10	101,3

3.5.2 Untuk $R1 = 3,3 K\Omega$

➤ $R1 = 3,3 K\Omega$

$$F_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,1 \times 3,3 \cdot 10^3 \times 10^{-6}} = 288,1 Hz$$

$C1 = 1 \mu F$

➤ $R1 = 3,3 K\Omega$

$$F_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,1 \times 3,3 \cdot 10^3 \times 2,2 \cdot 10^{-6}} = 155,1 Hz$$

$C1 = 2,2 \mu F$

➤ $R1 = 3,3 K\Omega$

$$F_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,1 \times 3,3 \cdot 10^3 \times 3,3 \cdot 10^{-6}} = 107,9 Hz$$

$C1 = 3,3 \mu F$

➤ $R1 = 3,3 K\Omega$

$$F_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,1 \times 3,3 \cdot 10^3 \times 4,7 \cdot 10^{-6}} = 59,8 Hz$$

$C1 = 4,7 \mu F$

➤ $R1 = 3,3 K\Omega$

$$F_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,1 \times 3,3 \cdot 10^3 \times 10^{-5}} = 27,55 Hz$$

$C1 = 10 \mu F$

Tabel hasil perhitungan dan pengukuran untuk $R1=3,3K\Omega$ dimana nilai $C1$ yg berubah-ubah, dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Hasil Perhitungan $R1=3,3K\Omega$

No	R1 ($K\Omega$)	C1 (μF)	Fo Hasil Perhitungan (Hz)
1	3,3	1	288,1
2	3,3	2,2	155,1
3	3,3	3,3	107,9
4	3,3	4,7	59,8
5	3,3	10	27,55

3.5.3 Untuk $R1 = 4,7 K\Omega$

➤ $R1 = 4,7 K\Omega$
$$F_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,1 \times 4,7 \cdot 10^3 \times 10^{-9}} = 213,7 Hz$$

$C1 = 1 \mu F$

➤ $R1 = 4,7 K\Omega$
$$F_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,1 \times 4,7 \cdot 10^3 \times 2,2 \cdot 10^{-8}} = 113,6 Hz$$

$C1 = 2,2 \mu F$

➤ $R1 = 4,7 K\Omega$
$$F_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,1 \times 4,7 \cdot 10^3 \times 3,3 \cdot 10^{-6}} = 76,92 Hz$$

$C1 = 3,3 \mu F$

➤ $R1 = 4,7 K\Omega$
$$F_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,1 \times 4,7 \cdot 10^3 \times 4,7 \cdot 10^{-5}} = 42,4 Hz$$

$C1 = 4,7 \mu F$

➤ $R1 = 4,7 K\Omega$
$$F_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,1 \times 4,7 \cdot 10^3 \times 10^{-5}} = 20,3 Hz$$

$$C1 = 10 \mu F$$

Tabel hasil perhitungan dan pengukuran untuk $R1=4,7K\Omega$ dimana nilai $C1$ yg berubah-ubah, dapat dilihat pada tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan $R1=4,7K\Omega$

No	R1 ($K\Omega$)	C1 (μF)	Fo Hasil Perhitungan (Hz)
1	4,7	1	213,7
2	4,7	2,2	113,6
3	4,7	3,3	76,92
4	4,7	4,7	42,4
5	4,7	10	20,3

3.5.4 Untuk $C1 = 10 \mu F$

$$\text{➤ } C1 = 10 \mu F \quad f_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,35 \times 10^3 \times 10^{-5}} = 67 Hz$$

$$R1 = 1,35 K\Omega$$

$$\text{➤ } C1 = 10 \mu F \quad f_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,31 \times 10^3 \times 10^{-5}} = 69,3 Hz$$

$$R1 = 1,31 K\Omega$$

$$\text{➤ } C1 = 10 \mu F \quad f_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,26 \times 10^3 \times 10^{-5}} = 71,9 Hz$$

$$R1 = 1,26 K\Omega$$

$$\text{➤ } C1 = 10 \mu F \quad f_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,22 \times 10^3 \times 10^{-5}} = 74,4 Hz$$

$$R1 = 1,22 K\Omega$$

$$\text{➤ } C1 = 10 \mu F \quad f_o = \frac{1}{1,1 \times R1 \times C1} = \frac{1}{1,18 \times 10^3 \times 10^{-5}} = 77 Hz$$

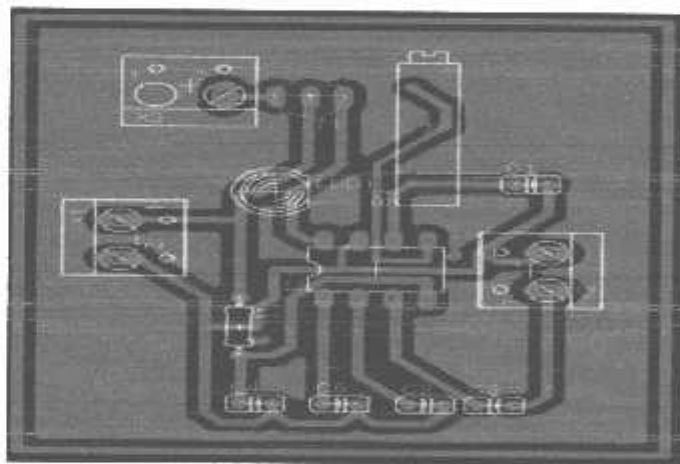
$$R1 = 1,18 \text{ K}\Omega$$

Tabel hasil perhitungan dan pengukuran untuk $C1=10\text{K}\Omega$ dimana nilai $R1$ yang berubah-ubah, dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.6 Hasil Perhitungan $R1=10\text{K}\Omega$

No	C1 (μF)	R1 ($\text{K}\Omega$)	Fo Hasil Perhitungan (Hz)
1	10	1,34	67,0
2	10	1,31	69,3
3	10	1,26	71,9
4	10	1,22	74,4
5	10	1,18	77,0

Berikut adalah gambar PCB serta bentuk fisik dari rangkaian Tone Decoder



gambar 3.5 PCB Tone decoder

BAB IV

PENGUJIAN ALAT

4.1 Pengukuran dan Pengujian Alat

Pada bab ini melakukan pengukuran pada Tone decoder dan implementasikan ke dalam rangkaian COR bertujuan untuk mengenali nada terdekat oleh IC Decoder yang dikenal dengan *CTCSS (Code Tone Control Squelz System)* dan diimplementasikan pada Radio Pancar Ulang (RPU). Untuk meningkatkan pengamanan pada Radio Pancar Ulang (RPU) agar terhindar dari pengguna lain yg tidak berhak menggunakannya.

4.2 Pengukuran Frekuensi Tengah (F_0)

Tujuan dari pengukuran frekuensi tengah ini untuk mengetahui rangkaian Tone Decoder ini memang berfungsi dan juga untuk memastikan hasil pengukuran mendekati hasil perhitungan rangkaian Tone Decoder.

4.2.1 Alat yang Digunakan

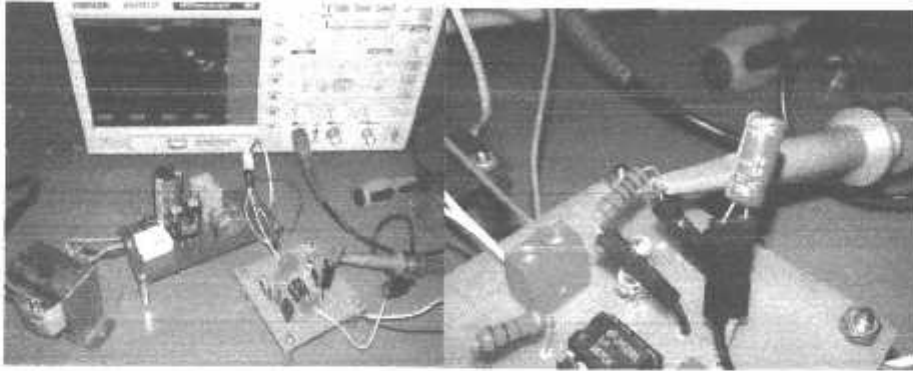
1. Rangkaian Catu daya 5 volt
2. Rangkaian Tone Decoder
3. Osciloskop digital
4. Kabel Probe

4.2.2 Langkah-langkah Pengukuran

1. Hubungkan rangkaian catu daya sebesar 5 Volt ke rangkaian Tone Decoder.
 2. Hubungkan kabel probe dari osciloscop digital ke rangkaian Tone Decoder.
 3. Mengukur dan mencatat hasil frekuensi tengah hingga tampil dilayar LCD Osciloscop Digital.
-

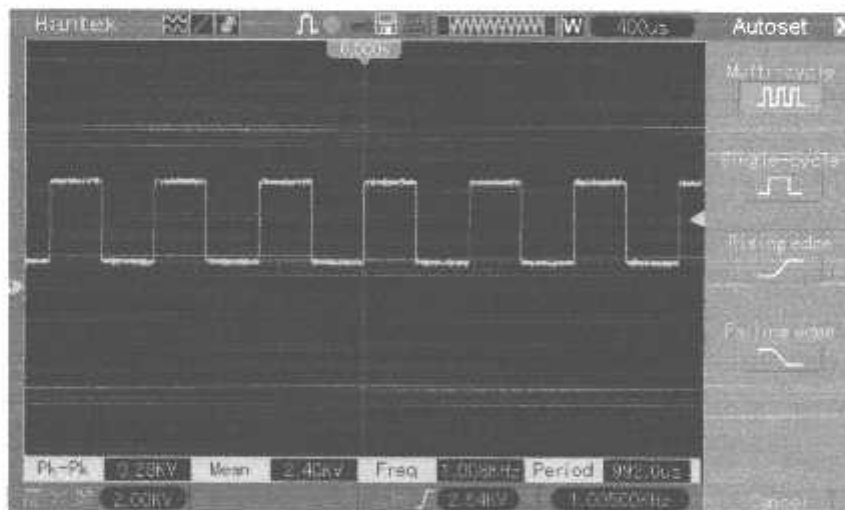
4.3 Hasil Pengukuran untuk $R1=1K\Omega$

Dalam pengukuran ini, nilai $R1$ pada kaki nomor 5 dari IC LM567 sebesar $1K\Omega$ dan nilai $C1$ pada kaki nomor 6 yang berubah-ubah dimana $C1= 1\mu F, 2,2\mu F, 3,3\mu F, 4,7\mu F,$ dan $10\mu F$.



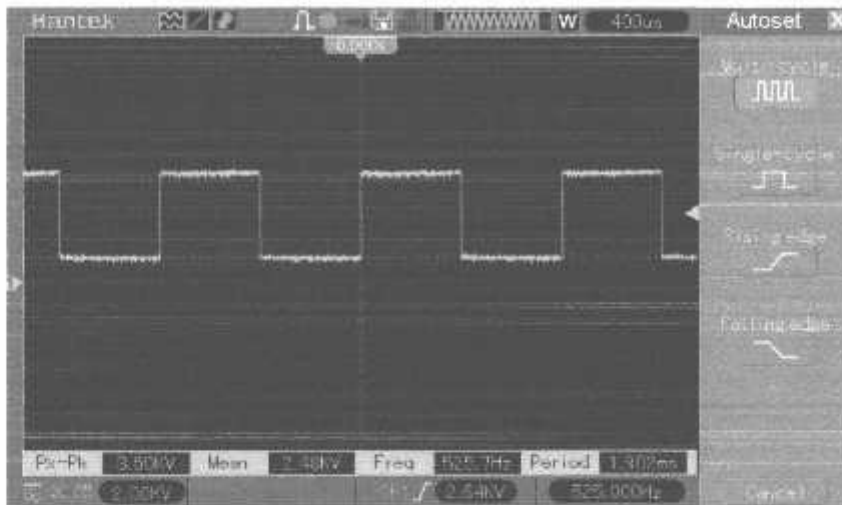
Gamba 4.1 Pengukuran $R1=1K\Omega$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $R1=1K\Omega$ dan $C1=1\mu F$ diperoleh nilai F_0 sebesar $1,008KHz$. Dapat dilihat pada gambar 4.2 sebagai berikut.



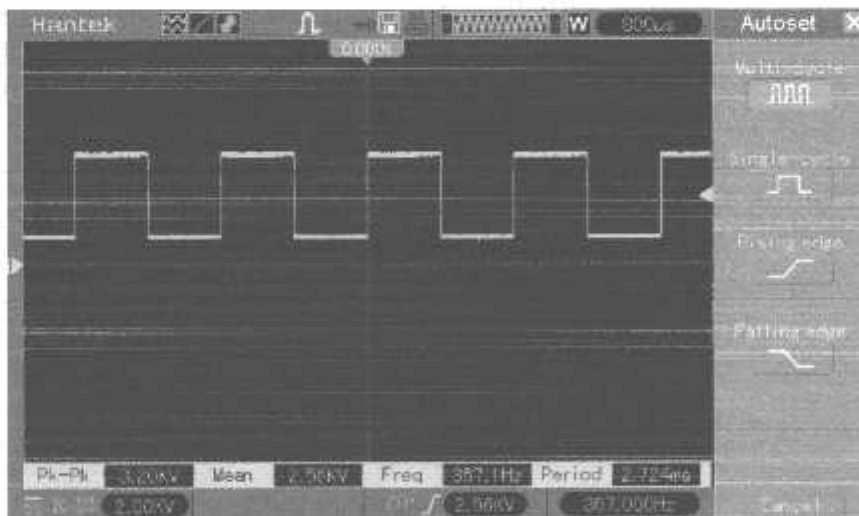
Gambar 4.2 Jika $R1=1K\Omega$ dan $C1=1\mu F$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $R_1=1K\Omega$ dan $C_1=2,2\mu F$ diperoleh nilai F_0 sebesar 525,7Hz. Dapat dilihat pada gambar 4.3 sebagai berikut.



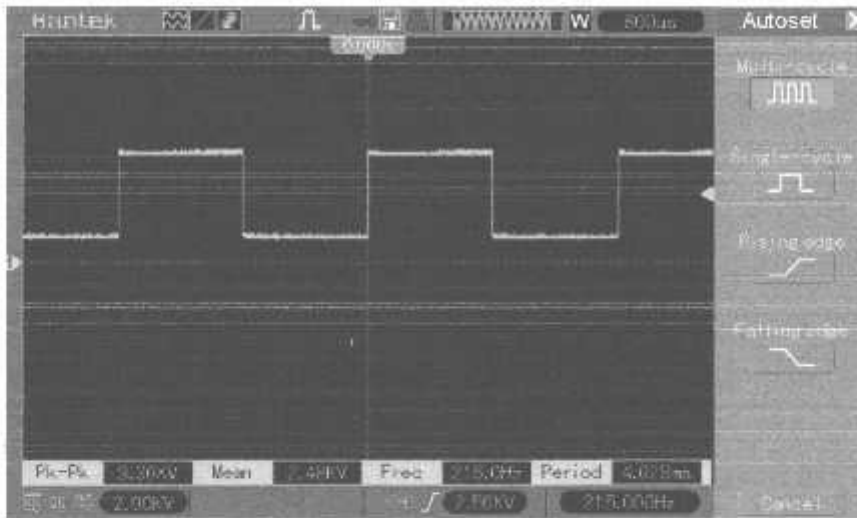
Gambar 4.3 Jika $R_1=1K\Omega$ dan $C_1=2,2\mu F$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $R_1=1K\Omega$ dan $C_1=3,3\mu F$ diperoleh nilai F_0 sebesar 367,1Hz. Dapat dilihat pada gambar 4.4 sebagai berikut.



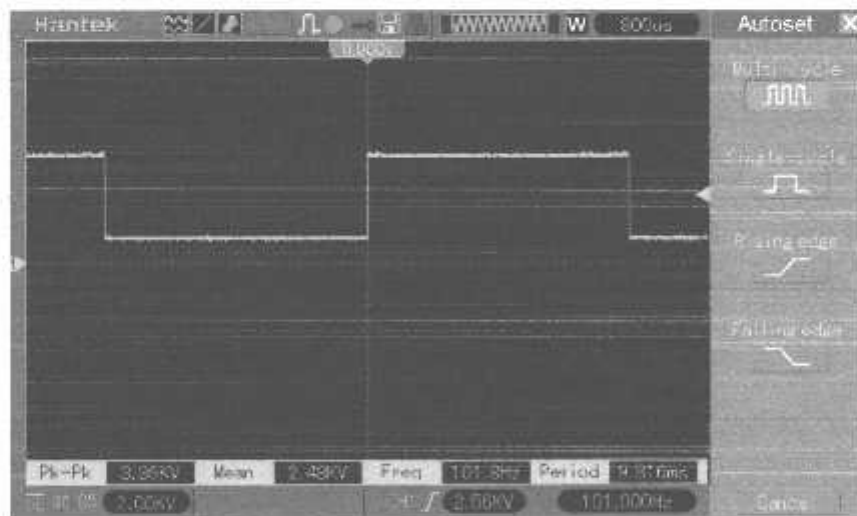
Gambar 4.4 Jika $R_1=1K\Omega$ dan $C_1=3,3\mu F$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $R1=1K\Omega$ dan $C1=4,7\mu F$ diperoleh nilai F_o sebesar 216Hz. Dapat dilihat pada gambar 4.5 sebagai berikut.



Gambar 4.5 Jika $R1=1K\Omega$ dan $C1=4,7\mu F$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $R1=1K\Omega$ dan $C1=10\mu F$ diperoleh nilai F_o sebesar 101,8Hz. Dapat dilihat pada gambar 4.6 sebagai berikut.



Gambar 4.6 Jika $R1=1K\Omega$ dan $C1=10\mu F$

4.3.1 Perhitungan Nilai Error untuk R1=1KΩ

Dari hasil pengukuran rangkaian Tone Decoder yang sudah dilakukan, maka dapat ditentukan nilai error pengukuran dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\%Error = \left| \frac{HasilPengukuran - HasilPerhitungan}{HasilPerhitungan} \right| \times 100\%$$

Perhitungan nilai error pada R1=1KΩ:

$$1. \%Error = \left| \frac{1000,008 - 999,7}{999,7} \right| \times 100\% = 0,03\%$$

$$2. \%Error = \left| \frac{525,7 - 524,9}{524,9} \right| \times 100\% = 0,15\%$$

$$3. \%Error = \left| \frac{365,7 - 365,1}{365,1} \right| \times 100\% = 0,16\%$$

$$4. \%Error = \left| \frac{215,7 - 215,2}{215,2} \right| \times 100\% = 0,23\%$$

$$5. \%Error = \left| \frac{101,6 - 101,3}{101,3} \right| \times 100\% = 0,2\%$$

Perhitungan Error rata-rata untuk R1=1KΩ:

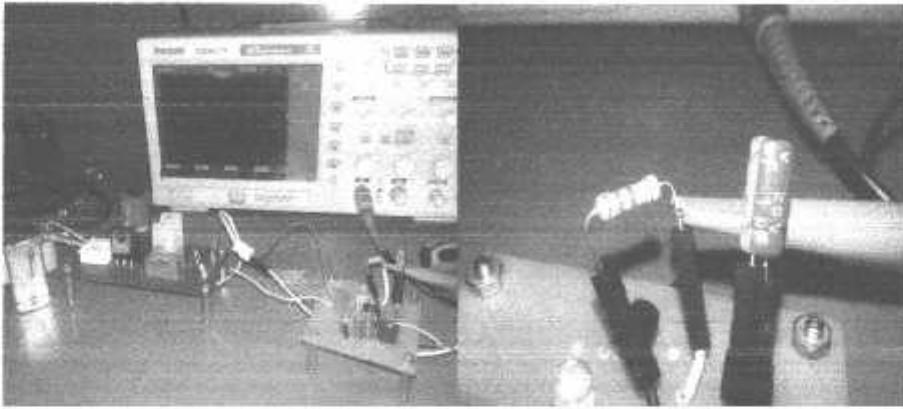
$$\overline{\%Error} = \frac{\sum error\%}{Jumlahpengukuran} = \frac{0,03 + 0,15 + 0,16 + 0,23 + 0,2}{5} = 0,154\%$$

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran, Hasil Perhitungan nilai Error untuk R1 = 1KΩ

No	R1 (KΩ)	C1 (μF)	Fo Hasil Pengukuran (Hz)	Fo Hasil Perhitungan (Hz)	Error (%)
1	1	1	1000,008	999,7	0,03
2	1	2,2	525,7	524,9	0,15
3	1	3,3	365,7	365,1	0,16
4	1	4,7	215,7	215,2	0,23
5	1	10	101,6	101,3	0,2
Error rata-rata					0,154

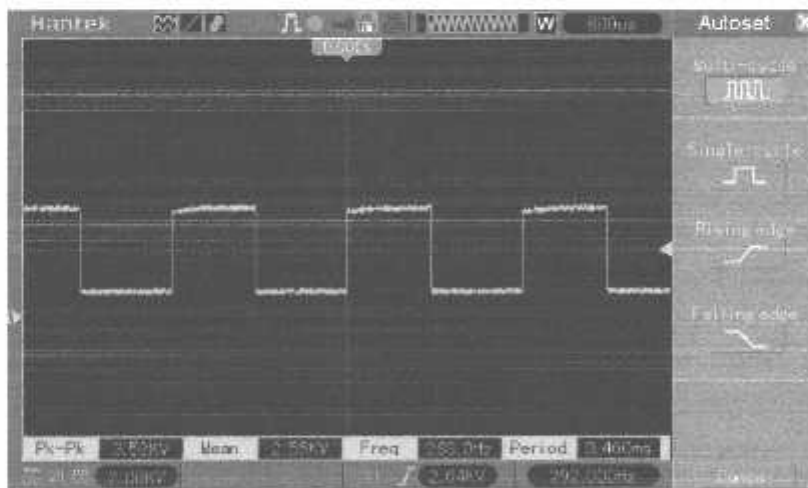
4.4 Hasil Pengukuran untuk $R1=3,3K\Omega$

Dalam pengukuran ini, nilai $R1$ pada kaki nomor 5 dari IC LM567 sebesar $3,3K\Omega$ dan nilai $C1$ pada kaki nomor 6 yang berubah-ubah dimana $C1=1\mu F, 2,2\mu F, 3,3\mu F, 4,7\mu F,$ dan $10\mu F$.



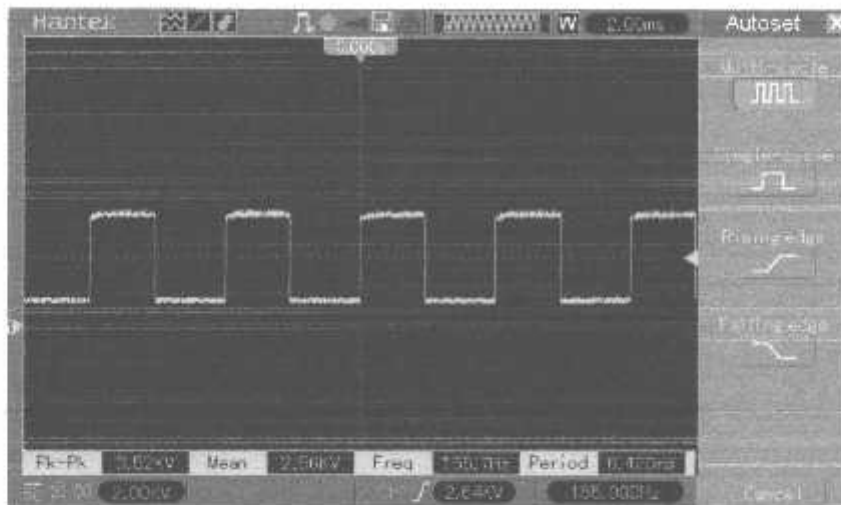
Gambar 4.7 Pengukuran $R1=3,3K\Omega$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $R1=3,3K\Omega$ dan $C1=1\mu F$ diperoleh nilai F_0 sebesar 289Hz . Dapat dilihat pada gambar 4.8 sebagai berikut.



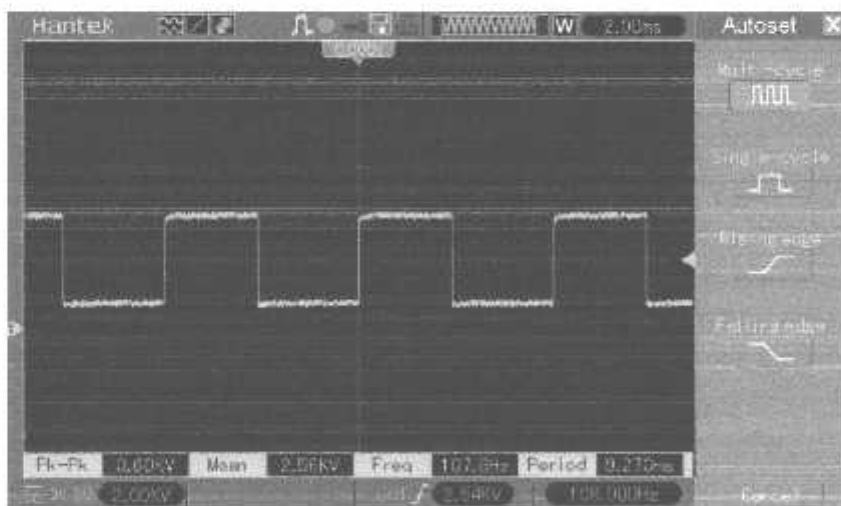
Gambar 4.8 Jika $R1=3,3K\Omega$ dan $C1=1\mu F$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $R_1=3,3K\Omega$ dan $C_1=2,2\mu F$ diperoleh nilai F_0 sebesar 155,7Hz. Dapat dilihat pada gambar 4.9 sebagai berikut.



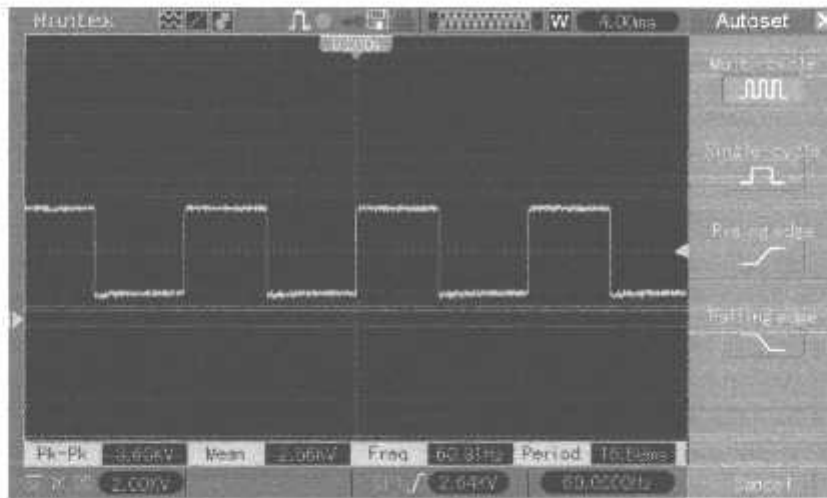
Gambar 4.9 Jika $R_1=3,3K\Omega$ dan $C_1=2,2\mu F$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $R_1=3,3K\Omega$ dan $C_1=3,3\mu F$ diperoleh nilai F_0 sebesar 107,8Hz. Dapat dilihat pada gambar 4.10 sebagai berikut.



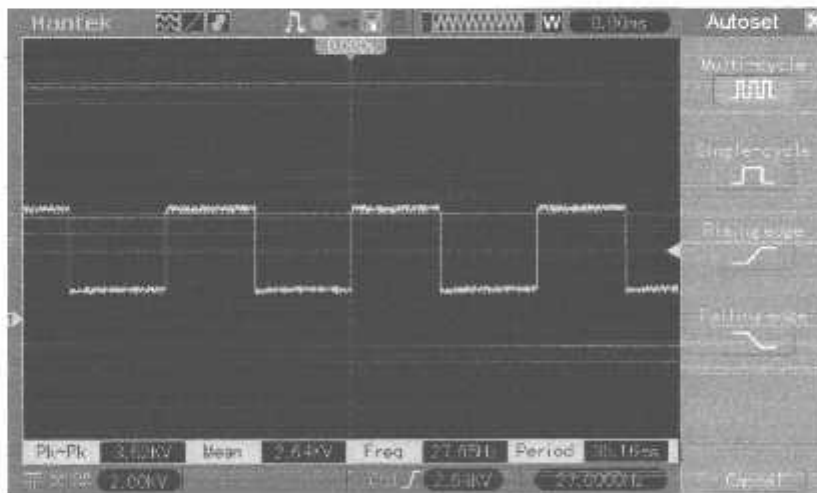
Gambar 4.10 Jika $R_1=3,3K\Omega$ dan $C_1=3,3\mu F$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $R1=3,3K\Omega$ dan $C1=4,7\mu F$ diperoleh nilai F_0 sebesar 60,31Hz. Dapat dilihat pada gambar 4.11 sebagai berikut.



Gambar 4.11 Jika $R1=3,3K\Omega$ dan $C1=4,7\mu F$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $R1=3,3K\Omega$ dan $C1=10\mu F$ diperoleh nilai F_0 sebesar 27,65KHz. Dapat dilihat pada gambar 4.12 sebagai berikut.



Gambar 4.12 Jika $R1=3,3K\Omega$ dan $C1=10\mu F$

4.4.1 Perhitungan Nilai Error untuk R1=3,3KΩ

$$1. \%Error = \left| \frac{289,0 - 288,1}{288,1} \right| \times 100\% = 0,3\%$$

$$2. \%Error = \left| \frac{155,7 - 155,1}{155,1} \right| \times 100\% = 0,3\%$$

$$3. \%Error = \left| \frac{365,7 - 365,1}{365,1} \right| \times 100\% = 0,8\%$$

$$4. \%Error = \left| \frac{108,8 - 107,9}{107,9} \right| \times 100\% = 0,8\%$$

$$5. \%Error = \left| \frac{27,65 - 27,55}{27,55} \right| \times 100\% = 0,36\%$$

Perhitungan Error rata-rata untuk R1=3,3KΩ:

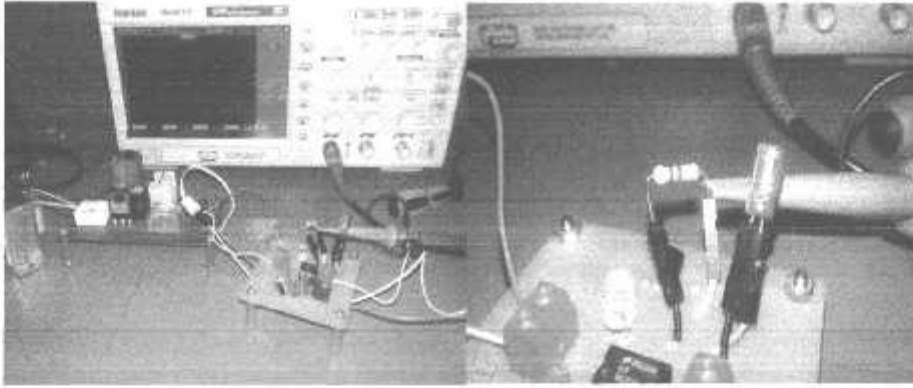
$$\overline{\%Error} = \frac{\sum error\%}{Jumlah\ peng\ ukuran} = \frac{0,31 + 0,38 + 0,83 + 0,85 + 0,36}{5} = 0,6\%$$

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran dan Hasil Perhitungan Nilai Error untuk R1 = 3,3KΩ

No	R1 (KΩ)	C1 (μF)	Fo Hasil Pengukuran (Hz)	Fo Hasil Perhitungan (Hz)	Error (%)
1	3,3	1	289,0	288,1	0,31
2	3,3	2,2	155,7	155,1	0,38
3	3,3	3,3	108,8	107,9	0,83
4	3,3	4,7	60,31	59,8	0,85
5	3,3	10	27,65	27,55	0,36
Error rata-rata					0,54

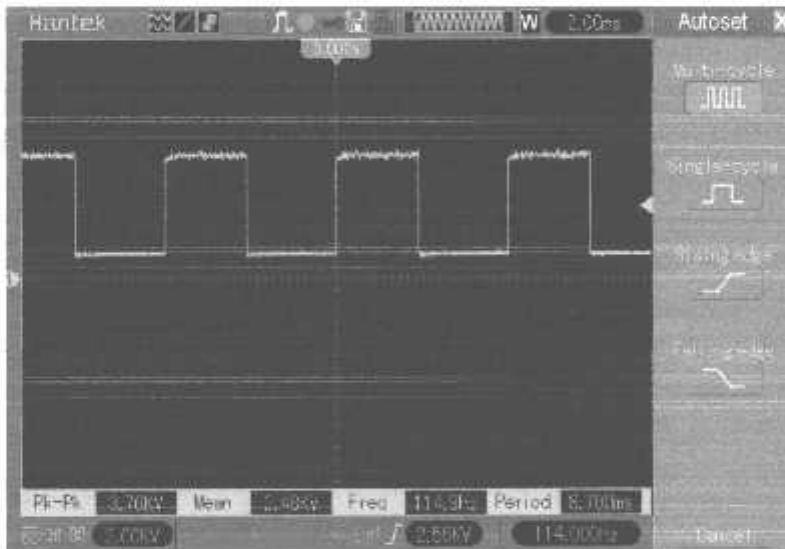
4.5 Hasil Pengukuran untuk R1=4,7KΩ

Dalam pengukuran ini, nilai R1 pada kaki nomor 5 dari IC LM567 sebesar 4,7KΩ dan nilai C1 pada kaki nomor 6 yang berubah-ubah dimana C1= 1μF, 2,2μF, 3,3μF, 4,7μF, dan 10μF.



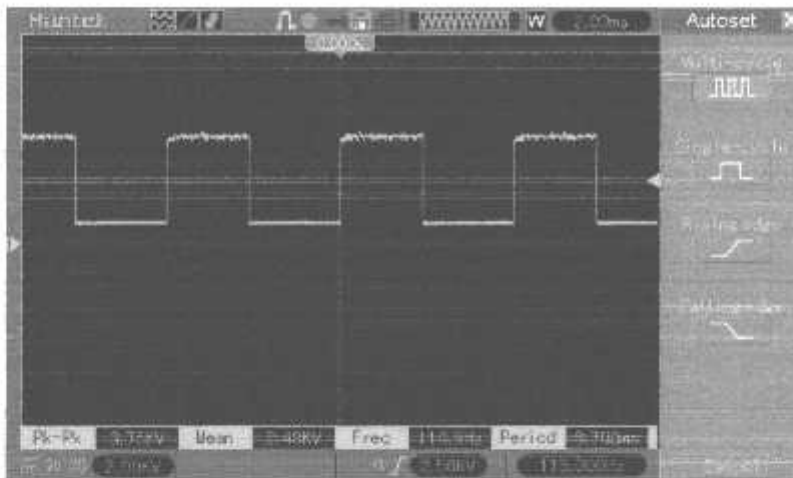
Gambar 4.13 Pengukuran $R1=4,7K\Omega$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $R1=4,7K\Omega$ dan $C1=1\mu F$ diperoleh nilai F_0 sebesar 214,1Hz. Dapat dilihat pada gambar 4.14 sebagai berikut.



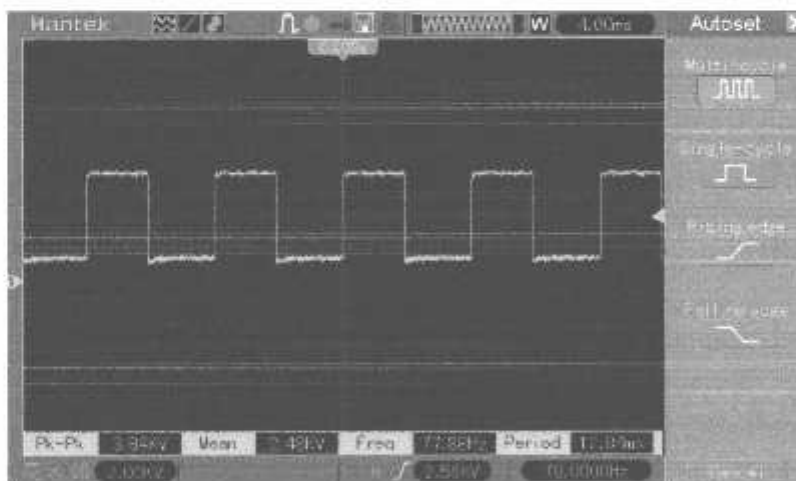
Gambar 4.14 Jika $R1=4,7K\Omega$ dan $C1=1\mu F$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $R1=4,7K\Omega$ dan $C1=2,2\mu F$ diperoleh nilai F_0 sebesar 114,9Hz. Dapat dilihat pada gambar 4.15 sebagai berikut.



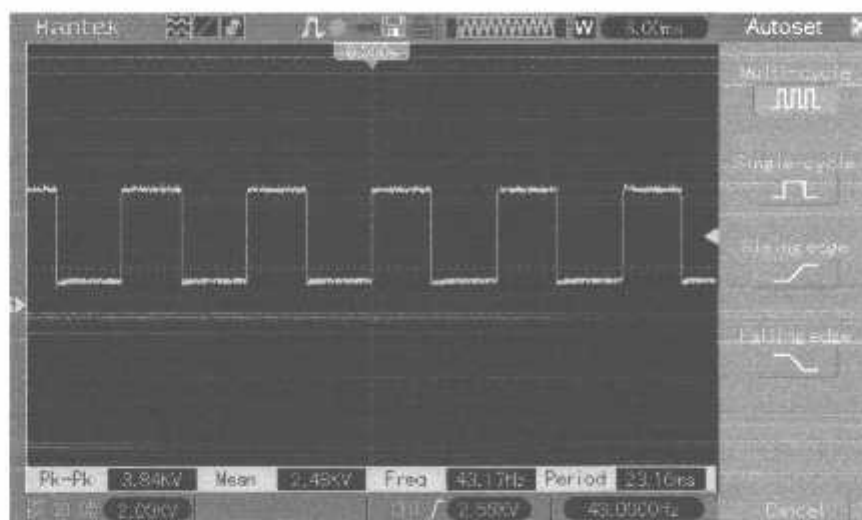
Gambar 4.15 Jika $R1=4,7K\Omega$ dan $C1=2,2\mu F$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $R1=4,7K\Omega$ dan $C1=3,3\mu F$ diperoleh nilai F_0 sebesar 77,88Hz. Dapat dilihat pada gambar 4.16 sebagai berikut.



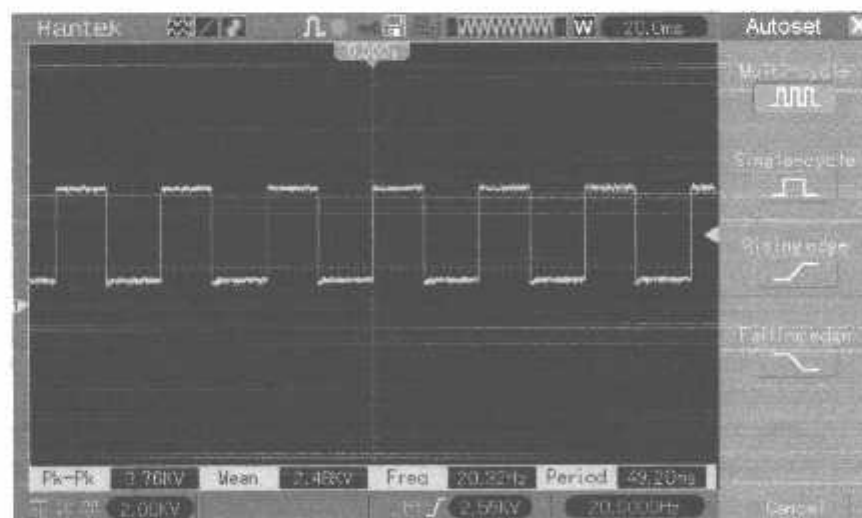
Gambar 4.16 Jika $R1=4,7K\Omega$ dan $C1=3,3\mu F$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $R1=4,7K\Omega$ dan $C1=4,7\mu F$ diperoleh nilai F_o sebesar 43,17Hz. Dapat dilihat pada gambar 4.17 sebagai berikut.



Gambar 4.17 Jika $R1=4,7K\Omega$ dan $C1=4,7\mu F$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $R1=4,7K\Omega$ dan $C1=10\mu F$ diperoleh nilai F_o sebesar 20,32Hz. Dapat dilihat pada gambar 4.18 sebagai berikut.



Gambar 4.18 Jika $R1= 4,7K\Omega$ dan $C1=10\mu F$

4.5.1 Perhitungan Nilai Error untuk R1=4,7KΩ

$$1. \%Error = \left| \frac{214,1 - 213,7}{213,7} \right| \times 100\% = 0,1\%$$

$$2. \%Error = \left| \frac{114,9 - 113,6}{113,6} \right| \times 100\% = 1,1\%$$

$$3. \%Error = \left| \frac{77,88 - 76,92}{76,92} \right| \times 100\% = 1,2\%$$

$$4. \%Error = \left| \frac{43,17 - 42,7}{42,7} \right| \times 100\% = 1,8\%$$

$$5. \%Error = \left| \frac{20,32 - 20,3}{20,3} \right| \times 100\% = 0,09\%$$

Perhitungan Error rata-rata untuk R1=4,7KΩ:

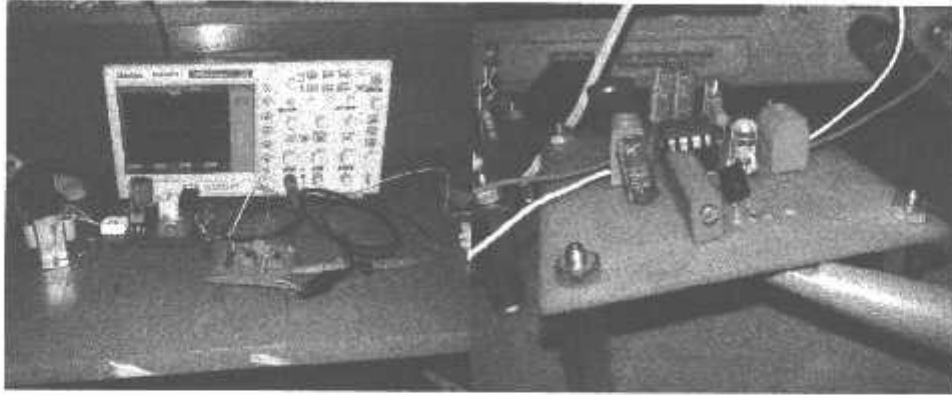
$$\%Error = \frac{\sum error\%}{Jumlah\ pengukuran} = \frac{0,1 + 1,1 + 1,2 + 1,8 + 0,09}{5} = 0,8\%$$

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran dan Hasil Perhitungan Nilai Error untuk R1 = 4,7KΩ

No	R1 (KΩ)	C1 (μF)	Fo Hasil Pengukuran (Hz)	Fo Hasil Perhitungan (Hz)	Error (%)
1	4,7	1	214,1	213,7	0,1
2	4,7	2,2	114,9	113,6	1,1
3	4,7	3,3	77,88	76,92	1,2
4	4,7	4,7	43,17	42,4	1,8
5	4,7	10	20,32	20,3	0,09
Error rata-rata					0,8

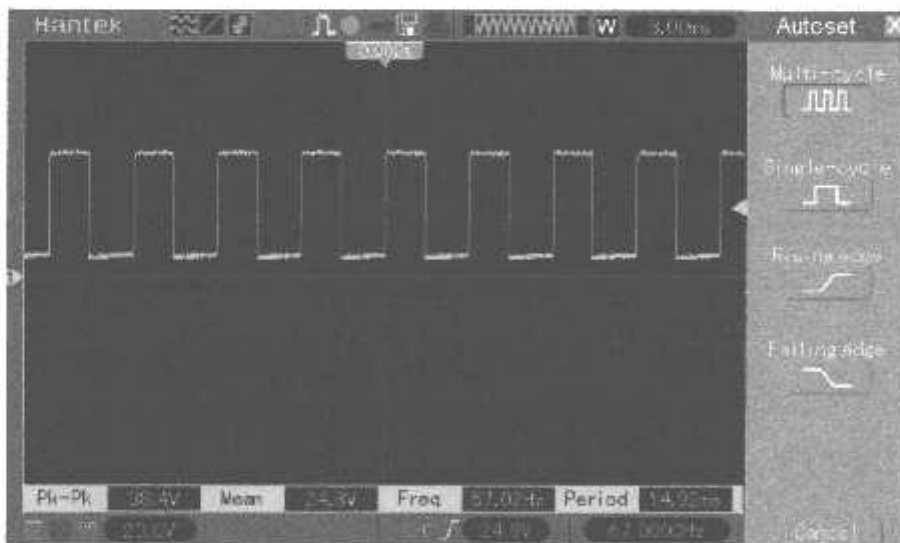
4.6 Hasil Pengukuran untuk $C1=10\mu F$

Dalam pengukuran ini, nilai $C1$ pada kaki nomor 5 dari IC LM567 sebesar $10\mu F$ dan nilai $R1$ pada kaki nomor 6 yang berubah-ubah dimana $R1=1,34K\Omega, 1,31K\Omega, 1,26K\Omega, 1,22K\Omega,$ dan $1,18K\Omega$.



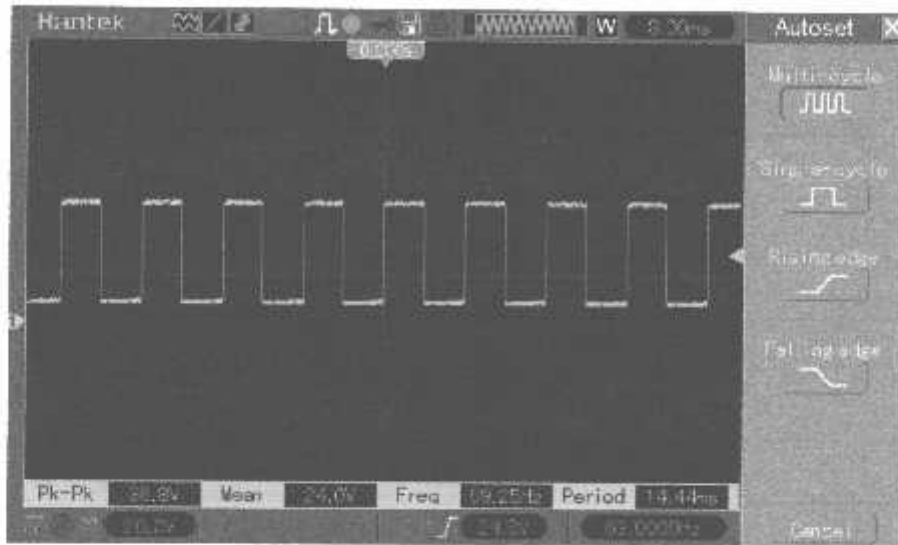
Gambar 4.19 Pengukuran $C1=10\mu F$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $C1=10\mu F$ dan $R1=1,34K\Omega$ diperoleh nilai F_0 sebesar $67,02Hz$. Dapat dilihat pada gambar 4.20 sebagai berikut.



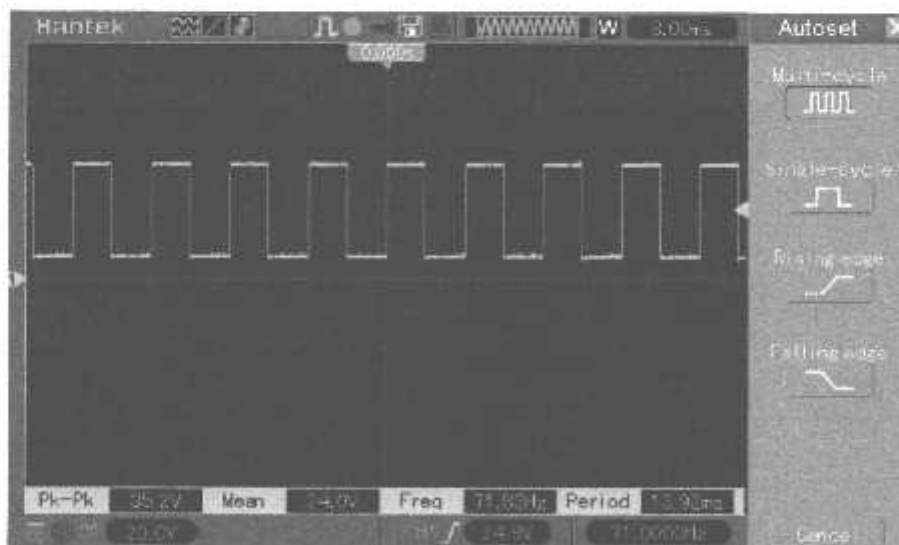
Gambar 4.20 Jika $C1=10\mu F$ dan $R1=1,34K\Omega$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $C_1=10\mu\text{F}$ dan $R_1=1,31\text{K}\Omega$ diperoleh nilai F_0 sebesar $69,25\text{Hz}$. Dapat dilihat pada gambar 4.21 sebagai berikut.



Gambar 4.21 Jika $C_1=10\mu\text{F}$ dan $R_1=1,31\text{K}\Omega$

- Dari hasil pengukuran rangkaian tone decoder LM567 dengan $C_1=10\mu\text{F}$ dan $R_1=1,26\text{K}\Omega$ diperoleh nilai F_0 sebesar $71,83\text{Hz}$. Dapat dilihat pada gambar 4.22 sebagai berikut.



Gambar 4.22 Jika $C_1=10\mu\text{F}$ dan $R_1=1,26\text{K}\Omega$

4.6.1 Analisa Error Pengukuran untuk C1=10μF

$$1. \%Error = \left| \frac{67,02 - 67}{67} \right| \times 100\% = 0,02\%$$

$$2. \%Error = \left| \frac{69,25 - 69,3}{69,3} \right| \times 100\% = 0,07\%$$

$$3. \%Error = \left| \frac{71,83 - 71,9}{71,9} \right| \times 100\% = 0,09\%$$

$$4. \%Error = \left| \frac{74,4 - 74,4}{74,4} \right| \times 100\% = 0\%$$

$$5. \%Error = \left| \frac{76,92 - 77}{77} \right| \times 100\% = 0,1\%$$

Perhitungan Error rata-rata untuk C1=10μF:

$$\overline{\%Error} = \frac{\sum error\%}{Jumlah\text{pengukuran}} = \frac{0,02 + 0,07 + 0,09 + 0 + 0,1}{5} = 0,056\%$$

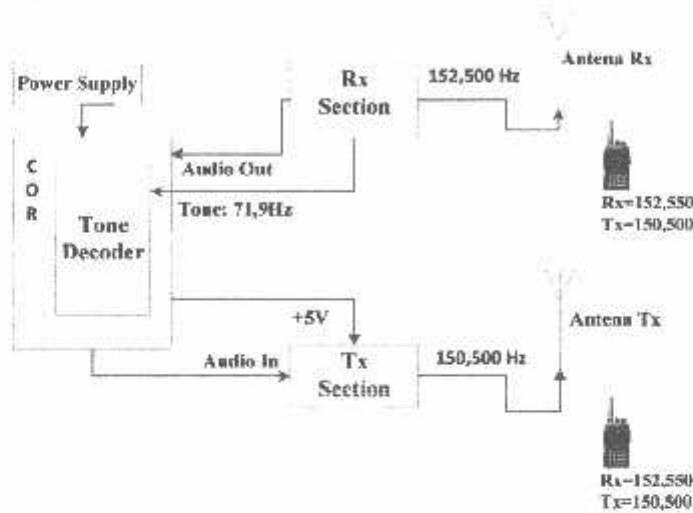
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran dan Hasil Perhitungan Nilai Error untuk C1 = 10μF

No	C1 (μF)	R1 (KΩ)	Fo Hasil Pengukuran (Hz)	Fo Hasil Perhitungan (Hz)	Error (%)
1	10	1,34	67,02	67,0	0,02
2	10	1,31	69,25	69,3	0,07
3	10	1,26	71,83	71,9	0,09
4	10	1,22	74,40	74,4	0
5	10	1,18	76,92	77,0	0,1
Error rata-rata					0,056

4.7 Pengujian Sistem

Tujuan dari pengujian sistem ini adalah untuk mengetahui kinerja Padio Pancar Ulang (RPU) secara keseluruhan terhadap pengguna yang tidak berhak (illegal) yang akan mempergunakan Radio Pancar Ulang (RPU) secara tidak sah dengan menggunakan rangkaian tone decoder.

4.8 Blok Digram Sistem



Gamba 4.25 Pengujian sistem

Tempatkan frekuensi terima (Rx) Radio Pancar Ulang (RPU) pada frekuensi yang ditentukan (pastikan tidak ada yang pergunakan) dalam penelitian ini frekuensi terima diseting pada frekuensi 152,550MHz. Atur nada CTCSS pada rangkaian Tone Decoder LM567 pada sala satu frekuensi dari tabel CTCSS dalam hal ini adalah frekuensi 71,9Hz. Atur frekuensi pancaran (Tx) pada frekuensi yang berbedah dari frekuensi terima (Rx) minimal bersilisih 600KHz antara dua frekuensi frekuensi terima(Rx) dan frekuensi pancar (Tx).

Untuk mengaktifkan Unit pemancar (Tx) maka kaki nomor 8 dari IC digunakan untuk menghidupkan transistor PNP A1015 yang selanjutnya akan mengaktifkan transistor NPN C828 atau C945. Transistor C828 ini digunakan untuk mengaktifkan tombol PTT (Push To Talk) yang ada di yang ada di unit pemancar (Tx) secara elektronik, sehingga unit penerima

(Rx) dan unit pemancar (Tx) akan bekerja secara simultan mana kala penerima (Rx) menerima sinyal radio pada frekuensi (kanal) VHF yang sesuai dengan nasa frekuensi CTCSS (*Continous Tone-Code Squelch System*) yang sesuai juga.

4.9 Hasil Pengujian Sistem

Dari hasil pengujian keseluruhan yang didapat pada penelitian ini sebagai berikut, frekuensi diatas atau dibawah dari frekuensi CTCSS (*Continous Tone-Code Squelch System*) yang ditetapkan dalam penelitian ini diambil frekuensi 71,9 Hz, dengan setting frekuensi penyusup menggunakan frekuensi CTCSS satu step dibawahnya yaitu frekuensi 69,3 Hz dan satu step diatasnya yaitu frekuensi 74,4 Hz, ternyata rangkaian tone decoder LM567 tidak dapat meloloskannya dan tidak dapat mengaktifkan Radio Pancar Ulang (RPU). Hasil pengujian tersebut dapat lihat pada gambar-gambar dibawah ini.



Gambar 4.26 Hasil Pengujian yang tidak Menggunakan Frekuensi CTCSS

Dari hasil pengujian yang tidak menggunakan frekuensi CTCSS menunjukan bahwa rangkaian Tone Decoder tidak bekerja karena tidak ada frekuensi yang masuk di kaki nomor 3 pada IC LM567 sehingga rangkaian Tone Decoder tidak bekerja karena tidak ada tegangan 5V yang keluar dari kaki nomor 8 pada IC LM 567 ditunjukkan dari LED output pada kaki

nomor 8 pada IC LM567 yang tidak menyala sehingga tidak dapat mengaktifkan transistor C828 yang bekerja sebagai saklar sehingga tidak dapat menghidupkan PTT dan mengaktifkan RPU.



Gambar 4.27 Hasil Pengujian yang Menggunakan Frekuensi CTCSS 69,3 Hz

Dari hasil pengujian yang menggunakan frekuensi CTCSS 69,3Hz menunjukkan bahwa rangkaian Tone Decoder tidak bekerja karena frekuensi yang masuk di kaki nomor 3 pada IC LM567 tidak sama dengan frekuensi yang sudah di setting pada rangkaian Tone Decoder yaitu frekuensi 71,9Hz sehingga rangkaian Tone Decoder tidak bekerja karena tidak ada tegangan 5V yang keluar dari kaki nomor 8 pada IC LM 567 ditunjukkan dari LED output pada kaki nomor 8 pada IC LM567 yang tidak menyala sehingga tidak dapat mengaktifkan transistor C828 yang bekerja sebagai saklar sehingga tidak dapat menghidupkan PTT dan mengaktifkan RPU.



Gambar 4.27 Hasil Pengujian yang Menggunakan Frekuensi CTCSS 71,9 Hz

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran dari seluruh bab yang dimulai dari bab 1 sampai bab 4 yang sebagai berikut:

1. Hasil dari pengukuran rangkaian Tone Decoder dengan pemasangan resistor R1 (1K Ω , 3,3K Ω , 4,7K Ω , dan 10K Ω), jika nilai kapasitor C1 dirubah-rubah dari 1 μ F sampai 10 μ F, hasil menunjukkan bahwa semakin besar maka nilai kapasitor (C1) maka frekuensi tengah (Fo) semakin kecil. Jika nilai C1=10 μ F dan nilai R1 dirubah-rubah (1,34 K Ω , 1,31 K Ω , 1,26 K Ω , 1,22 K Ω , 1,18K Ω) maka frekuensi tengah semakin besar.
2. Pada penggunaan frekuensi CTCSS (*Continuous Tone-Code Squelch System*) 71,9Hz, bila terdapat frekuensi penyusup lain simisal 69,3Hz (satu step dibawah) atau frekuensi 74,4Hz (satu step dibawah) maka rangkaian tone decoder LM567 tidak dapat meloloskannya dan tidak dapat mengaktifkan Radio Pancar Ulang (RPU).
3. Rangkaian tone decoder LM567 menghasilkan frekuensi pengkodean yang sangat sempit, sehingga sangat sesuai digunakan untuk pemngaman Radio Pancar Ulang (RPU).

5.2 Saran

Pada pengerjaan penelitian ini tidak lepas dari berbagai macam kekurangan dan kelemahan baik dari sistem dan peralatan yang dibuat. Untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan tersebut perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil tone decoder yang presisi, disarankan menggunakan komponen – komponen dengan tingkat toleransi sekecil mungkin.
2. Disarankan menggunakan tone decoder yang dapat diprogram secara digital, dengan jumlah bit yang tinggi, akan didapat ketelitian nada yang lebih akurasi.

DAFTAR PUSTAKA

- a. Kraus, Jonh D. And Marhefka, Ronald J. "Antennas For All Application" Singapore, Third edition international 2003.
- b. Alaydrus, Mudrik. "Saluran Transmisi Telekomunikasi" Yogyakarta, Edisi Pertama, 2009.
- c. Sutrisno. "Elektronika Teori dan Penerapannya" ITB Bandung, 1986.
- d. Arafat, Yonis "Perancangan Detektor Kesalahan Peletakan Handset Telepon" Tugas Akhir, 2007.
- e. file:///C:/Users/atay/Downloads/jurnal_12396.pdf
- f. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm567c.pdf>
- g. https://en.wikipedia.org/wiki/Continuous_Tone-Coded_Squelch_System
- h. https://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece4760/FinalProjects/s2006/cc425/Paul_Jimmy/lm567.pdf
- i. <http://www.vedcmalang.com/pppstkboemlg/index.php/menuutama/listrik-electro/1291-radio-pancar-ulang-repeater-rpu>
- j. ARRL Amateur Radio. 2001. *The ARRL Hand Book For Radio Amateurs*. Newington, USA.
- k. <http://www.vk2zay.net/calculators/lm567.php>
- l. <http://web.mit.edu/6.115/www/document/lm567.pdf>

LAMPIRAN



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Amaro Arnaldo Pinto
NIM : 1212701
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : TEKNIK TELEKOMUNIKASI
Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN SISTEM PENGAMAN STASIUN RADIO PANCAR ULANG (RPU) VHF DARI PENGGUNA ILEGAL MENGGUNAKAN TONE DECODER LM567**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : **Kamis**
Tanggal : **11 Agustus 2016**
Dengan Nilai : **84,3**

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

Sekretaris Majelis Penguji

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT
NIP.P. 1030100361

Anggota Penguji

Penguji I

Dr. Eng. Arvanto Soetedjo, ST, MT
NIP.P. 1030800417

Penguji II

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358



MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama Mahasiswa : Amaro Arnaldo Pinto
NIM : 1212701
Nama Pembimbing : Ir. Sidik Noertjahjono, MT
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN SISTEM PENGAMAN STASIUN RADIO PANCAR ULANG (RPU) VHF DARI PENGGUNA ILEGAL MENGGUNAKAN TONE DECODER LM567

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	10/2-2016		Konsultasi judul, cari data sheet LM567.	
2	18/3-2016		Layout 2 data teknis LM567, ambil data CTCSS	
3	24/3-2016		Hasil pengujian CTCSS dgn. menentukan K _s & K _e	
4	30/3-2016		Berikan nilai τ & f_0 dgn. Tabel CTCSS	
5	15/4-2016		Layout PCB utk deso dan LM567 & switch transistor dgn PTT radio	
6	28/4-2016		Pengalaman rangkaian PTT dgn unit radio yg ada	
7	2/5-2016		Tanggapan rangk. decoder thd signal CTCSS dr K _e	

Malang,

Pembimbing

Ir. Sidik Noertjahjono, MT
NIP. Y. 1028700163

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama Mahasiswa : Amaro Arnaldo Pinto
NIM : 1212701
Nama Pembimbing : Ir. Sidik Noertjahjono, MT
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN SISTEM PENGAMAN STASIUN
RADIO PANCAR ULANG (RPU) VHF DARI PENGGUNA
ILEGAL MENGGUNAKAN TONE DECODER LM567

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
8	11/5-2016		Sinkronisasi Rx & Tx dgn. kode CTCSS yg di catatkan.	
9	19/5-2016		Uji dgn. berbagai nilai CTCSS, hasilnya tulis di Bab IV & Bab V	
10	5/6-2016		Dari Bab IV & Bab V, tulis kembali Sem-Has	
11	20/6-2016		Tulis Bab III, perencanaan semua dgn. hasil rancangan	
12	2/7-2016		Tulis Bab II, seandainya dgn. kebutuhan di Bab III & Bab IV.	
13	20/7-2016		Revisi Abstract, siapkan seluruh Log. Skripsi.	
14	9/8-2016		Skripsi siap, daftar ujian komprehensif.	

Malang, 14/8-2016 -

Pembimbing

Ir. Sidik Noertjahjono, MT

NIP.Y. 1028700163



MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama Mahasiswa : Amaro Arnaldo Pinto
NIM : 1212701
Nama Pembimbing : Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN SISTEM PENGAMAN STASIUN
RADIO PANCAR ULANG (RPU) VHF DARI PENGGUNA
ILEGAL MENGGUNAKAN TONE DECODER LM567

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	5/3/16		Bab I - Rancangan awal R th rancangan dengan - Desain awal dan pilihan frek. kerja	
2	13/4/16	Bab II	Dasar teori : - prinsip kerja repeater - repeater type DCS	
3	20/5/16	Bab III	- blok diagram sistem - cara kerja prosesor	
4			- uraian proses kerja - uraian kerja rangkai	
5	15/7/16	Bab IV	- pengujian transceiver maksud : blok digra. - pengujian kearah aliran	
6	4/8/16	Bab V	keseluruhan sistem - disesuaikan dgn	
7			kerja p pengujian	

Malang,

Pembimbing

Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT
NIP. Y. 1039700310



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO


Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : Amaro Arnaldo. P
NIM : 1212701
Perbaikan melalui :

- Daftar pustaka diperbaiki (tambah jurnal)
- Hasil pengukuran tentang frekuensi output diklarifikasi koni tempa berbentuk kotak?

Malang, 11/8/10


Aryuanto



Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

alam Pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T.Energi Listrik,
Elektronika, /T. Komputer, / T.Telekomunikasi, Maka Perlu Adanya Perbaikan Skripsi Untuk Mahasiswa:

nama : Amaro Arnaldo Pinto
M :
Perbaikan Meliputi : 12/2/201

urutan abjad Daftar Pustaka
kesempurnaan data

Malang.....20


(M. Ibrahim A. Surti)



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam Pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata I Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Telekomunikasi, Maka Perlu Adanya Perbaikan Skripsi Untuk Mahasiswa:

Nama : Amaro Arnaldo Pinto
NIM : 1212701
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Telekomunikasi
Judul Skripsi : **Rancang Bangun Sistem Pengaman Stasiun Radio Pancar Ulang (RPU) VHF Dari Pengguna Ilegal Menggunakan Tone Decoder LM567**

Penguji	Materi Perbaikan	Paraf
Penguji I	- Daftar Pustaka Diperbaiki (Tambah Jurnal) - Hasil Pengukuran tentang Frekuensi Output, Diklarifikasi kenapa berbentuk kotak?	✓ ✓
Penguji II	- Urutan Abjad Daftar Pustaka - Kesimpulan Ditambah	

Disetujui:

Dosen Penguji I

Dr. Eng. Arvanto Soetedjo, ST, MT
NIP.Y. 1030800417

Dosen Penguji II

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

Mengetahui:

Dosen Pembimbing I

Ir. Sidik Noertjahjono, MT
NIP.P. 1028700163

Dosen Pembimbing II

Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT
NIP.P. 1039700310

Biografi Penulis



Nama lengkap penulis yaitu Amaro Arnaldo Pinto, lahir pada tanggal 12 Februari 1993 di Baguia, Baucau Timor- leste. Merupakan anak ke-2 dari 4 bersaudara dari pasangan Bapak Paulino dan Ibu Maria. Penulis berkebangsaan Timor-Leste dan beragama Katolik. Kini penulis bertempat tinggal di Baguia, Baucau, Timor-leste.

Adapun riwayat pendidikan penulis, yaitu pada tahun 2000 memulai pembelajaran di SDK Sao Jose Baguia Timor-leste lulus pada tahun 2006. Pertengahan tahun 2008 lulus dari SMPK Sao Jose Baguia. Melanjutkan pendidikan ke SMK Don Bosco Fatumaka Teknik Elektronika dan lulus pada tahun 2011. Setelah itu kuliah di Institut Teknologi Nasional Malang Jurusan Teknik Elektro S-1. Pada tahun 2016 semester Genap (8), penulis telah menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Rancang Bangun Sistem Pengaman Stasiun Radio Pancar Ulang (RPU) VHF Dari Pengguna Ilegal Menggunakan Tone Decoder LM567”**.

LM567x Tone Decoder

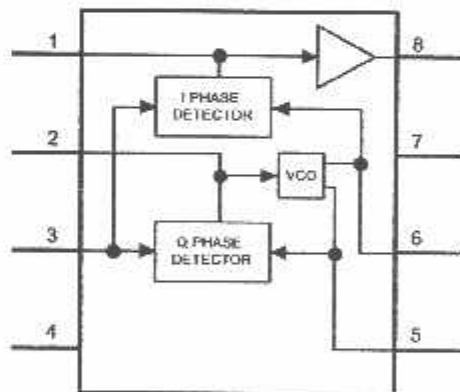
1 Features

- 20 to 1 Frequency Range With an External Resistor
- Logic Compatible Output With 100-mA Current Sinking Capability
- Bandwidth Adjustable From 0 to 14%
- High Rejection of Out of Band Signals and Noise
- Immunity to False Signals
- Highly Stable Center Frequency
- Center Frequency Adjustable from 0.01 Hz to 500 kHz

2 Applications

- Touch Tone Decoding
- Precision Oscillator
- Frequency Monitoring and Control
- Wide Band FSK Demodulation
- Ultrasonic Controls
- Carrier Current Remote Controls
- Communications Paging Decoders

4 Simplified Diagram



3 Description

The LM567 and LM567C are general purpose tone decoders designed to provide a saturated transistor switch to ground when an input signal is present within the passband. The circuit consists of an I and Q detector driven by a voltage controlled oscillator which determines the center frequency of the decoder. External components are used to independently set center frequency, bandwidth and output delay.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM567C	SOIC (8)	4.90 mm × 3.91 mm
	PDIF (8)	9.81 mm × 6.35 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

Table of Contents

1 Features	1	10.2 Functional Block Diagram.....	8
2 Applications	1	10.3 Feature Description.....	9
3 Description	1	10.4 Device Functional Modes.....	10
4 Simplified Diagram	1	11 Application and Implementation	12
5 Revision History	2	11.1 Application Information.....	12
6 Device Comparison Table	3	11.2 Typical Applications.....	13
7 Pin Configuration and Functions	3	12 Power Supply Recommendations	19
8 Specifications	4	13 Layout	19
8.1 Absolute Maximum Ratings.....	4	13.1 Layout Guidelines.....	19
8.2 Recommended Operating Conditions.....	4	13.2 Layout Example.....	19
8.3 Thermal Information.....	4	14 Device and Documentation Support	20
8.4 Electrical Characteristics.....	5	14.1 Related Links.....	20
8.5 Typical Characteristics.....	6	14.2 Trademarks.....	20
9 Parameter Measurement Information	8	14.3 Electrostatic Discharge Caution.....	20
10 Detailed Description	8	14.4 Glossary.....	20
10.1 Overview.....	8	15 Mechanical, Packaging, and Orderable Information	20

Revision History

OTE: Page numbers for previous revisions may differ from page numbers in the current version.

Changes from Revision D (March 2013) to Revision E

Page

Added Pin Configuration and Functions section, ESD Ratings table, Feature Description section, Device Functional Modes, Application and Implementation section, Power Supply Recommendations section, Layout section, Device and Documentation Support section, and Mechanical, Packaging, and Orderable Information section.....	1
---	---

Changes from Revision C (March 2013) to Revision D

Page

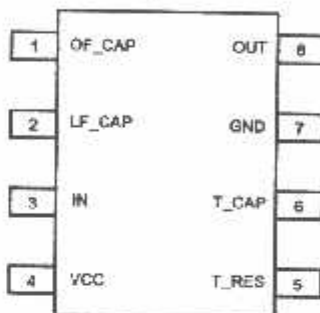
Changed layout of National Data Sheet to TI format.....	9
---	---

3 Device Comparison Table

DEVICE NAME	DESCRIPTION
LM567, LM567C	General Purpose Tone Decoder
LMC567	Same as LM567C, but lower power supply current consumption and double oscillator frequency

4 Pin Configuration and Functions

8-Pin
PDIP (P) and SOIC (D) Package
Top View



Pin Functions

PIN		TYPE	DESCRIPTION
NAME	NO.		
GND	7	P	Circuit ground.
IN	3	I	Device input.
LF_CAP	2	I	Loop filter capacitor pin (LPF of the PLL).
OUT	8	O	Device output.
OF_CAP	1	I	Output filter capacitor pin.
T_CAP	5	I	Timing capacitor connection pin.
T_RES	6	I	Timing resistor connection pin.
VCC	4	P	Voltage supply pin.

3 Specifications

3.1 Absolute Maximum Ratings⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

		MIN	MAX	UNIT	
Supply Voltage V_{in}			3	V	
Power Dissipation ⁽⁴⁾			1100	mW	
V_0			15	V	
V_{S1}			-10	V	
V_{S2}			$V_0 + 0.5$	V	
Operating Temperature Range	LM567CM, LM567CN	0	70	°C	
	PDIP Package	Soldering (10 s)		260	°C
		Vapor Phase (60 s)		215	°C
	SOIC Package	Infrared (15 s)		220	°C
		-65	150	°C	
Storage temperature range, T_{stg}					

- 1) Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Recommended Operating Conditions indicate conditions for which the device is functional, but do not ensure specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which ensure specific performance limits. This assumes that the device is within the Recommended Operating Conditions. Specifications are not ensured for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.
- 2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office/Distributors for availability and specifications.
- 3) See <http://www.ti.com> for other methods of soldering surface mount devices.
- 4) The maximum junction temperature of the LM567 and LM567C is 150°C. For operating at elevated temperatures, devices in the DIP package must be derated based on a thermal resistance of 110°C/W, junction to ambient. For the SOIC package, the device must be derated based on a thermal resistance of 160°C/W, junction to ambient.

3.2 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

		MIN	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply Voltage	3.6	8.5	V
V_{IN}	Input Voltage Level	-8.5	8.5	V
T_a	Operating Temperature Range	-20	120	°C

3.3 Thermal Information

THERMAL METRIC ⁽¹⁾	LM567C		UNIT	
	D	P		
	8 PINS			
θ_{JA}	Junction-to-ambient thermal resistance	107.5	53.0	°C/W
$\theta_{JC(top)}$	Junction-to-case (top) thermal resistance	54.6	42.3	
θ_{JB}	Junction-to-board thermal resistance	47.5	30.2	
ψ_{JT}	Junction-to-top characterization parameter	10.0	19.8	
ψ_{JB}	Junction-to-board characterization parameter	47.0	30.1	

- 1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *IC Package Thermal Metrics* application report, SPRA953.

8.4 Electrical Characteristics

 AC Test Circuit, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_I = 5\text{ V}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM567			LM567C/LM567CM			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Power Supply Voltage Range		4.75	5.0	9.0	4.75	5.0	9.0	V
Power Supply Current Quiescent	$R_L = 20\text{k}$		5	8		7	10	mA
Power Supply Current Activated	$R_L = 20\text{k}$		11	13		12	15	mA
Input Resistance		18	20		15	20		k Ω
Smallest Detectable Input Voltage	$I_L = 100\text{ mA}$, $f_i = f_o$		20	25		20	25	mVrms
Largest No Output Input Voltage	$I_C = 100\text{ mA}$, $f_i = f_o$	10	15		10	15		mVrms
Largest Simultaneous Outband Signal to Inband Signal Ratio			6			6		dB
Minimum Input Signal to Wideband Noise Ratio	$B_n = 140\text{ kHz}$		-6			-6		dB
Largest Detection Bandwidth		12	14	16	10	14	18	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Skew			1	2		2	3	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Variation with Temperature			± 0.1			± 0.1		%/°C
Largest Detection Bandwidth Variation with Supply Voltage	4.75 – 6.75 V		± 1	± 2		± 1	± 5	%V
Highest Center Frequency		100	500		100	500		kHz
Center Frequency Stability (4.75 – 5.75 V)	$0 < T_A < 70$ $-55 < T_A < +125$		35 ± 60 35 ± 140			35 ± 60 35 ± 140		ppm/°C ppm/°C
Center Frequency Shift with Supply Voltage	4.75 V – 6.75 V 4.75 V – 9 V		0.5	1.0 2.0		0.4	2.0 2.0	%V %V
Fastest ON-OFF Cycling Rate			$f_o/20$			$f_o/20$		
Output Leakage Current	$V_B = 15\text{ V}$		0.01	25		0.01	25	μA
Output Saturation Voltage	$e_s = 25\text{ mV}$, $I_B = 30\text{ mA}$ $e_s = 25\text{ mV}$, $I_B = 100\text{ mA}$		0.2	0.4 1.0		0.2	0.4 1.0	V
Output Fall Time			30			30		ns
Output Rise Time			150			150		ns

8.5 Typical Characteristics

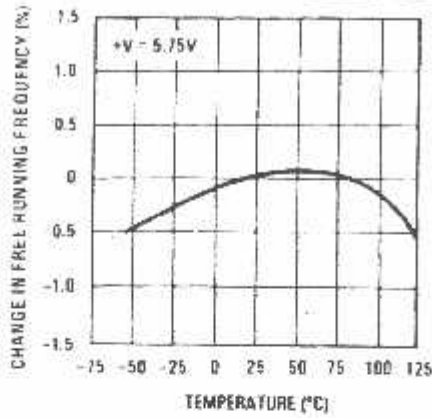


Figure 1. Typical Frequency Drift

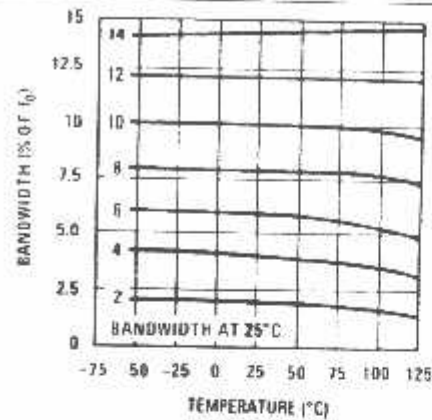


Figure 2. Typical Bandwidth Variation

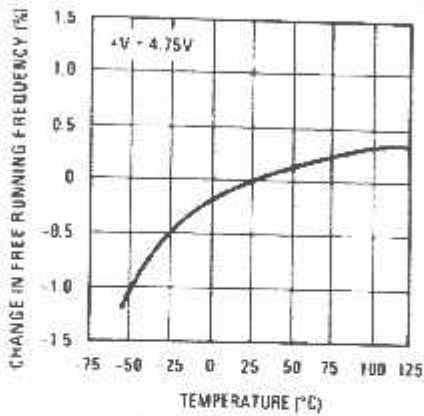


Figure 3. Typical Frequency Drift

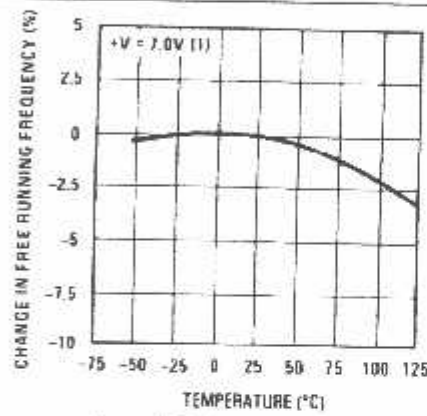


Figure 4. Typical Frequency Drift

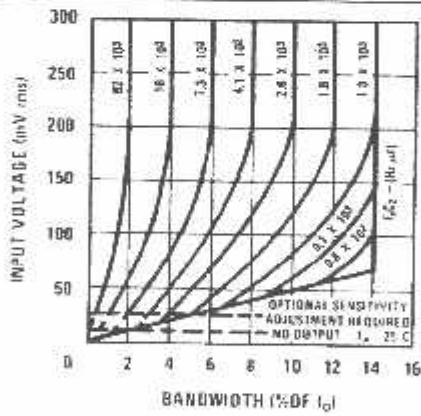


Figure 5. Bandwidth vs Input Signal Amplitude

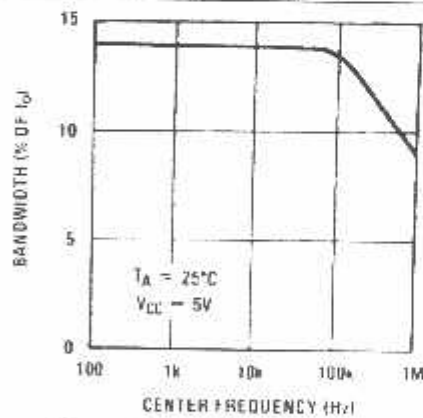


Figure 6. Largest Detection Bandwidth

Typical Characteristics (continued)

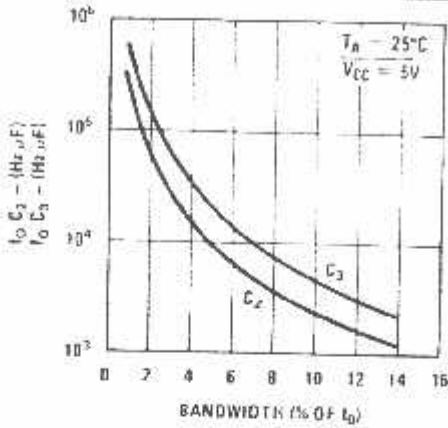


Figure 7. Detection Bandwidth as a Function of C_2 and C_3

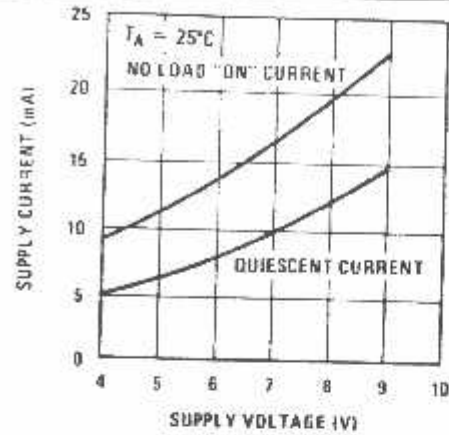


Figure 8. Typical Supply Current vs Supply Voltage

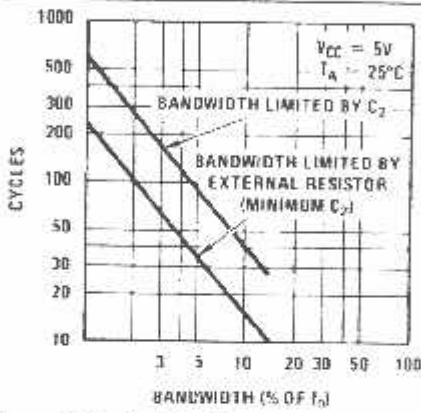


Figure 9. Greatest Number of Cycles Before Output

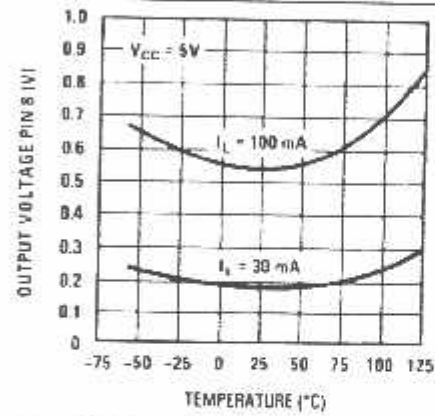


Figure 10. Typical Output Voltage vs Temperature

9 Parameter Measurement Information

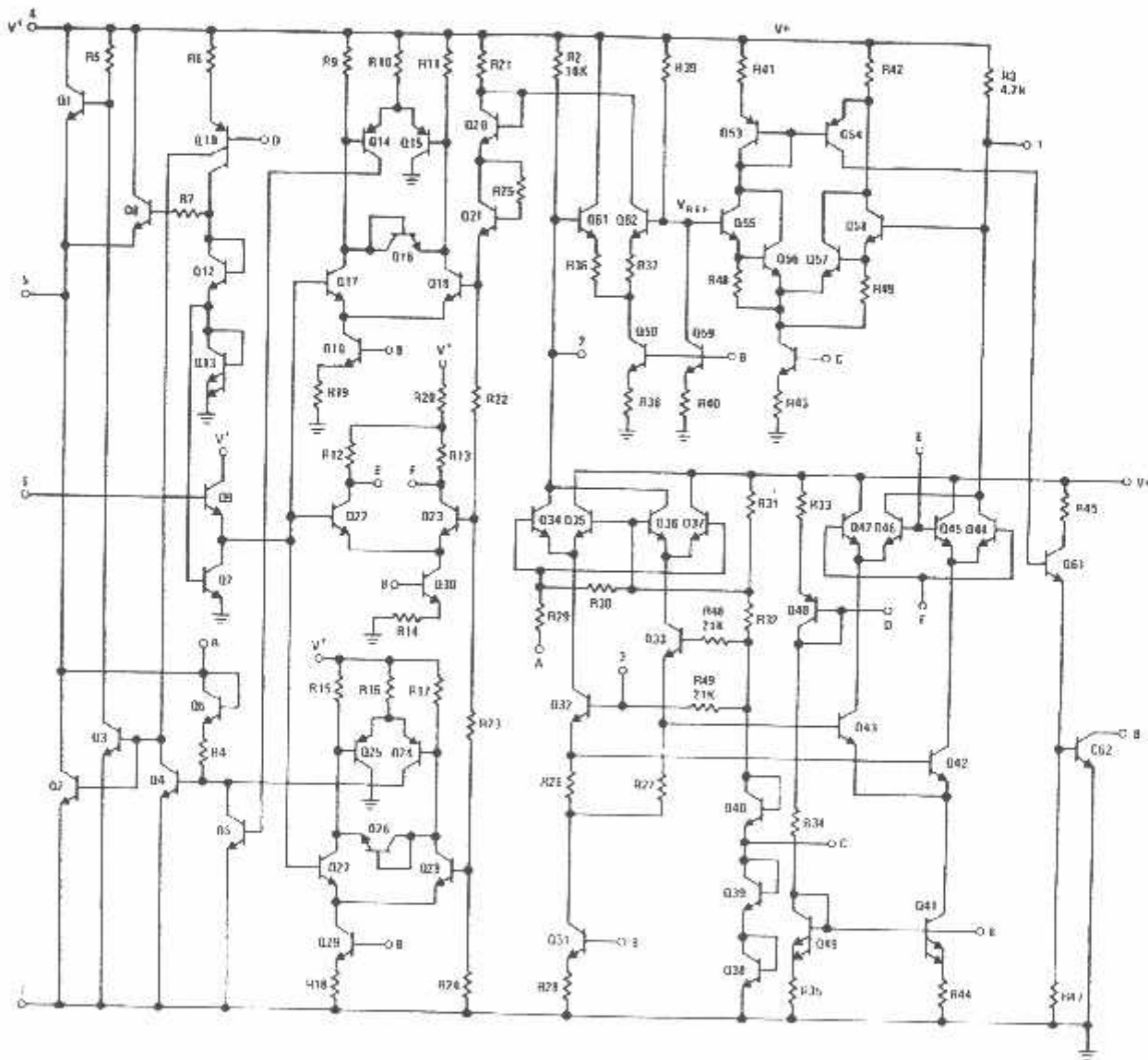
All parameters are measured according to the conditions described in the *Specifications* section.

10 Detailed Description

10.1 Overview

The LM567C is a general purpose tone decoder. The circuit consists of I and Q detectors driven by a voltage controlled oscillator which determines the center frequency of the decoder. This device is designed to provide a transistor switch to ground output when the input signal frequency matches the center frequency pass band. Center frequency is set by an external timing circuit composed by a capacitor and a resistor. Bandwidth and output delay are set by external capacitors.

10.2 Functional Block Diagram



10.3 Feature Description

10.3.1 Center Frequency

The center frequency of the LM567 tone decoder is equal to the free running frequency of the voltage controlled oscillator. In order to set this frequency, external components should be placed externally. The component values are given by:

$$f_0 \approx \frac{1.1}{R \cdot C_1}$$

where

- R_1 = Timing Resistor
- C_1 = Timing Capacitor

(1)

10.3.2 Output Filter

To eliminate undesired signals that could trigger the output stage, a post detection filter is featured in the LM567C. This filter consists of an internal resistor (4.7K-Ω) and an external capacitor. Although typically external capacitor value is not critical, it is recommended to be at least twice the value of the loop filter capacitor. If the output filter capacitor value is too large, the turn-on and turn off-time of the output will present a delay until the voltage across this capacitor reaches the threshold level.

10.3.3 Loop Filter

The phase locked loop (PLL) included in the LM567 has a pin for connecting the low pass loop filter capacitor. The selection of the capacitor for the filter depends on the desired bandwidth. The device bandwidth selection is different according to the input voltage level. Refer to the *Operation With $V_i < 200m - V_{RMS}$* section and the *Operation With $V_i > 200m - V_{RMS}$* section for more information about the loop filter capacitor selection.

10.3.4 Logic Output

The LM567 is designed to provide a transistor switch to ground output when the input signal frequency matches the center frequency pass band. The logic output is an open collector power transistor that requires an external load resistor that is used to regulate the output current level.

10.3.5 Die Characteristics

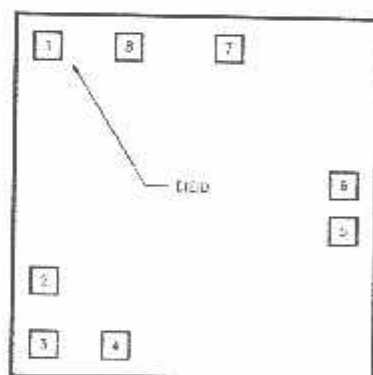


Figure 11. Die Layout (C - Step)

Feature Description (continued)

Table 1. Die and Wafer Characteristics

Fabrication Attributes		General Die Information	
Physical Die Identification	LM567C	Bond Pad Opening Size (min)	91µm x 91µm
Die Step	C	Bond Pad Metalization	0.5% COPPER_BAL. ALUMINUM
Physical Attributes		Passivation	VOM NITRIDE
Wafer Diameter	150mm	Back Side Metal	BARE BACK
Die Size (Drawn)	1600µm x 1628µm 63.0mils x 64.0mils	Back Side Connection	Floating
Thickness	436µm Nominal		
Min Pitch	198µm Nominal		

Special Assembly Requirements:

Note: Actual die size is rounded to the nearest micron.

Die Bond Pad Coordinate Locations (C - Step)

(Referenced to die center, coordinates in µm) NC = No Connection, N.U. = Not Used

SIGNAL NAME	PAD# NUMBER	X/Y COORDINATES		PAD SIZE		
		X	Y	X	Y	Y
OUTPUT FILTER	1	-673	686	91	x	91
LOOP FILTER	2	-673	-419	91	x	91
INPUT	3	-673	686	91	x	91
V+	4	-356	-686	91	x	91
TIMING RES.	5	673	-122	91	x	91
TIMING CAP	6	673	76	91	x	91
GND	7	178	686	117	x	91
OUTPUT	8	-318	679	117	x	104

10.4 Device Functional Modes

10.4.1 Operation With $V_i < 200\text{m} - V_{\text{RMS}}$

When the input signal is below a threshold voltage, typically $200\text{m} - V_{\text{RMS}}$, the bandwidth of the detection band should be calculated.

$$BW = 10.73 \sqrt{\frac{V_i}{f_0 C_2}} \text{ in } \% \text{ of } f_0$$

where

- V_i = Input voltage (volts rms), $V_i \leq 200\text{mV}$
- C_2 = Capacitance at Pin 2 (μF)

Device Functional Modes (continued)
10.4.2 Operation With $V_i > 200\text{m} - V_{\text{RMS}}$

For input voltages greater than 200m-VRMS, the bandwidth depends directly from the loop filter capacitance and free running frequency product. Bandwidth is represented as a percentage of the free running frequency, and according to the product of $f_0 \cdot C_2$, it can have a variation from 2 to 14%. Table 2 shows the approximate values for bandwidth in function of the product result.

Table 2. Detection Bandwidth in Function of $f_0 \times C_2$

$f_0 \times C_2$ (kHz μ F)	Bandwidth (% of f_0)
62	2
16	4
7.3	6
4.1	8
2.6	10
1.8	12
1.3	14
< 1.3	14

11 Application and Implementation

NOTE

Information in the following applications sections is not part of the TI component specification, and TI does not warrant its accuracy or completeness. TI's customers are responsible for determining suitability of components for their purposes. Customers should validate and test their design implementation to confirm system functionality.

11.1 Application Information

The LM567 tone decoder is a device capable of detecting if an input signal is inside a selectable range of detection. The device has an open collector transistor output, so an external resistor is required to achieve proper logic levels. When the input signal is inside the detection band, the device output will go to a LOW state. The internal VCO free running frequency establishes the detection band central frequency. An external RC filter is required to set this frequency. The bandwidth in which the device will detect the desired frequency depends on the capacitance of loop filter terminal. Typically a $1\mu\text{F}$ capacitor is connected to this pin. The device detection band has a different behavior for low and high input voltage levels. Refer to the *Operation With $V_i < 200\text{m} - V_{\text{RMS}}$* section and the *Operation With $V_i > 200\text{m} - V_{\text{RMS}}$* section for more information.