

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN
DEKODER DOLBY SURROUND ANALOG 6 KANAL
UNTUK SISTEM HOME THEATER**

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL



Disusun Oleh:

AGUNG DWI PURWANTO

NIM : 04.12.247

MALANG

**KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2009**

SIKIP 81

FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALAYA

NO. 04.13.33
ABANG BIN PUHAWATI

KONSENTASI TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO 2-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALAYA
2008

LEMBAR PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN
DEKODER DOLBY SURROUND ANALOG 6 KANAL
UNTUK SISTEM HOME THEATER**

SKRIPSI

*Disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik Elektronika Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh:

Agung Dwi Purwanto

04.12.247

Diperiksa dan Disetujui



Dosen Pembimbing I

Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT
NIP. 1028700163

Dosen Pembimbing II

I Komang Somawirata, ST, MT
NIP. 1030100361



**Mengetahui,
Ketua Jurusan T. Elektro S-1**

Ir. Yudi Limpraptono, MT
NIP. 1039500274

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



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Raya Karanglo KM 2
MALANG

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. Nama Mahasiswa : Agung Dwi Purwanto
2. NIM : 04.12.247
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Elektronika
5. Judul Skripsi : Rancang Bangun Dekoder Dolby Surround
Analog 6 Kanal Untuk Sistem Home Theater

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S1) pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 17 Maret 2009
Dengan Nilai : 85 (A) *84*

Panitia Ujian Skripsi

Ketua

Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT
NIP. 1028700163

Sekretaris

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. 1039500274

Anggota Penguji

Penguji I

Ir. TH. Mimien Mustikawati, MT
NIP. 1030000352

Penguji II

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP. 1030100358

KATA PENGANTAR

Atas Berkat Rahmat Allah Yang Maha Kuasa, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan judul:

“Rancang Bangun Dekoder Dolby Surround Analog 6 Kanal Untuk Sistem Home Theater”

Pembuatan Skripsi ini disusun guna memenuhi syarat akhir kelulusan pendidikan jenjang Strata-1 di Institut Teknologi Nasional Malang. Laporan Skripsi ini merupakan tanggung jawab tertulis atas ilmu pengetahuan yang didapat selama penyusun mengikuti kuliah.

Atas terselesaikannya Skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
- Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
- Bapak Ir. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S1
- Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT dan Bapak Komang Somawirata, ST, MT selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, serta ilmu-ilmu yang sangat berharga sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan.
- Kedua orang tua yang selalu mendukung serta mendoakan.
- Seluruh kru instruktur Laboratorium Elektronika Analog & Instrumentasi ITN Malang atas semua bantuannya.

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 penyusun membuat kesalahan secara tidak sengaja dan semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Maret 2009

Penulis

ABSTRAKSI

RANCANG BANGUN DEKODER DOLBY SURROUND ANALOG 6 KANAL UNTUK SISTEM HOME THEATER

(Agung Dwi Purwanto, 0412247, T. Elektro / Elektronika S-1, 83 Halaman)
(Dosen Pembimbing: Ir. Sidik Noertjahjono, MT dan I Komang Somawirata, ST. MT)

Kata Kunci: Audio, Home Theater, Dolby Surround, dan Audio Dekoder 6 Kanal

Sistem tata suara surround adalah sistem tata suara yang dimana dapat menghadirkan efek suasana pada pendengarnya, yang dimana sistem tata suara home theater akan membawa suatu nuansa tersendiri sesuai dengan scene video yang sedang berlangsung sehingga seakan-akan para pendengarnya berada ditengah-tengah keadaan nyata. Dengan berkembangnya teknik perekaman suara dan dunia elektronika maka sistem tata suara juga ikut berkembang. Mulai dari sistem tata suara surround 3 kanal hingga sistem tata suara surround 8 kanal.

Perencanaan dan pembuatan alat ini secara garis besar akan mengolah suara dengan format suara matriks stereo ke format suara dolby surround 6 kanal, sehingga dapat menghasilkan sistem tata suara untuk sistem home theater tanpa menghilangkan aspek estetika audio atau kenyamanan dari para pendengarnya.

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAKSI.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GRAFIK.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metodologi.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Format Sinyal Audio Dasar	5
2.2 Sistem Tata Suara Home Theater	6

2.3 Inverting Amplifier	8
2.4 Non Inverting Amplifier	10
2.5 Summing Amplifier	11
2.6 Filter Aktiv Lowpass	12
2.7 Filter Aktiv Highpass	14
2.8 Penggeser Fasa	15

BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Blok Diagram	19
3.2 Perancangan Audio Mixer	24
3.3 Perancangan Audio Processor	
3.3.1 Perancangan Pre-Amplifier	25
3.3.2 Perancangan Equalizer	27
3.3.3 Perancangan Tone Control	33
3.4 Perancangan Subwoofer Controller	39
3.5 Perancangan Matrix Decoder	43

BAB IV PENGUJIAN ALAT

4.1 Umum	48
4.2 Pengujian Rangkaian Mixer	49
4.3 Pengujian Rangkaian Pre-Amplifier	52
Pengujian Rangkaian Equalizer	54
Pengujian Rangkaian Tone Control	65

4.6 Pengujian Rangkaian Subwoofer Controller	69
4.7 Pengujian Rangkaian Matrix Decoder	72
4.8 Pengujian Respon Alat Terhadap Noise	74

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran	82

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Sinyal Audio Dengan Format Mono.....	5
Gambar 2-2 Sinyal Audio Dengan Format Stereo.....	6
Gambar 2-3 Konfigurasi Sistem Tata Suara Dolby Prologic	7
Gambar 2-4 Konfigurasi sistem Tata Suara Dolby Prologic II	7
Gambar 2-5 Penguat Inverting.....	9
Gambar 2-6 Rangkaian Non Inverting.....	10
Gambar 2.7 Rangkaian penguat penjumlah.....	12
Gambar 2.8 Rangkain Low Pass Filter -40 dB/decade.....	13
Gambar 2.9 Rangkaian High-Pass Filters -40 dB/Dekade	14
Gambar 2.10 Rangkaian Penggeser Fasa (Phase Shifter).....	17
Gambar 3-1 Blok Diagram “ Dekoder Dolby Surround Analog 6 Kanal Untuk Sistem Home Theater “ Secara Keseluruhan.....	19
Gambar 3-2 Rangkaian summing amplifier.....	24
Gambar 3-3 Rangkaian Mixer	25
Gambar 3-4 Rangkaian Pre-Amplifier	26
Gambar 3-5 Rangkaian Gyrator	27
Gambar 3-6 Rangkaian Penguat dan Difrential.....	33
Gambar 3-7 Rangkaian Lengkap Equalizer.....	33
Gambar 3-8 Rangkaian filter untuk tone control.....	34
Gambar 3-9 Rangkaian Mixer Untuk Tone Control.....	39

Gambar 3-10 Blok Diagram Subwoofer Controller	40
Gambar 3-11 Rangkaian Penggeser Fasa Dan Summing Amplifier Untuk Subwoofer Controller.....	40
Gambar 3-12 Rangkaian Filter Aktif Lowpass -40 Db/Dekade Untuk Subwoofer Controller.....	40
Gambar 3-13 Rangkaian Buffer Untuk Kanal Front Right dan Front Left.....	44
Gambar 3-14 Rangkaian Penggeser Fasa	45
Gambar 3-15 Rangkaian Matrix Decoder.....	47
Gambar 4-1 Blok Diagram Dekoder <i>Dolby Surround</i> Analog 6 Kanal Untuk Sistem <i>Home Theater</i>	
Gambar 4-2 Pengujian Rangkaian <i>Mixer</i>	
Gambar 4-3 Hasil Pengujian Rangkaian <i>Mixer</i> Dengan Osiloskop.....	
Gambar 4-4 Pengujian Rangkaian <i>Pre-Amplifier</i>	
Gambar 4-5 Hasil Pengujian Rangkaian <i>Pre-amplifier</i>	
Gambar 4-6 Pengujian Rangkaian <i>Equalizer</i>	
Gambar 4-7 Hasil Pengujian Rangkaian <i>Equalizer</i>	
Gambar 4-8 Grafik Respon Rangkaian <i>Equalizer</i> Untuk $F_c = 32 \text{ Hz}$	
Gambar 4-9 Grafik Respon Rangkaian <i>Equalizer</i> Untuk $F_c = 64 \text{ Hz}$	
Gambar 4-10 Grafik Respon Rangkaian <i>Equalizer</i> Untuk $F_c = 125 \text{ Hz}$	
Gambar 4-11 Grafik Respon Rangkaian <i>Equalizer</i> Untuk $F_c = 250 \text{ Hz}$	
Gambar 4-12 Grafik Respon Rangkaian <i>Equalizer</i> Untuk $F_c = 500 \text{ Hz}$	
Gambar 4-13 Grafik Respon Rangkaian <i>Equalizer</i> Untuk $F_c = 1 \text{ KHz}$	

Gambar 4-14 Grafik Respon Rangkaian <i>Equalizer</i> Untuk $F_c = 2$ KHz
Gambar 4-15 Grafik Respon Rangkaian <i>Equalizer</i> Untuk $F_c = 4$ KHz
Gambar 4-16 Grafik Respon Rangkaian <i>Equalizer</i> Untuk $F_c = 8$ KHz
Gambar 4-17 Grafik Respon Rangkaian <i>Equalizer</i> Untuk $F_c = 16$ KHz
Gambar 4-18 Pengujian rangkaian <i>tone control</i>
Gambar 4-19 Hasil Pengujian Rangkaian <i>Tone Control</i>
Gambar 4-20 Grafik Respon Rangkaian <i>Tone Control</i> Untuk <i>Bass</i>
Gambar 4-21 Grafik Respon Rangkaian <i>Tone Control</i> Untuk <i>Middle</i>
Gambar 4-22 Grafik Respon Rangkaian <i>Tone Control</i> Untuk <i>Treble</i>
Gambar 4-23 Pengujian Rangkaian <i>Subwoofer Controller</i>
Gambar 4-24 Hasil Pengujian Rangkaian <i>Subwoofer Controller</i>
Gambar 4-25 Grafik Respon Rangkaian <i>Subwoofer Controller</i>
Gambar 4-26 Pengujian Rangkaian <i>Matrix Decoder</i>
Gambar 4-27 Hasil Pengujian Rangkaian <i>Matrix Decoder</i>
Gambar 4-28 Pengujian <i>SNR</i> Rangkaian Dekoder <i>Dolby Analog 6 Kanal</i>
Gambar 4-29 Bentuk Sinyal Hasil Pengujian <i>SNR</i>

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Pembagian Signal untuk sistem tata suara Dolby Prologic II	8
Tabel 3-1 Pembagian Suara untuk tata suara surround.....	23
Tabel 3-4 Pembagian Sinyal Audio Dengan Format Prologic II	43
Tabel 4-1 Hasil Pengujian Rangkaian <i>Mixer</i>	50
Tabel 4-2 Hasil Pengukuran Rangkaian <i>Pre-amplifier</i>	53
Tabel 4-3 Hasil Pengujian Rangkaian <i>Equalizer</i>	56
Tabel 4-4 Data Hasil Pengujian Rangkaian <i>Tone Control</i>	66
Tabel 4-5 Hasil Pengujian Rangkaian <i>Subwoofer Controller</i>	71
Tabel 4-6 Hasil Pengujian Rangkaian <i>Matrix Decoder</i>	73
Tabel 4-7 Hasil percobaan SNR Rangkaian analog Dekoder Dolby Analog 6 kanal	75

DAFTAR GRAFIK

Grafik 2-1 Grafik Respon frekuensi untuk filter low pass filter – 40 dB/decade.....	13
Grafik 2-2 Grafik Tanggapan Frekuensi High Pass Filters -40dB/Dekade.....	15
Grafik 2-3 Grafik Hubungan Input dan Output Dengan $\Theta = -90^\circ$	16

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada awalnya audio hanya dikenal system tata suara dua kanal setereo yang pada awal perkembangannya dianggap sebagai system tata suara terbaik. Namun pendapat ini berubah sesuai dengan perkembangan dunia elektronik dan sistem perekaman *dolby suuround*. Dimulai dari dolby labolatorium yang didirikan pada tahun 1970 yang dimana ditemukan bahwa sistem suara setereo dapat dipecah menjadi 6 kanal terpisah. Semenjak itulah sistem tata suara mulai berkembang dengan pesatnya dimulai dengan *surround* , *dolby surround*, *Dolby prologic*, *Prologic II* , dan *THX Surround*.

Sistem tata suara yang baik adalah dimana sistem tata suara tersebut tidak mengurangi kenyamanan dan estetika dari pendengar sistem tata suara tersebut. Untuk sistem audio pada dasarnya dibagi dalam tiga bagian yaitu *Acoustic*, *High Fidelity (Hi-Fi)* , Dan *High Definition (HD)*. Sistem Audio *Acoustic* adalah dimana audio yang dihasilkan secara langsung oleh sumber suara, misalnya konser atau pertunjukan drama secara langsung, sedangkan sistem *audio Hi-Fi* adalah suatu sistem audio yang dimana suara direkam dengan peralatan elektronik dan diputar ulang secara elektronik dengan menghasilkan suara dengan ketelitian yang tinggi, untuk *HD Audio* adalah sistem tata suara yang dimana suara direkam secara elektronik dan diputar ulang dengan menggunakan format audio digital, misalnya SPDIF (*Sony*

Philips Digital Interface Format) yang dikembangkan oleh perusahaan Sony-Phillips dan FO Audio (*Fiber Optical Audio*).

Sistem *Audio Hi-Fi* yang beredar dipasaran rata-rata memiliki harga yang sangat mahal, sehingga tidak terjangkau oleh masyarakat umumnya, selain alasan itu sistem audio Hi-Fi yang dimiliki oleh masyarakat umum masih memakai sistem stereo sehingga diperlukan perangkat tambahan untuk mengubah sistem audio menjadi sistem *dolby surround*.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah untuk membuat suatu sistem tata suara dolby surround dengan harga yang terjangkau serta memiliki tingkat ketelitian yang tinggi (Hi-Fi), serta mengaplikasikan teori yang didapat selama masa perkuliahan berlangsung.

1.3 Rumusan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang ada, maka dalam perencanaan dan pembuatan alat ini diutamakan hal-hal sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang Sistem Audio 5.1 Ch dengan sistem tata suara Dolby Surround.
2. Bagaimana merancang rangkaian converter atau matrix stereo to surround sound decoder.
3. Bagaimana merancang sistem audio controller.
4. Bagaimana merancang sistem analog audio processor.
5. Bagaimana merancang Equalizer 20 Band Stereo.
6. Bagaimana merancang dan membuat matrix decoder audio.

1.4 Batasan Masalah

Dalam laporan akhir “Rancang Bangun Dekoder *Dolby Surround* Analog 6 Kanal Untuk Sistem *Home Theater*”, penulis akan memberikan batasan-batasan masalah agar tidak terjadi penyimpangan maksud dan tujuan utama penyusunan skripsi ini

1. Hanya membahas sistem tata suara *Dolby Surround*.
2. Membahas *Audio mixer*.
3. Membahas pernacangan *matrix decoder audio*.
4. Membahas *analog audio processor*.
5. Membahas rangkaian *filter-filter equalizer*
6. Membahas sistem *subwoofer controller*
7. Tidak membahas *audio power amplifier*
8. Tidak membahas sistem peredam ruangan
9. Tidak membahas *speaker dan box speaker*.

1.5 Metodologi

Metodologi penulisan yang dipakai dalam pembahasan pembuatan skripsi ini adalah :

1. *Studi literatur*
Mempelajari serta meneliti setiap materi dan teori yang didapat dari bahan-bahan referensi.
2. *Perencanaan dan pembuatan alat*.
Merancang serta membuat alat yang telah dihitung dan menentukan pemilihan terhadap komponen yang akan dipakai.

3. Pelaksanaan uji coba alat

Pengambilan sampel data untuk setiap bagian dari rangkaian yang telah dibuat serta menganalisa dan membandingkan dengan hasil perhitungan apakah alat yang dibuat dapat berjalan sesuai fungsinya atau tidak.

4. Penyusunan laporan skripsi

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dan gambaran secukupnya yang terdapat dalam setiap bab sebagai berikut;

- **BAB I PENDAHULUAN**

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi perencanaan, sistematika penulisan.

- **BAB II LANDASAN TEORI**

Membahas dasar teori yang digunakan dalam perancangan alat

- **BAB II PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT**

Membahas perencanaan pembuatan dekoder dolby analog 6 kanal

- **BAB IV PENGUJIAN ALAT**

Membahas tentang pengujian dan pengukuran alat yang telah dibuat

- **BAB V PENUTUP**

Berisikan kesimpulan-kesimpulan dari proses perancangan, pembuatan, dan pengujian alat serta saran-saran untuk pengembangan alat yang telah dibuat

BAB II

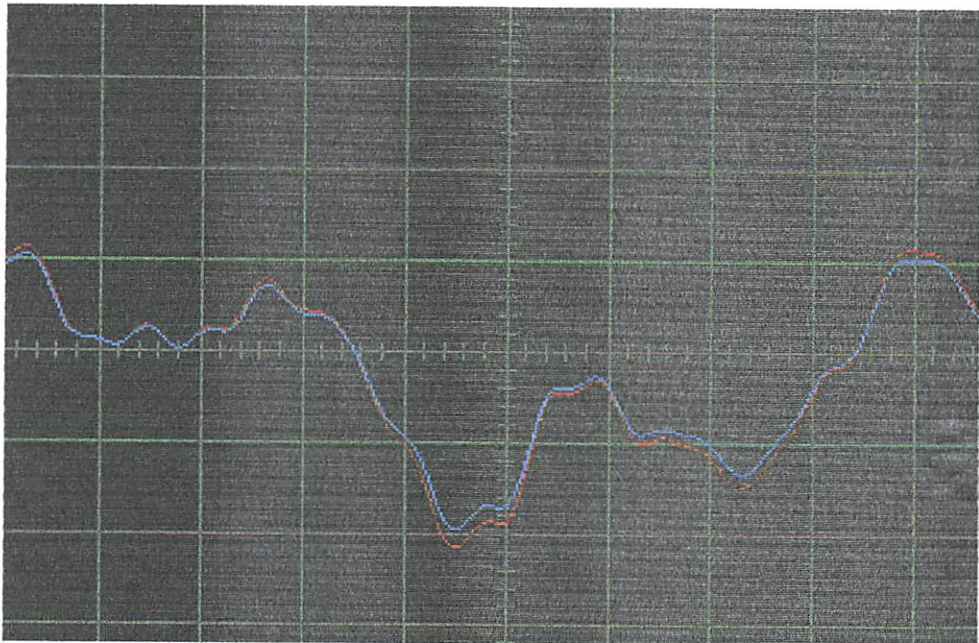
LANDASAN TEORI

2.1 Format Sinyal Audio Dasar

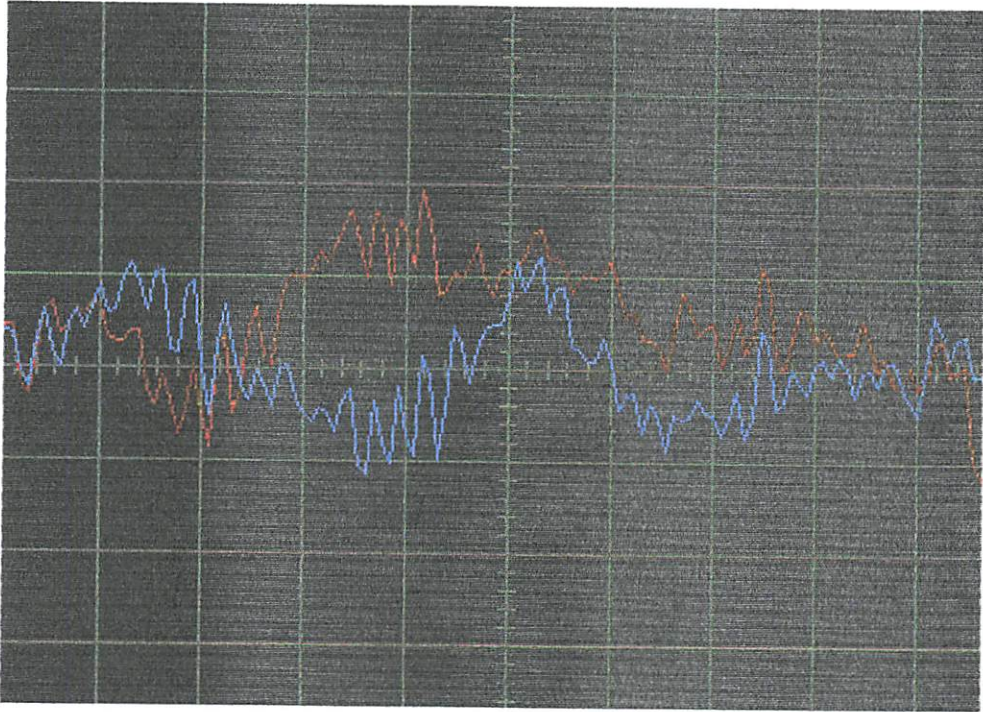
Sistem audio pada dasarnya hanya dua kanal yaitu kanal untuk kiri dan kanan, hal ini didasarkan oleh sistem pancaindra pendengaran manusia. Untuk perekaman suara format awal hanya terdiri dari dua yaitu mono dan *stereo*.

Format audio mono adalah suatu format perekaman audio yang dimana suara direkam hanya dalam satu kanal, sehingga tidak ada perbedaan sinyal antara sisi sebelah kanan dan sebelah kiri.

Format audio stereo adalah sistem perekaman yang dimana suara direkam dalam dua kanal terpisah sesuai dengan posisi sumber suara.



Gambar 2-1 Sinyal Audio Dengan Format Mono



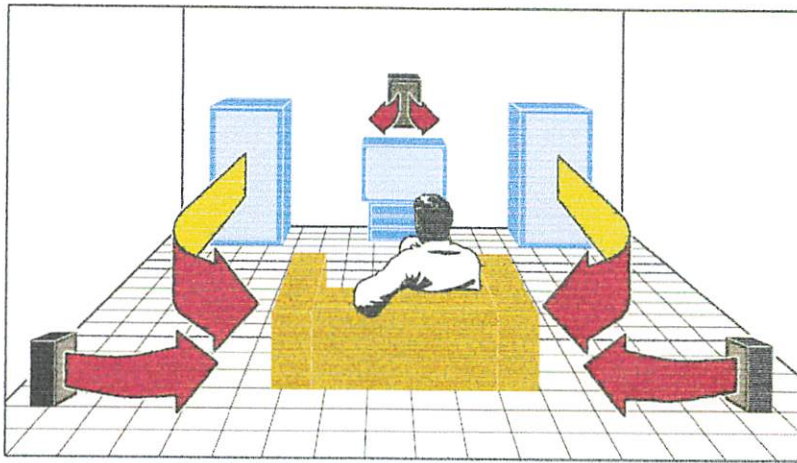
Gambar 2-2 Sinyal Audio Dengan Format Stereo

2.2 Sistem Tata Suara Home Theater

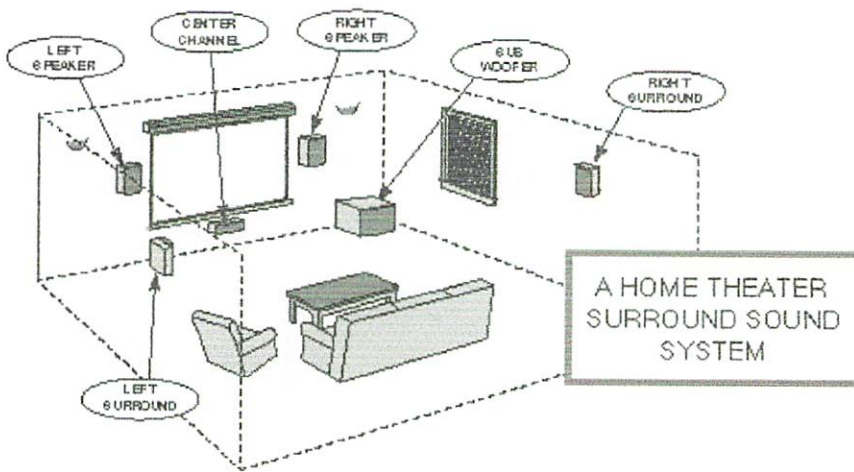
Pada umumnya sistem tata suara hanya menggunakan dua kanal stereo yaitu kanal kiri dan kanan, untuk sistem home theater digunakan beberapa konfigurasi posisi speaker yaitu Dolby, Dolby Surround , Dolby Surround Prologic, Dolby Surround Prologic II dan Dolby Surround DTS.

Sistem Dolby adalah sistem tata suara dengan menggunakan 3 kanal yaitu Right, Left , dan Center. Untuk Dolby Surround menggunakan 4 kanal yaitu Front Right, Front Left, Rear Right, dan Rear Left. Untuk dolby Surround Prologic dan Dolby Surround Prologic II memiliki sistem hamper sama yaitu 5 kanal drive Front Right, Front Left, Center , Rear Right, dan Rear Left. Perbedaan dari sistem dolby Prologic dengan Prologic II adalah pada sistem Subwoofer. Pada dolby Prologic

sistem subwoofer menjadi satu dengan drive sedangkan pada dolby prologic II subwoofer terpisah pada kanal tersendiri.



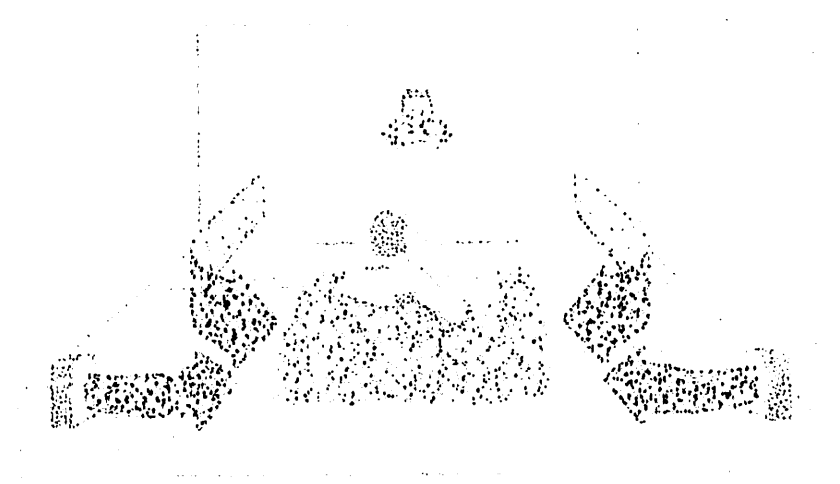
Gambar 2-3 Konfigurasi Sistem Tata Suara Dolby Prologic



Gambar 2-4 Konfigurasi sistem Tata Suara Dolby Prologic II

Untuk sistem tata suara Dolby Surround DTS menggunakan 21 kanal audio dengan sistem digital. Sistem tata suara ini biasa digunakan untuk gedung pertunjukan dan gedung bioskop.

... ..
... ..
... ..



... ..



... ..

... ..
... ..

... ..

Tabel 2-1
Pembagian Signal untuk sistem tata suara Dolby Prologic II

Signal Input	Front Right	Front Left	Center	Rear Right	Rear Left	Subwoofer
Left Total	0	1	0.707	$0.557 \angle -90^\circ$	$0.816 \angle 90^\circ$	$1 \angle -90^\circ$
Right Total	1	0	0.707	$0.816 \angle 90^\circ$	$0.557 \angle -90^\circ$	$1 \angle 90^\circ$

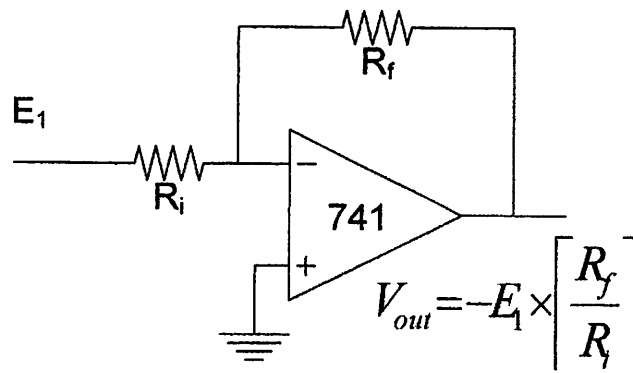
2.3 Inverting Amplifier

Pada gambar 2-5 adalah merupakan op-amp yang terangkai sebagai penguat inverting. Sinyal input dimasukkan ke input inverting (-) op-amp melalui tahanan R_i yang disebut elemen input. Tahanan R_f merupakan elemen umpan balik. Tegangan antara input (+) dan (-) pada dasarnya sama dengan 0V. Penurunan tegangan melalui R_i adalah E_i . Arus I yang mengalir melalui R_i adalah $I = \frac{E_i}{R_i}$

Seluruh masukan I mengalir melalui R_f , disebabkan jumlah yang dialirkan oleh terminal masukan (-) nya dapat diabaikan. Arus yang melalui R_f ditentukan oleh R_i dan E_i , dan bukan oleh R_f V_f atau op-ampnya.

Penurunan tegangan yang melalui R_f adalah

$$V_{Rf} = I \times R_f = -\frac{E_i}{R_i} R_f$$



Gambar 2-5 Penguat Inverting

Satu ujung R_f dan satu ujung R_L beban telah dihubungkan. Tegangan dari hubungan tersebut ke ground adalah V_o . ujung R_f dan R_L yang lain berada pada posisi ground. Karena itu, V_o menyamai V_{Rf} dan menambah tanda minus.

Sehingga akan didapat :

$$V_o = -E_i \frac{R_f}{R_i}$$

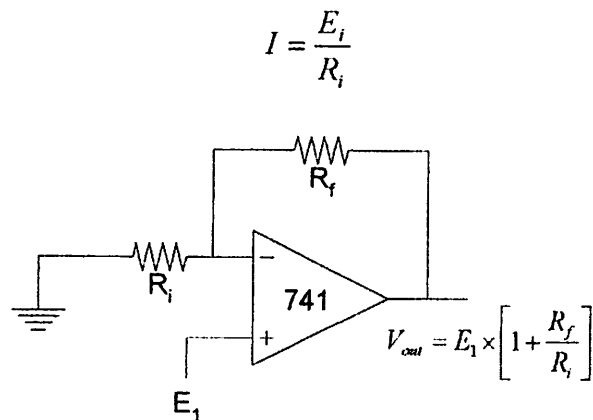
Gain untai tertutup dari penguat tersebut sebagai A_{cl} . adalah

$$A_{cl} = \frac{V_o}{E_i} = -\frac{R_f}{R_i}$$

Tanda minus menandakan bahwa polaritas keluaran V_o terbalik terhadap input E_i . Oleh karenanya rangkaian tersebut dinamakan rangkaian pembalik.

2.4 Non Inverting Amplifier

Sinyal input E_i dimasukkan ke input non inverting (+) op-amp. Tahanan masukan dari penguat pembalik adalah R_i . Tegangan keluaran, V_o mempunyai polaritas yang sama seperti tegangan masukan E_i . Tegangan antara input (+) dan output (-) dari op-amp adalah 0V, E_i tampak melintasi R_i . E_i menyebabkan arus I mengalir, sehingga :



Gambar 2-6 Rangkaian Non Inverting

Arus I mengalir melalui R_f dan penurunan tegangan melintasi R_f dinyatakan oleh V_{Rf} dan dinyatakan

$$V_{Rf} = R_f = \frac{R_f}{R_i} \times E_i$$

Tegangan keluaran V_o didapat dengan menambahkan E_i dengan tegangan yang melintasi V_{Rf} , yaitu V_{Rf}

$$V_o = E_i + \frac{R_f}{R_i} \times E_i$$

$$= \left(1 + \frac{R_f}{R_i} \right) E_i$$

Oleh karena itu, penguatan tegangan penguat non Inverting akan lebih besar dari satu, tidak soal barapapun besarnya nilai R_f yang digunakan.

Perbedaan antara tegangan input dan output hanyalah fakta bahwa tegangan output akan $1 + R_f/R_i$ kali lebih besar dari inputnya

Untuk mendapatkan gain tegangannya di dapatkan:

$$A_{cl} = \frac{V_o}{E_i} = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

2.5 Summing Amplifier

Jika berapa tahanan input dihubungkan ke input inverting op-amp, akan diperoleh penguat penjumlahan (summing Amplifier). Titik penjumlahan 5 dan masukan (-) nya berada pada potensial ground. Arus I_1 ditentukan oleh E_1 dan R_1 , I_2 oleh E_2 dan R_2 , I_3 oleh E_3 dan R_3 sehingga dapat dinyatakan

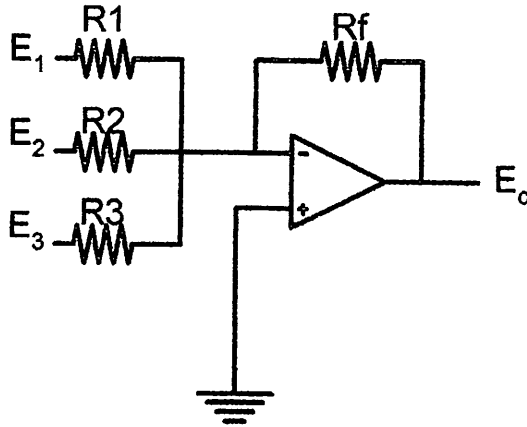
$$I_1 = \frac{E_1}{R_1}, \quad I_2 = \frac{E_2}{R_2}, \quad I_3 = \frac{E_3}{R_3}$$

Karena masukan (-) nya mengalirkan arus yang dapat diabaikan, maka I_1 , I_2 , dan I_3 semua mengalir R_f dan menghasilkan penurunan tegangan melalui R_f yang sama dengan V_o .

$$\begin{aligned} V_o &= -(I_1 + I_2 + I_3)R_f \\ &= \left[\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3} \right] R_f \end{aligned}$$

Dilain pihak bisa diperoleh penguatan dengan membuat nilai tahanan umpan balik lebih besar dari ketiga tahanan input yang sama itu.

Tanda minus (-) memberitahukan bahwa sinyal output akan berlawanan polaritas inputnya.

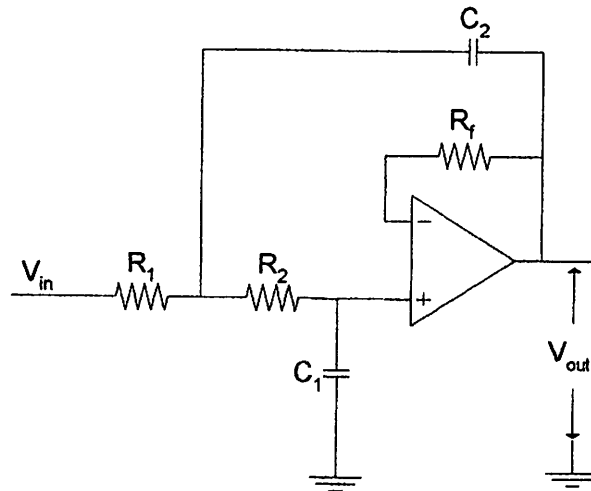


Gambar 2.7 Rangkaian penguat penjumlah

2.6 Filter Aktif Lowpass

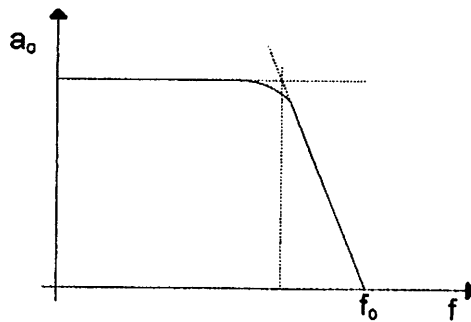
Dalam Gambar 2.8 merupakan gambar rangkaian low pass filter yang digunakan untuk memperoleh penurunan -40 dB/decade yaitu dibelakang frekuensi cut offnya, besarnya A_{cl} turun sebesar 40 dB bersama naiknya ω ke $10 \omega_c$.

Op-amp dihubungkan untuk gain dc satu, tahanan R_f dimaksudkan untuk offset dc. Karena rangkaian op-amp pada dasarnya adalah sebuah pengikut tegangan (penguat gain satu), tegangan yang melintasi C sama dengan tegangan keluarannya.



Gambar 2.8 Rangkain Low Pass Filter -40 dB/decade

Rangkaian ini menghasilkan landaian sebesar -40 dB/decade. Yaitu frekuensi cut offnya, sebesar 40 dB dB bersama nainya ω ke ω_c .



Grafik 2-1 Grafik Respon frekuensi untuk filter low pass filter -40 dB/decade

Sehingga akhirnya diperoleh langkah-langkah untuk merancang low pass filter -40 dB/decade tipe butterworth yaitu:

1. menentukan frekuensi cut of (f_c atau ω_c)
2. menentukan harga $R_1 = R_2 = R$ antara 10 k - 100 k
3. memilih harga $R_f = 2R$
4. menghitung harga C_1

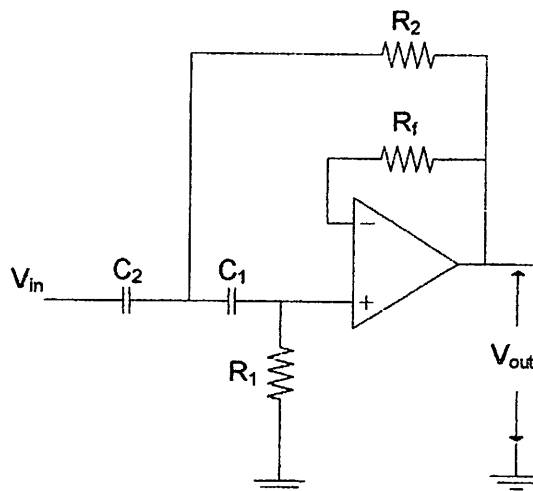
$$C_1 = \frac{0,707}{\omega_c \cdot R}$$

5. menentukan $C_2 = 2C_1$

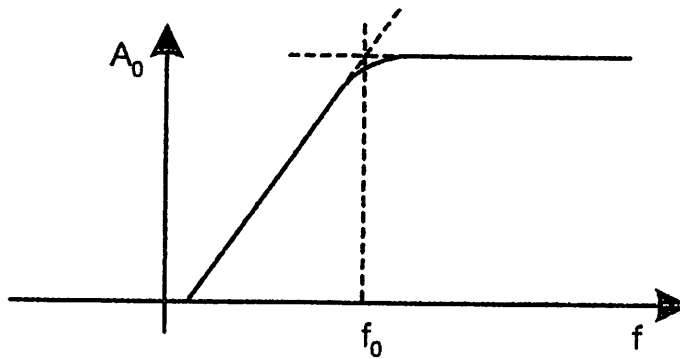
2.7 Filter Aktif Highpass

Filter high pass adalah sebuah rangkaian yang memperlemah semua isyarat dibawah suatu frekuensi cutoff tertentu dan melewatkan semua isyarat yang frekuensinya diatas frekuensi cutoff itu. Jadi filter highpass melakukan fungsi yang berlawanan dengan filter lowpass.

Rangkaian dari gambar dibawah (2.9) harus dirancang sebagai sebuah filter butterworth highpass dengan landaian sebesar 40 dB/dekade dibawah frekuensi cutoff. Untuk memenuhi pesyaratan Butterworth, tanggapan frekuensinya harus sebesar 0,707 pada dan menjadi 0 dB dalam pita lewatnya.



Gambar 2.9 Rangkaian High-Pass Filters -40dB/Dekade



Grafik 2-2 Grafik Tanggapan Frekuensi High Pass Filters
-40dB/Dekade

Dengan demikian dapat dirancang frekuensi cut-off dari high pass filters tersebut dengan ketentuan:

- Menyamakan nilai $C_1 = C_2 = C_3$
- Mencari nilai $R_2 = \frac{1}{2} R_1$

$$R_1 = \frac{1.414}{\omega C}$$

$$R_1 = \frac{1.414}{2\pi f_o C}$$

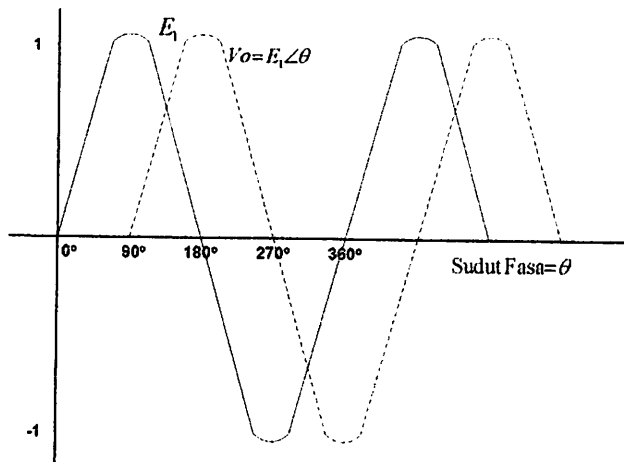
$$f_o = \frac{1.414}{2\pi R_1 C}$$

2.8 Penggeser Fasa

Rangkaian penggeser fasa yang ideal harus memancar suatu gelombang tanpa mengubah amplitudonya tetapi mengubah sudut fasanya sebesar yang ditetapkan sebelumnya. Misal, suatu gelombang sinus E_i dengan frekuensi 1 KHz dan harga puncak sebesar 1 Volt merupakan masukan dari penggeser fasa, seperti pada grafik 2-3. Output V_o mempunyai frekuensi dan amplitudo yang sama tetapi meninggalkan E_i , 90° . V_o bergerak melewati 0 volt 90° sesudah E_i bergerak

melewati 0 Volt. Secara matematis V_o dapat dinyatakan oleh $V_o = E_i \angle -90^\circ$.

Secara umum pernyataan untuk tegangan output pada rangkaian penggeser fasa adalah $V_o = E_i \angle -\theta$, θ merupakan fasa



Grafik 2-3 Grafik Hubungan Input dan Output Dengan $\Theta = -90^\circ$

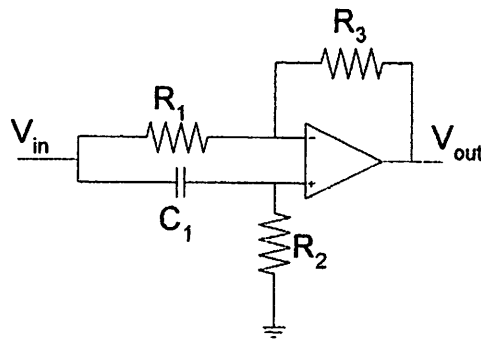
Rangkaian penggeser fasa bisa dibentuk dari satu op-amp, tiga resistor dan satu kapasitor seperti pada gambar 2-8. Untuk memperoleh rangkaian penggeser fasa yang bagus sekali, tahanan-tahanan R yang harus dibuat sama dan dapat dipilih mulai dari 10 sampai 220 k Ω . Besar sudut fasa θ hanya tergantung pada R_i , C_i dan frekuensi f dari E_i . Dengan memilih R_i variabel, akan didapat pengaturan yang halus, sedang hubungannya adalah

$$\theta = 2 \text{ arc tan } 2\pi f R_i C_i$$

Dimana θ dalam derajat, f dalam Hertz, R_i dalam ohm, dan C_i dalam farad. Persamaan tersebut akan berguna untuk mencari sudut fasa jika f, R_i dan C_i diketahui. Akan tetapi sebaliknya bila sudut fasa yang diinginkan diketahui maka dipilih C_i dan kemudian dihitung harga R_i

$$R_i = \frac{\tan(\theta/2)}{2\pi f C_i}$$

Dari persamaan diatas bahwa $\theta = -90^\circ$ bila R_i sama dengan C_i , atau $1/(2\pi f C_i)$. Karena R_i berubah-ubah dari $1 \text{ k}\Omega$ sampai $100 \text{ k}\Omega$, θ berubah-ubah dari kira – kira -12° sampai -180° . Jadi penggeser fasa mampu menggeser sudut-sudut fasa meliputi jangkauan yang mendekati 180° . Bila R_i dan C_i saling ditukar dalam gambar 5.1, maka akan didapat sudut fasa positif. Besarnya θ dapat dicari, akan tetapi outputnya diberikan oleh $V_o = E_i \angle 180^\circ - \theta$.



Gambar 2.10 Rangkaian Penggeser Fasa (Phase Shifter)

Terdiri dari Op-amp yang kedua inputnya diumpan oleh sinyal paralel. Pada frekuensi rendah, C_a bertindak sebagai impedansi tinggi yang jauh diatas nilai R_c , sebagai akibatnya untuk frekuensi rendah rangkaian Op-amp merupakan inverting amplifier dengan R_c sebagai tahanan bias dan R_a dan R_b sebagai tahanan penguatan (gain). Sebaliknya untuk frekuensi tinggi C_a bertindak sebagai frekuensi rendah yang merupakan penghubung efektif dari non inverting amplifier. Jadi untuk frekuensi yang berbeda maka sifat op-amp ini akan berbeda pula dari inverting

menjadi non inverting amplifier dan sebaliknya (Tjandra Gozalli, 1986 : 32).

Sedangkan sudut fasanya adalah sebagai berikut :

$$\theta = 2 \arctg 2\pi f R_c C_a$$

$$R_a = \frac{\operatorname{tg}(\theta/2)}{2\pi f C_a}$$

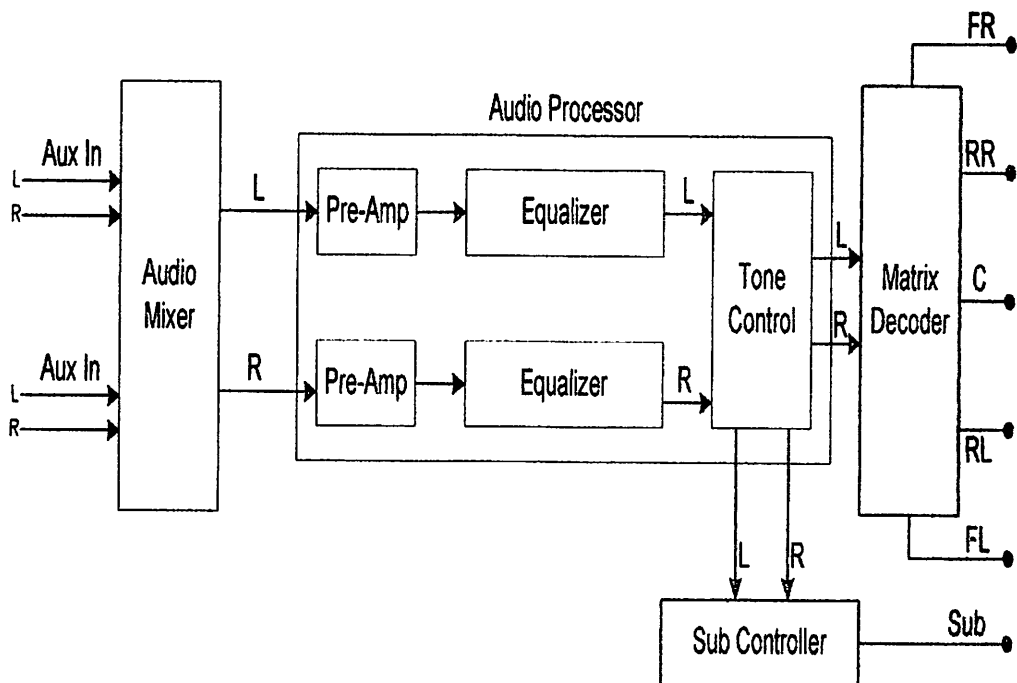
BAB III

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada Bab ini akan dibahas pembuatan “DEKODER DOLBY SURROUND ANALOG 6 KANAL UNTUK SISTEM HOME THEATER”, yang dimana dibagi menjadi beberapa bagian.

3.1 Blok Diagram

Blok diagram dari sistem Dekoder *Dolby Surround* Analog 6 Kanal Untuk Sistem *Home Theater* dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3-1 Blok Diagram “ Dekoder Dolby Surround Analog 6 Kanal Untuk Sistem Home Theater “ Secara Keseluruhan

Penjelasan dari masing-masing blok diatas adalah:

1. Audio Mixer

Pada bagian ini sinyal audio yang berasal dari beberapa input yang dicampur. Rangkaian mixer ini berfungsi untuk mencampur sinyal yang diinputkan yang berasal dari beberapa sumber sinyal sehingga tidak mempengaruhi sumber sinyal yang dikarenakan penjumlahan tegangan input.

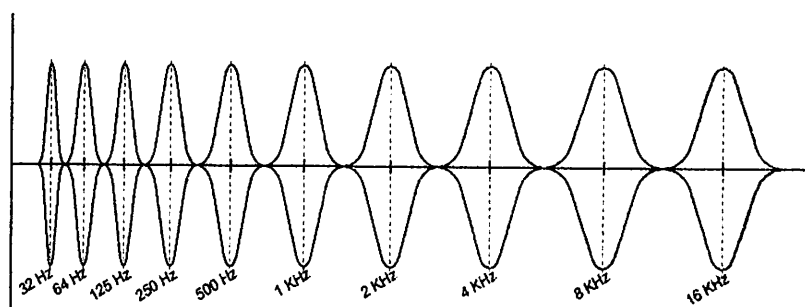
2. Audio Processor

a. Pre-Amp

Penguat awal dari sinyal audio yang telah dicampur sehingga sinyal cukup kuat untuk diolah pada bagian berikutnya. Pada bagian *pre amp* ini sinyal akan dikuatkan sebesar 2 hingga 10 kali dari sinyal inputnya sehingga didapatkan sinyal audio output sebesar 500 mV.

b. Equalizer

Berfungsi untuk mengatur tingkat amplitudo dari 10 band filter *equalizer* sehingga didapatkan sinyal audio yang jernih. Pembagian *bandwidth* dibagi dalam 1/8 oktaf yang dimana setiap band memiliki *range* frekuensi respon tertentu.

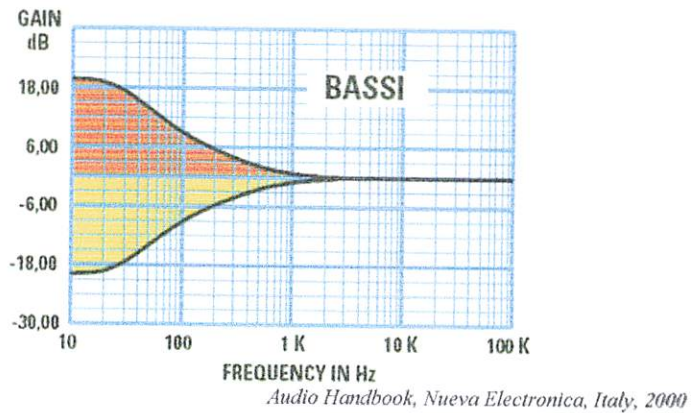


Grafik 3-1 Respon Frekuensi Equalizer 10 Band

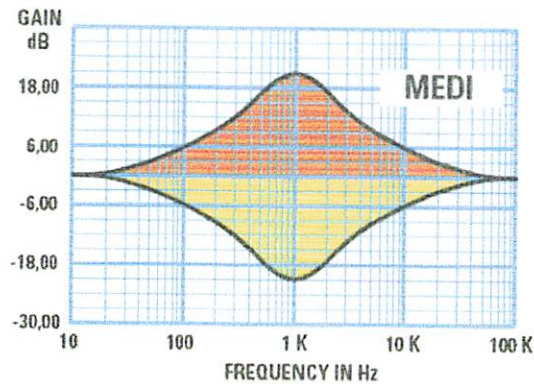
Alasan digunakanya *equalizer* 10 band adalah agar hasil suara keluaran *equalizer* dapat seimbang antara frekuensi rendah (*Bass*), frekuensi menengah (*middle*), dan frekuensi tinggi (*treble*). Prinsip dasar dari suara audio yang baik adalah suara yang dihasilkan baik untuk semua frekuensi suara serta tidak mengganggu kenyamanan pendengar walaupun dengan amplitudo yang tinggi.

c. Tone Control

Digunakan untuk mengatur tanggapan frekuensi dari suatu sinyal audio. Untuk pembagian *range* frekuensi sinyal audio dibagi kedalam tiga bagian besar yaitu *bass* , *middle* , dan *treble*. Pembagian suara ini berdasarkan tipe speaker yang dapat merespon suatu frekuensi inputan.

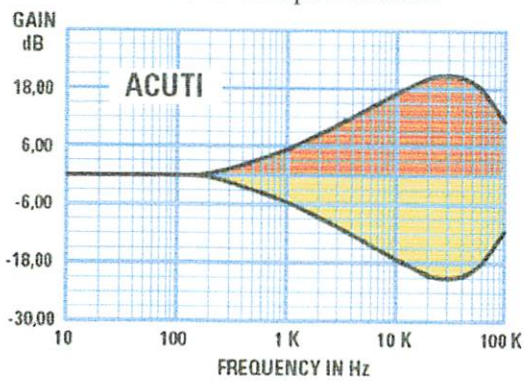


Grafik 3-2 Respon Bass



Audio Handbook, Nueva Electronica, Italy, 2000

Grafik 3-3 Respon Middle



Audio Handbook, Nueva Electronica, Italy, 2000

Grafik 3-4 Respon Treble

Tone control dibutuhkan untuk mengatur besarnya amplitudo untuk setiap respon frekuensi berdasarkan penggolongan frekuensi audio.

2. Matrix Decoder

Berfungsi untuk mengubah sinyal audio analog stereo menjadi 5 kanal *audio surround*. Untuk transformasi digunakan prinsip dasar dari sistem suara *surround*.

Prinsip dasar untuk *surround controller* adalah sinyal yang telah dicampur akan dibagi menurut susunan tata speaker. Sehingga suara dapat terbagi dalam 5 kanal dengan 1 *subwoofer*.

Tabel 3-1
Pembagian Suara untuk tata suara surround

Dolby Surround	Left	Right	Center	Surround
Left Total	1	0	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$j\frac{\sqrt{2}}{2}$
Right Total	0	1	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$k\frac{\sqrt{2}}{2}$

$$j = +90^\circ \text{ phase-shift}, k = -90^\circ \text{ phase-shift}$$

Dolby Pro Logic	Left	Right	Center	Rear Left	Rear Right
Left Total	1	0	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$j\frac{\sqrt{2}}{2}$	$j\frac{\sqrt{2}}{2}$
Right Total	0	1	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$k\frac{\sqrt{2}}{2}$	$k\frac{\sqrt{2}}{2}$

$$j = +90^\circ \text{ phase-shift}, k = -90^\circ \text{ phase-shift}$$

Dolby Pro Logic II	Left	Right	Center	Rear Left	Rear Right
Left Total	1	0	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$j\sqrt{\frac{2}{3}}$	$j\sqrt{\frac{1}{3}}$
Right Total	0	1	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$k\sqrt{\frac{1}{3}}$	$k\sqrt{\frac{2}{3}}$

$$j = +90^\circ \text{ phase-shift}, k = -90^\circ \text{ phase-shift}$$

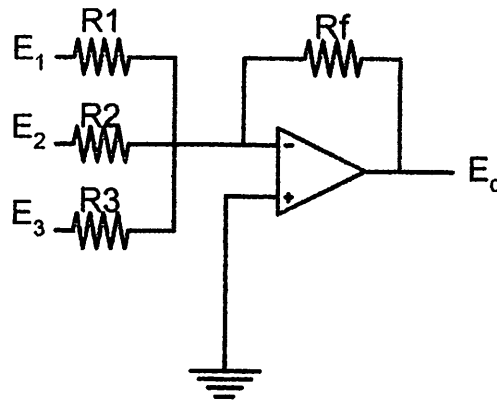
www.dolby.com

3. Sub Controller

Berfungsi untuk mengatur tanggapan frekuensi dari subwoofer ELF (nada bass rendah = *Extended Low frequency*). Untuk subwoofer controller ini digunakan filter *low pass* dengan frekuensi output maksimum 120Hz dengan AGC(*Automatic Gain Controller*) sehingga didapatkan amplitudo yang sesuai untuk setiap frekuensi input.

3.2 Perancangan Audio Mixer

Pada rangkaian *mixer* ini dilakukan pencampuran sinyal input yang berasal dari beberapa sumber sinyal yang berbeda. Prinsip dasarnya menggunakan rangkaian summing amplifier yang menjumlahkan nilai tegangan dari setiap inputnya



Gambar 3-2 Rangkaian summing amplifier

Dari gambar 3-2 diatas dapat dihitung nilai tegangan output apabila nilai dari $R_f = R_1 = R_2 = R_3$ maka nilai $E_o = -(E_1 + E_2 + E_3)$ agar didapat nilai tegangan 2 kali lebih besar dari jumlah tegangan input maka dengan rumus penguat amplifier dimana penguatan (A) tergantung dari nilai R_f dan R_i :

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_i$$

$$A = -\frac{R_f}{R_i}$$

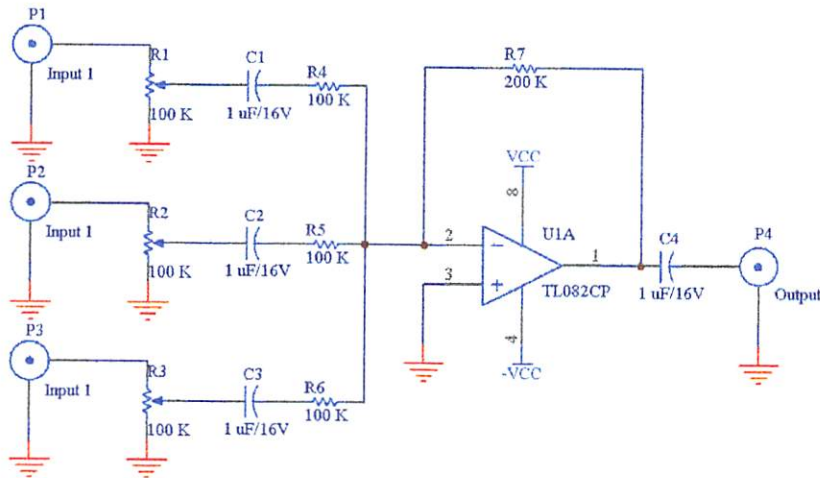
$$R_i = 100 \text{ K}\Omega$$

$$R_f = A \times R_i$$

$$= 2 \times 100 \text{ K}\Omega$$

$$= 200 \text{ K}\Omega$$

Agar sinyal DC tidak ikut dikuatkan maka dibutuhkan sebuah kapasitor kopling yang dapat menahan tegangan DC sebelum sinyal dimasukkan ke rangkaian summing amplifier.



Gambar 3-3 Rangkaian Mixer

3.3 Perancangan Audio Processor

3.3.1 Perancangan Pre Amplifier

Pre amplifier berfungsi untuk menguatkan sinyal agar cukup kuat untuk diproses pada bagian selanjutnya. Untuk penguatan *pre amplifier* digunakan penguat *non inverting* dengan gain sebesar 2 kali sehingga dengan menggunakan rumus penguat *non inverting* :

$$V_{out} = A \times V_{in}$$

$$A = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

Bila ditentukan

$$A = 2$$

$$R_f = 100 \text{ K}\Omega$$

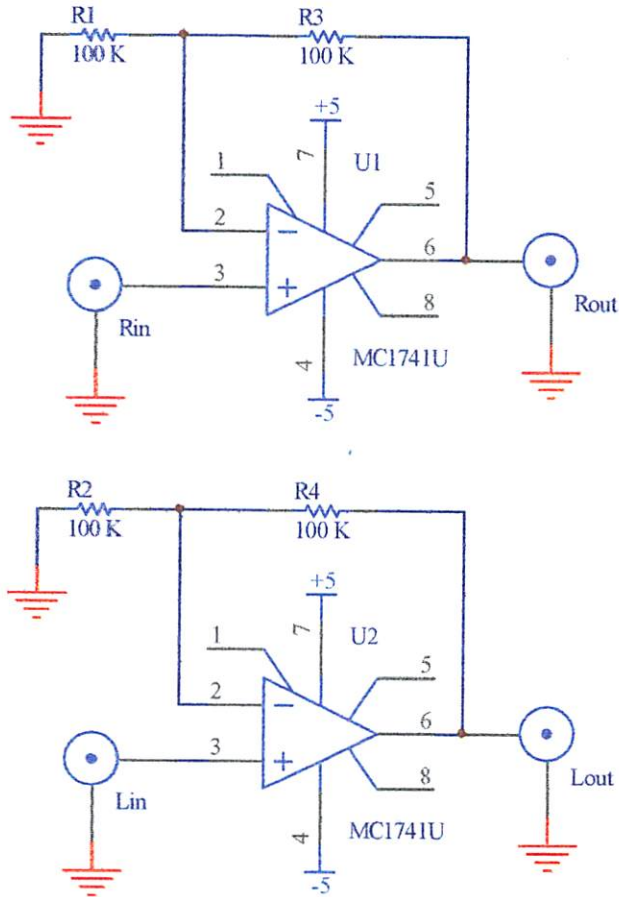
Maka:

$$A = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

$$2 = 1 + \frac{100K\Omega}{R_i}$$

$$R_i = 100 K\Omega$$

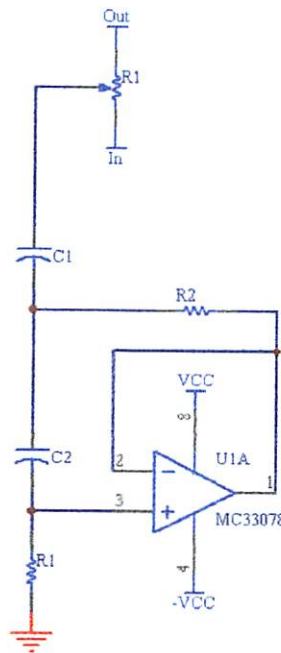
Dari perhitungan diatas maka dapat dirancang suatu penguat awal dengan *gain* sebesar 2 kali



Gambar 3-4 Rangkaian Pre-Amplifier

3.3.2 Perancangan Equalizer

Pada *equalizer* dilakukan penyetaraan nada yaitu menyeimbangkan nada dengan amplitudo sesuai dengan selera dari pendengar audio tersebut. Untuk rangkaian equalizer digunakan graphic equalizer dimana pada rangkaian graphic equalizer ini menggunakan prinsip rangkaian gyrator.



Gambar 3-5 Rangkaian Gyrator

Dengan menggunakan rangkaian diatas maka dapat dihitung frekuensi puncak untuk setiap respon frekuensi dimana induktansi gyrator (L_g):

$$L_g = R1 \times R2 \times C2$$

$$F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_g \cdot C1}}$$
$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{R1 \cdot R2 \cdot C1 \cdot C2}}$$

Dari dua rumus diatas maka dapat dihitung nilai untuk setiap frekuensi respon:

➤ Untuk frekuensi repon $F_c = 32 \text{ Hz}$

$$R1 = 100 \text{ K}\Omega$$

$$R2 = 1 \text{ K}\Omega$$

$$C1 = 10 \text{ uF}$$

$$F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R1.R2.C1.C2}}$$

$$C2 = \frac{\left(\frac{1}{2\pi F_c}\right)^2}{R1.R2.C1}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{2\pi.32}\right)^2}{100 \times 10^3 \times 1 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6}}$$
$$= 24.762 \text{ nF}$$

➤ Untuk frekuensi repon $F_c = 64 \text{ Hz}$

$$R1 = 100 \text{ K}\Omega$$

$$R2 = 1 \text{ K}\Omega$$

$$C1 = 4.7 \text{ uF}$$

$$F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R1.R2.C1.C2}}$$

$$C2 = \frac{\left(\frac{1}{2\pi F_c}\right)^2}{R1.R2.C1}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{2\pi.64}\right)^2}{100 \times 10^3 \times 1 \times 10^3 \times 4.7 \times 10^{-6}}$$

$$= 13.171 \text{ nF}$$

➤ Untuk frekuensi repon $F_c = 125 \text{ Hz}$

$$R_1 = 100 \text{ K}\Omega$$

$$R_2 = 1 \text{ K}\Omega$$

$$C_1 = 680 \text{ nF}$$

$$F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1.R_2.C_1.C_2}}$$

$$C_2 = \frac{\left(\frac{1}{2\pi F_c}\right)^2}{R_1.R_2.C_1}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{2\pi.125}\right)^2}{100 \times 10^3 \times 1 \times 10^3 \times 680 \times 10^{-9}}$$

$$= 23.864 \text{ nF}$$

➤ Untuk frekuensi repon $F_c = 250 \text{ Hz}$

$$R_1 = 100 \text{ K}\Omega$$

$$R_2 = 1 \text{ K}\Omega$$

$$C_1 = 330 \text{ nF}$$

$$F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1.R_2.C_1.C_2}}$$

$$C_2 = \frac{\left(\frac{1}{2\pi F_c}\right)^2}{R_1.R_2.C_1}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{2\pi.250}\right)^2}{100 \times 10^3 \times 1 \times 10^3 \times 330 \times 10^{-9}}$$

$$= 12.294 \text{ nF}$$

➤ Untuk frekuensi repon $F_c = 500 \text{ Hz}$

$$R1 = 100 \text{ K}\Omega$$

$$R2 = 1 \text{ K}\Omega$$

$$C1 = 100 \text{ nF}$$

$$F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R1.R2.C1.C2}}$$

$$C2 = \frac{\left(\frac{1}{2\pi F_c}\right)^2}{R1.R2.C1}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{2\pi.500}\right)^2}{100 \times 10^3 \times 1 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-9}}$$

$$= 10.142 \text{ nF}$$

➤ Untuk frekuensi repon $F_c = 1 \text{ KHz}$

$$R1 = 100 \text{ K}\Omega$$

$$R2 = 1 \text{ K}\Omega$$

$$C1 = 22 \text{ nF}$$

$$F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R1.R2.C1.C2}}$$

$$C2 = \frac{\left(\frac{1}{2\pi F_c}\right)^2}{R1.R2.C1}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{2\pi.1000}\right)^2}{100 \times 10^3 \times 1 \times 10^3 \times 22 \times 10^{-9}}$$

$$= 11.525 \text{ nF}$$

➤ Untuk frekuensi repon $F_c = 2 \text{ KHz}$

$$R1 = 100 \text{ K}\Omega$$

$$R2 = 1 \text{ K}\Omega$$

$$C1 = 33 \text{ nF}$$

$$F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R1.R2.C1.C2}}$$

$$C2 = \frac{\left(\frac{1}{2\pi F_c}\right)^2}{R1.R2.C1}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{2\pi.2000}\right)^2}{100 \times 10^3 \times 1 \times 10^3 \times 22 \times 10^{-9}}$$

$$= 1.921 \text{ nF}$$

➤ Untuk frekuensi repon $F_c = 4 \text{ KHz}$

$$R1 = 100 \text{ K}\Omega$$

$$R2 = 1 \text{ K}\Omega$$

$$C1 = 4.7 \text{ nF}$$

$$F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R1.R2.C1.C2}}$$

$$C2 = \frac{\left(\frac{1}{2\pi F_c}\right)^2}{R1.R2.C1}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{2\pi.4000}\right)^2}{100 \times 10^3 \times 1 \times 10^3 \times 4.7 \times 10^{-9}}$$

$$= 3.372 \text{ nF}$$

➤ Untuk frekuensi repon $F_c = 8 \text{ KHz}$

$$R1 = 100 \text{ K}\Omega$$

$$R2 = 1 \text{ K}\Omega$$

$$C1 = 3.3 \text{ nF}$$

$$F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R1.R2.C1.C2}}$$

$$C2 = \frac{\left(\frac{1}{2\pi F_c}\right)^2}{R1.R2.C1}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{2\pi.8000}\right)^2}{100 \times 10^3 \times 1 \times 10^3 \times 3.3 \times 10^{-9}}$$

$$= 1.201 \text{ nF}$$

➤ Untuk frekuensi repon $F_c = 16 \text{ KHz}$

$$R1 = 100 \text{ K}\Omega$$

$$R2 = 1 \text{ K}\Omega$$

$$C1 = 1 \text{ nF}$$

$$F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R1.R2.C1.C2}}$$

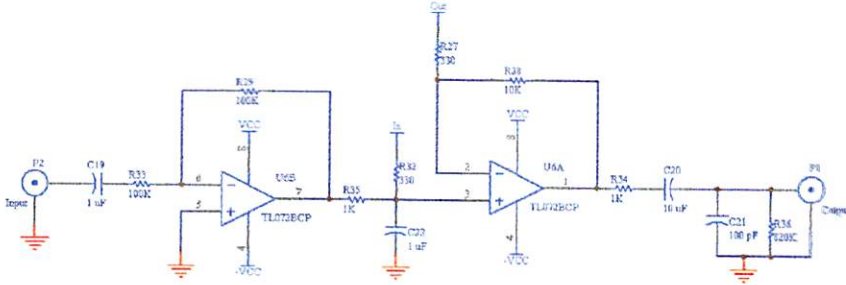
$$C2 = \frac{\left(\frac{1}{2\pi F_c}\right)^2}{R1.R2.C1}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{2\pi.16000}\right)^2}{100 \times 10^3 \times 1 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-9}}$$

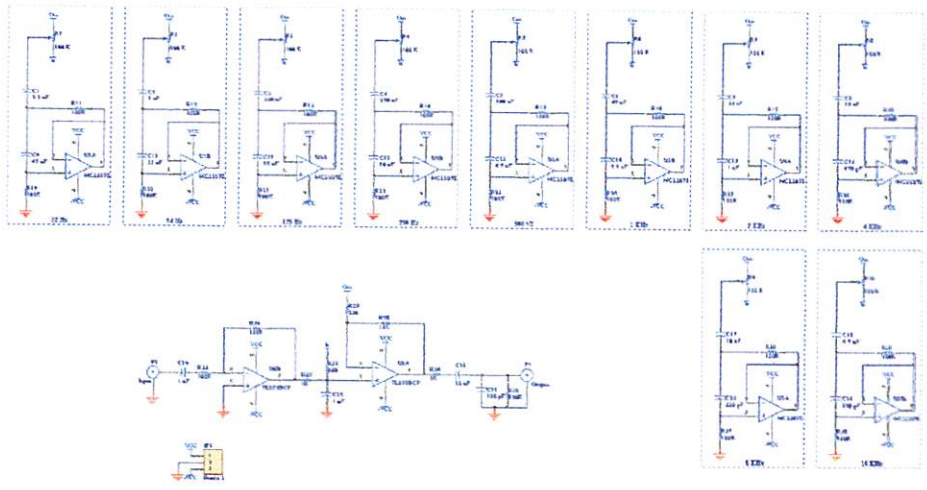
$$= 990 \text{ pF}$$

Untuk mencampurkan sinyal digunakan rangkaian difrential yang dimana dari input akan dibandingkan, bila terdapat nilai frekuensi yang

sama maka akan hilang sesuai dengan nilai tegangan referensi yang masuk



Gambar 3-6 Rangkaian Penguat dan Difrential



Gambar 3-7 Rangkaian Lengkap Equalizer

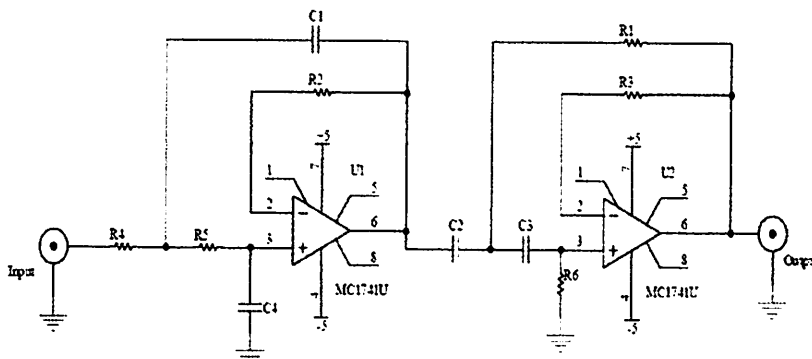
3.3.3 Perancangan Tone Control

Pada *tone control* dilakukan penyesuaian nada terhadap tipe speaker yang digunakan. Pada *tone control* ini dibagi dalam tiga bagian yaitu *Bass*, *Middle*, dan *Treble*, yang dimana speaker untuk *bass* disebut *woofer*, untuk *middle* disebut *midrange* dan untuk *treble* disebut *tweeter*.

Frekuensi respon *bass* untuk speaker tipe *woofer* berkisar antara 60-500 Hz, untuk *middle* berkisar antara 750-4000 Hz, dan untuk *treble* berkisar antara 5000-18000 Hz. Untuk rangkaian *tone control* digunakan dua rangkaian filter aktif yang dihubungkan secara seri sehingga dengan menggunakan grafik respon akan mendapatkan respon *bandpass* filter. Filter *highpass* akan membatasi frekuensi bawah dan filter *lowpass* akan membatasi frekuensi atas.

Filter yang digunakan untuk rangkaian *tone control* adalah filter aktif *lowpass* dan *highpass buterworth* dengan tingkat redaman -40db/dekade. Tujuan menggunakan dua filter adalah untuk mendapatkan respon frekuensi yang lebih presisi jika dibandingkan hanya menggunakan satu filter *bandpass*.

Untuk filter *bass* dengan respon frekuensi 60 hz sampai 500 hz digunakan filter aktif *highpass* dengan frekuensi *cutoff* 60 hz, dan filter aktif *lowpass* dengan frekuensi *cutoff* 500Hz.



Gambar 3-8 Rangkaian filter untuk tone control
Dengan menggunakan rangkaian diatas dapat dihitung nilai dari setiap

komponen yang dipakai:

- Menentukan terlebih dahulu nilai C4 dan C2

- $C3 = C2$
- $C1 = 2 \times C4$
- $R6 = \frac{1.414}{2\pi \cdot F_{cl} \cdot C2}$
- $R1 = R6$
- $R3 = \frac{1}{2} \times R6$
- $R4 = \frac{0.707}{2\pi \cdot F_{ch} \cdot C4}$
- $R5 = R4$
- $R2 = 2 \times R4$

Dimana:

F_{cl} = Frekuensi cutoff bawah

F_{ch} = Frekuensi cutoff atas

Maka dengan rumus diatas dapat dihitung nilai kapasitor dan resistor yang digunakan untuk:

➤ Bass ($F_{cl} = 60$ Hz, $F_{ch} = 500$ Hz)

- $C4 = 100$ nF
- $C2 = 100$ nF
- $C3 = C2$
= 100 nF
- $C1 = 2 \times C4$
= 2×100
= 200 nf
- $R6 = \frac{1.414}{2\pi \cdot F_{cl} \cdot C2}$

$$= \frac{1.414}{2\pi \times 60 \times 100 \times 10^{19}}$$

$$= 37,50 \text{ K}\Omega$$

- R1 = R6

$$= 37,50 \text{ K}\Omega$$

- R3 = $\frac{1}{2} \times R6$

$$= \frac{1}{2} \times 37,5$$

$$= 18,75 \text{ K}\Omega$$

- R4 = $\frac{0.707}{2\pi \cdot F_{ch} \cdot C4}$

$$= \frac{0.707}{2\pi \times 500 \times 100 \times 10^{-9}}$$

$$= 2.25 \text{ K}\Omega$$

- R5 = R4

$$= 2.25 \text{ K}\Omega$$

- R2 = 2 x R4

$$= 2 \times 2.25$$

$$= 4.5 \text{ K}\Omega$$

➤ Middle ($F_{cl} = 750 \text{ Hz}$, $F_{ch} = 4 \text{ KHz}$)

- C4 = 10 nF

- C2 = 10 nF

- C3 = C2

$$= 10 \text{ nF}$$

- C1 = 2 x C4

$$= 2 \times 10$$

$$= 20 \text{ nf}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ R6} &= \frac{1.414}{2\pi \cdot F_{cl} \cdot C2} \\ &= \frac{1.414}{2\pi \times 750 \times 10 \times 10^{19}} \\ &= 30 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ R1} &= \text{R6} \\ &= 30 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ R3} &= \frac{1}{2} \times \text{R6} \\ &= \frac{1}{2} \times 30 \\ &= 15 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ R4} &= \frac{0.707}{2\pi \cdot F_{ch} \cdot C4} \\ &= \frac{0.707}{2\pi \times 4000 \times 10 \times 10^{-9}} \\ &= 2.813 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ R5} &= \text{R4} \\ &= 2.813 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ R2} &= 2 \times \text{R4} \\ &= 2 \times 2.813 \\ &= 5.626 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

➤ Treble ($F_{cl} = 5 \text{ Khz}$, $F_{ch} = 18 \text{ Khz}$)

- C4 = 2.2 nF
- C2 = 1 nF
- C3 = C2

$$= 1 \text{ nF}$$

- $C1 = 2 \times C4$

$$= 2 \times 2.2$$

$$= 4.4 \text{ nf}$$

- $R6 = \frac{1.414}{2\pi \cdot F_{cl} \cdot C2}$

$$= \frac{1.414}{2\pi \times 5000 \times 1 \times 10^{19}}$$

$$= 45 \text{ K}\Omega$$

- $R1 = R6$

$$= 45 \text{ K}\Omega$$

- $R3 = \frac{1}{2} \times R6$

$$= \frac{1}{2} \times 45$$

$$= 22.5 \text{ K}\Omega$$

- $R4 = \frac{0.707}{2\pi \cdot F_{ch} \cdot C4}$

$$= \frac{0.707}{2\pi \times 18000 \times 2.2 \times 10^{-9}}$$

$$= 2.841 \text{ K}\Omega$$

- $R5 = R4$

$$= 2.841 \text{ K}\Omega$$

- $R2 = 2 \times R4$

$$= 2 \times 2.841$$

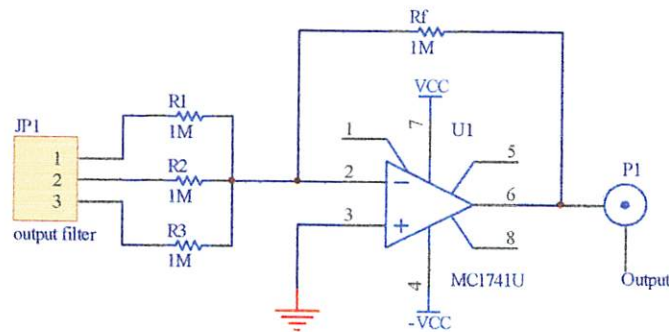
$$= 5.682 \text{ K}\Omega$$

Setelah difilter maka frekuensi yang lewat akan dicampur dengan menggunakan rangkaian *summing amplifier* yang dimana:

$$V_{out} = \left[-\frac{R_f}{R_{i1}} \times V_{in1} \right] + \left[-\frac{R_f}{R_{i2}} \times V_{in2} \right] + \left[-\frac{R_f}{R_{i3}} \times V_{in3} \right]$$

Jika nilai R_f , R_{i1} , R_{i2} , dan R_{i3} dibuat sama $1 \text{ M}\Omega$ maka didapat nilai penguatan $A = -1$, sehingga didapatkan persamaan:

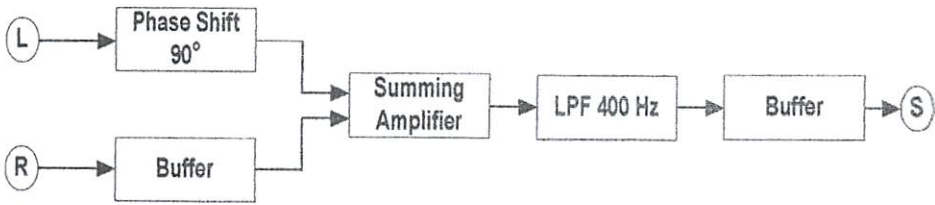
$$V_{out} = (V_{in1} + V_{in2} + V_{in3}) \times (-1)$$



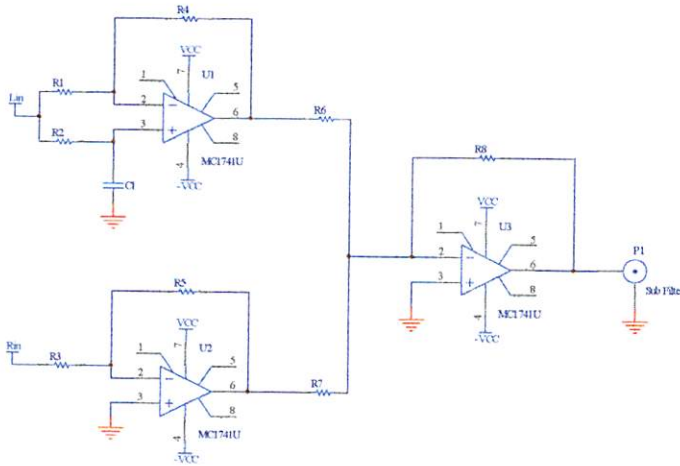
Gambar 3-9 Rangkaian Mixer Untuk Tone Control

3.4 Perancangan Subwoofer Controller

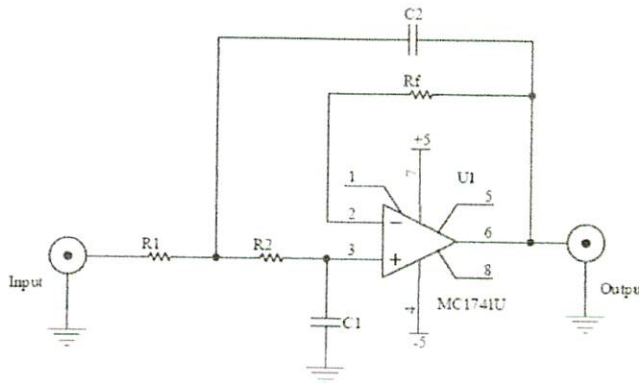
Subwoofer controller berfungsi untuk mengatur kerja dari penguat untuk speaker *subwoofer*, respon frekuensi untuk speaker tipe *subwoofer* berkisar antara 20 Hz sampai 120 Hz, untuk itu diperlukan rangkaian yang dapat memfilter frekuensi sehingga hanya frekuensi dibawah 120Hz yang diloloskan. Dengan menggunakan filter aktif lowpass -40 db / dekade maka dapat dirancang sebuah filter aktif *lowpass* dengan frekuensi *cutoff* 120 Hz. Selain filter juga dibutuhkan sebuah rangkaian penggeser fasa 90° untuk frekuensi 400 Hz. Dan rangkaian *summing amplifier* untuk mencampur sinyal dari kanal kiri dan kanan



Gambar 3-10 Blok Diagram Subwoofer Controller



Gambar 3-11 Rangkaian Penggeser Fasa Dan Summing Amplifier Untuk Subwoofer Controller



Gambar 3-12 Rangkaian Filter Aktif Lowpass -40 Db/Dekade Untuk Subwoofer Controller

Dari gambar diatas dapat dihitung nilai komponen untuk penggeser fasa dan *summing amplifier* sebagai berikut:

$$\theta = 2 \tan(2\pi \cdot f \cdot R1 \cdot C1)$$

bila ditetapkan

$$C1 = 100 \text{ nF}$$

$$f = 60 \text{ Hz}$$

$$\theta = 90^\circ$$

maka dapat dihitung nilai R1:

$$\begin{aligned} R1 &= \frac{\tan\left(\frac{\theta}{2}\right)}{2\pi \cdot f \cdot C1} \\ &= \frac{\tan\left(\frac{90^\circ}{2}\right)}{2\pi \times 60 \times 100 \times 10^{-9}} \\ &= 26.525 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

Untuk rangkaian *summing amplifier* ditentukan penguatan $A = 2$ kali sehingga bila nilai R6 dan R7 sama maka:

$$V_{out} = \left(-\frac{R8}{R6} \times V_{in1}\right) + \left(-\frac{R8}{R7} \times V_{in2}\right)$$

$$R6 = R7 = R_i$$

$$V_{out} = (V_{in1} + V_{in2}) \times \left(-\frac{R8}{R7}\right)$$

Bila $A = 2$ maka:

$$A = -\frac{R8}{R_i}$$

$$2 = -\frac{R8}{R_i}$$

$$R8 = 2R_i$$

$$\text{Bila } R_i = R_6 = R_7 = 10 \text{ K}\Omega$$

$$R_8 = 2R_i$$

$$= 2 \times 10 \text{ K}\Omega$$

$$= 20 \text{ K}\Omega$$

Untuk filter *lowpass* digunakan filter aktif *buterworth* dengan landaian -40 db/ dekade bila ditetapkan nilai frekuensi *cutoff* = 120 Hz dan nilai $C_1 = 10\text{nF}$ maka dapat dihitung:

$$F_c = 120 \text{ Hz}$$

$$C_1 = 10 \text{ nF}$$

$$C_2 = 2C_1$$

$$= 2 \times 10 \text{ nF}$$

$$= 20 \text{ nF}$$

$$R_1 = \frac{0.707}{2\pi \cdot F_c \cdot C_1}$$

$$= \frac{0.707}{2\pi \times 120 \times 10 \times 10^{-9}}$$

$$= 93.768 \text{ K}\Omega$$

$$R_2 = R_1$$

$$= 93.786 \text{ K}\Omega$$

$$R_f = 2R_1$$

$$= 2 \times 93.786$$

$$= 187.537 \text{ K}\Omega$$

3.5 Perancangan Matrix Decoder

Pada *matrix decoder* dilakukan proses pemecahan sinyal dari sinyal 2 kanal menjadi sinyal audio dengan format 6 kanal yang dimana sinyal tersebut memiliki aturan yang telah ditetapkan dalam tabel berikut ini.

Tabel 3-2
Pembagian Sinyal Audio Dengan Format Prologic II

Signal Input	Front Right	Front Left	Center	Rear Right	Rear Left
Left Total	0	1	0.707	$0.557 \angle -90^\circ$	$0.816 \angle 90^\circ$
Right Total	1	0	0.707	$0.816 \angle 90^\circ$	$0.557 \angle -90^\circ$

Dari table diatas dilakukan pembagian 5 kanal dimana kanal *stereo* diubah menjadi *Front Left (FL)*, *Front Right (FR)*, *Center (C)*, *Rear Right (RR)*, *Rear Left (RL)*. Pembagian diatas merupakan standar untuk *home theater* yang dikeluarkan oleh *Dolby Laboratories Inc.* dari table diatas dapat diketahui:

$$FR = R$$

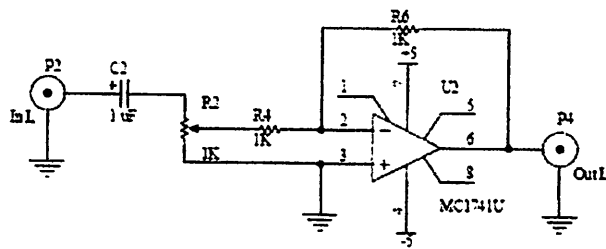
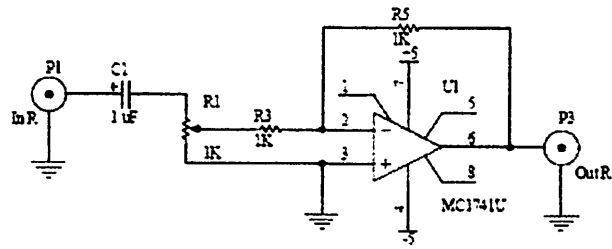
$$FL = L$$

$$C = 0.707R + 0.707L$$

$$RR = 0.557 \angle -90^\circ L + 0.816 \angle 90^\circ R$$

$$RL = 0.816 \angle 90^\circ L + 0.557 \angle -90^\circ R$$

Dari persamaan diatas dapat dikatakan bahwa nilai untuk *Front Right* sama dengan input *Right* dan *Front Left* Sama dengan *Input Left* sehingga hanya diperlukan rangkaian *buffer* untuk mendapatkan sinyal output yang sama dengan inputnya.



Gambar 3-13 Rangkaian Buffer Untuk Kanal Front Right dan Front Left

Untuk kanal *Center* digunakan rangkaian *summing amplifier* dimana penguatan setiap inputnya sebesar $A = 0.707$ sehingga :

$$V_{out} = (A \times V_R) + (A \times V_L)$$

$$A = -0.707$$

$$R_{i1} = R_{i2} = R_i$$

$$A = -\frac{R_f}{R_i}$$

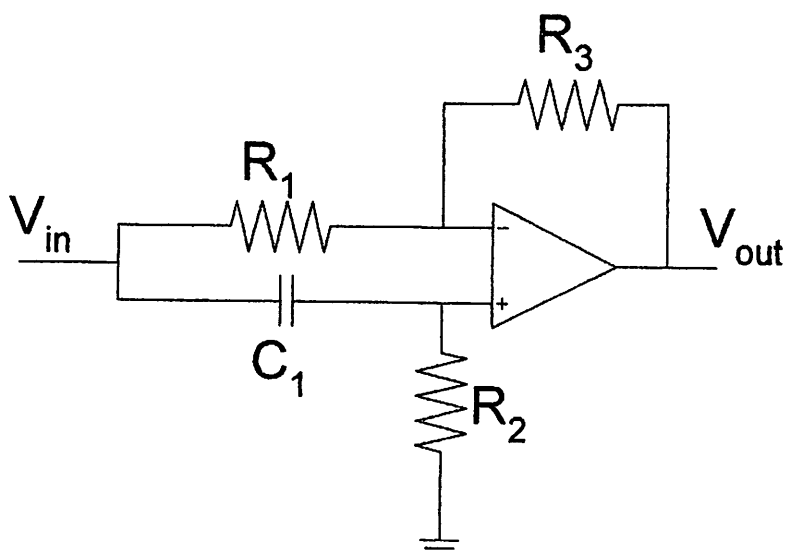
$$R_i = \frac{R_f}{A}$$

Bila $R_f = 100 \text{ K}\Omega$

$$R_i = \frac{100 \text{ K}\Omega}{0.707}$$

$$= 141.44 \text{ K}\Omega$$

Untuk *Rear Refl* dan *Rear Right* diperlukan sebuah rangkaian penggeser fasa dengan sudut 90° dan -90° sehingga digunakan rangkaian penggeser fasa dengan frekuensi untuk penggeseran sebesar 3 KHz.



Gambar 3-14 Rangkaian Penggeser Fasa

Dari gambar rangkaian penggeser diatas ditetapkan nilai frekuensi penggeseran sebesar 3 KHz dan Nilai kapasitor $C_1 = 1 \text{ nF}$, bila nilai R_1 , R_2 , dan R_3 adalah Sama maka :

$$\begin{aligned} \theta &= 2 \tan(2\pi \cdot f \cdot R \cdot C) \\ R &= \frac{\tan\left(\frac{\theta}{2}\right)}{2\pi \cdot f \cdot C} \\ &= \frac{\tan\left(\frac{90}{2}\right)}{2\pi \times 3000 \times 1 \times 10^{-9}} \\ &= 53.051 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

Perhitungan diatas diperuntukkan penggeseran fasa sebesar 90° , untuk penggeseran -90° maka posisi R2 dan C1 saling ditukar sehingga penggeseran akan menjadi -90° .

Untuk rangkaian *summing amplifier* kanal *Rear right* didapat ketentuan

$$V_{out_{RR}} = (A1 \times V_L) + (A2 \times V_R)$$

$$A1 = 0.557$$

$$A2 = 0.816$$

$$A = \frac{R_f}{R_i}$$

Bila $R_f = 100 \text{ K}\Omega$ maka:

$$\begin{aligned} R_{i1} &= \frac{R_f}{A1} \\ &= \frac{100 \text{ K}\Omega}{0.557} \\ &= 179.53 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{i2} &= \frac{R_f}{A2} \\ &= \frac{100 \text{ K}\Omega}{0.816} \\ &= 122.549 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

Untuk rangkaian *summing amplifier* kanal *Rear Left* didapat ketentuan

$$V_{out_{RR}} = (A1 \times V_L) + (A2 \times V_R)$$

$$A1 = 0.816$$

$$A2 = 0.557$$

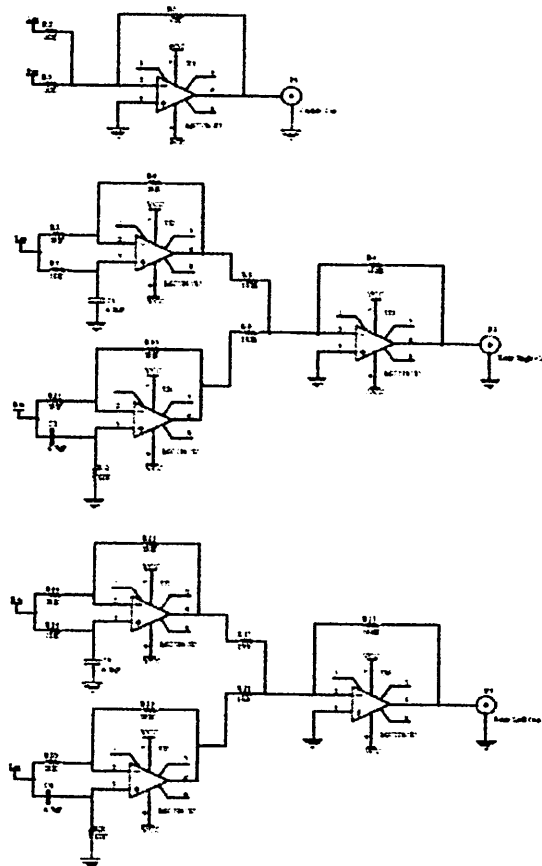
$$A = \frac{R_f}{R_i}$$

Bila $R_f = 100 \text{ K}\Omega$ maka:

$$\begin{aligned}
 R_{i_1} &= \frac{R_f}{A_1} \\
 &= \frac{100K\Omega}{0.816} \\
 &= 122.549 K\Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{i_2} &= \frac{R_f}{A_2} \\
 &= \frac{100K\Omega}{0.557} \\
 &= 179.53 K\Omega
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat dirancang rangkaian seperti gambar 3-18 berikut:



Gambar 3-15 Rangkaian Matrix Decoder

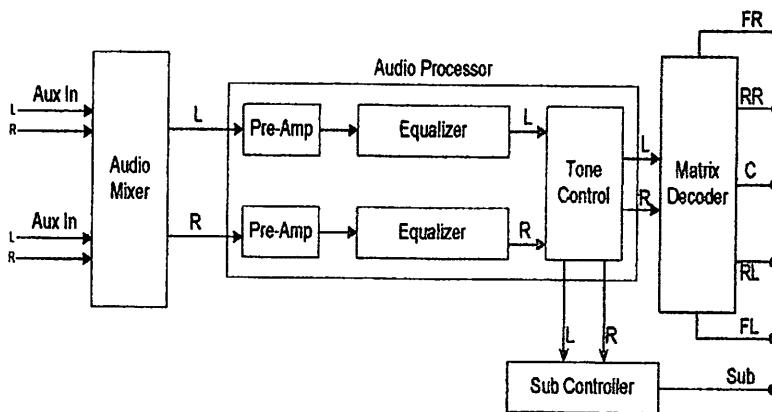
BAB IV

PENGUJIAN ALAT

4.1 Umum

Setelah selesai merancang dan membangun seluruh sistem *Dekoder Dolby Analog* maka selanjutnya dilakukan pengujian alat untuk mengetahui kinerja dari alat apakah telah sesuai dengan perancangan atau tidak.

Pengujian dilakukan pada setiap blok rangkaian dan seluruh sistem yang telah dibuat seperti pada gambar 4-1 berikut.



Gambar 4-1 Blok Diagram Dekoder *Dolby Surround Analog* 6 Kanal Untuk Sistem *Home Theater*

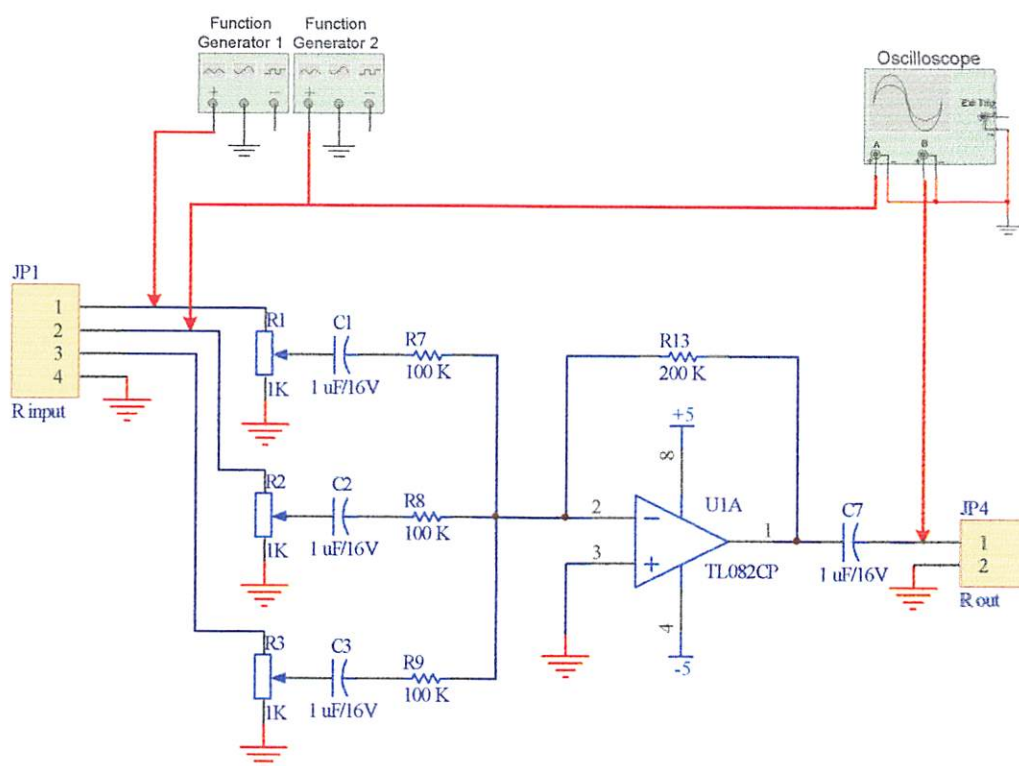
Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian rangkaian terhadap respon frekuensi input serta penguatan yang dilakukan setiap blok rangkaian. Dengan mengacu pada blok diagram pada gambar 4-1 maka pengujian yang dilakukan adalah:

1. Pengujian Rangkaian *Mixer*
2. Pengujian Rangkaian *Pre-Amplifier*
3. Pengujian Rangkaian *Equalizer*

4. Pengujian Rangkaian *Tone Control*
5. Pengujian Rangkaian *Subwoofer Controller*
6. Pengujian Rangkaian *Matrix Decoder*

4.2 Pengujian Rangkaian *Mixer*

Tujuan pengujian rangkaian mixer adalah untuk mengetahui penguatan serta pencampuran sinyal saat rangkaian dioperasikan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat bantu *function generator* dan osiloskop seperti pada gambar 4-2.



Gambar 4-2 Pengujian Rangkaian *Mixer*

Langkah-langkah pengujian rangkaian *mixer* adalah sebagai berikut:

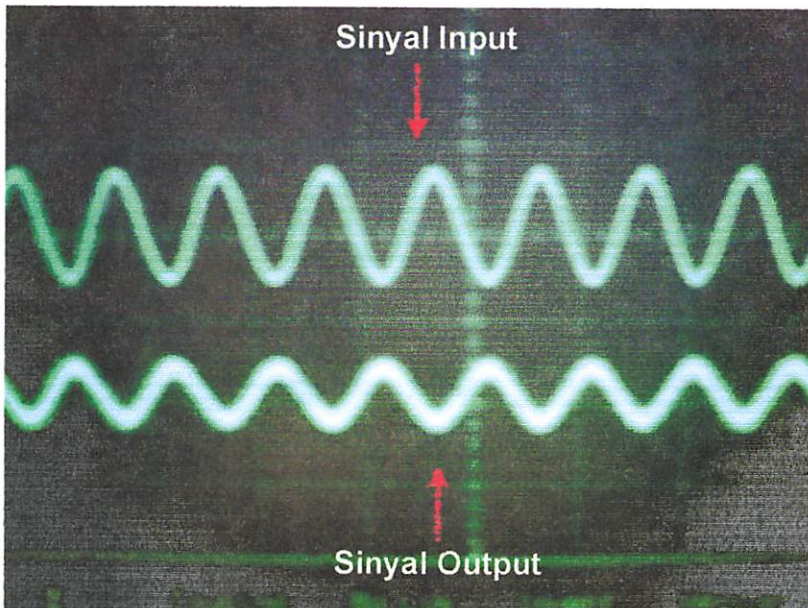
- Merangkai alat seperti gambar 4-2 diatas.
- Mengatur frekuensi dan tegangan pada *function generator*

- Mengamati sinyal inputan dan outputan pada osiloskop dan mencatat hasilnya.

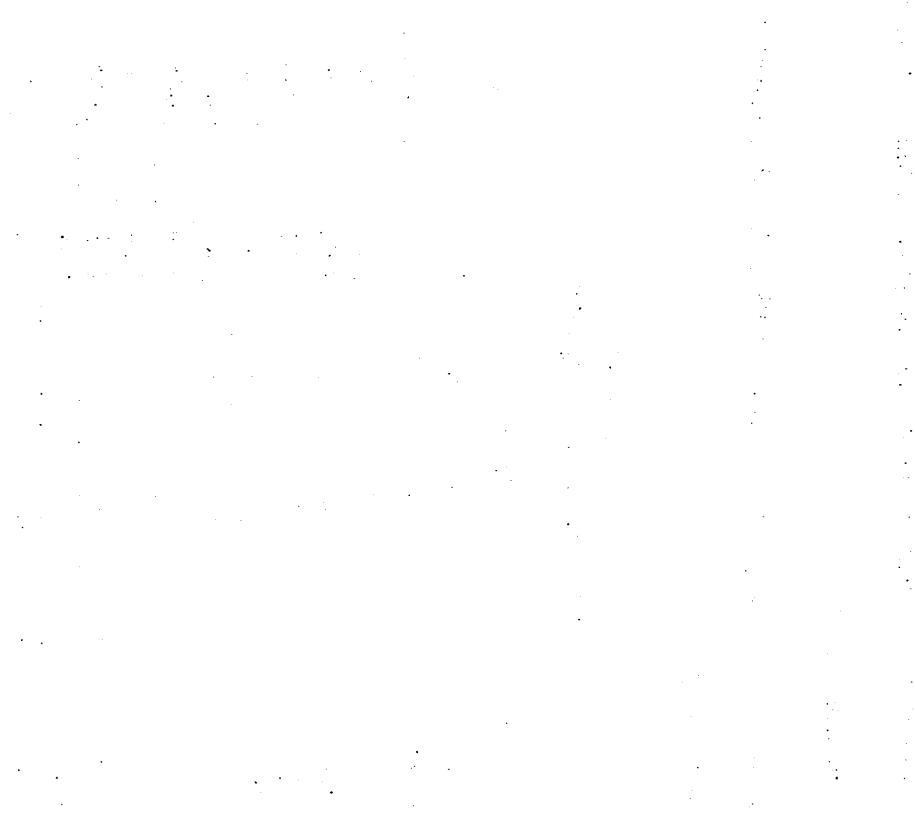
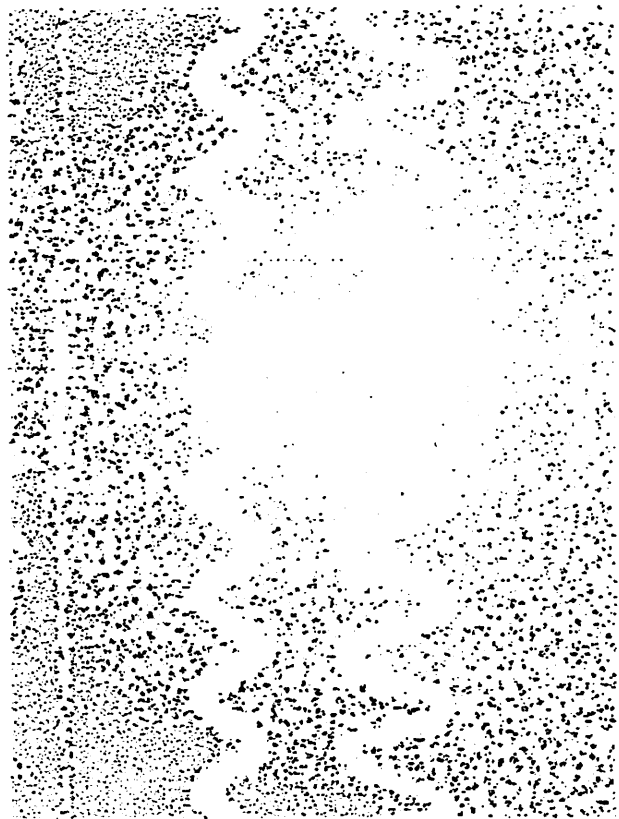
Hasil pengujian dari rangkaian mixer didapatkan data-data seperti terdapat dalam tabel 4-1 berikut:

Tabel 4-1
Hasil Pengujian Rangkaian *Mixer*

No	Input 1		Input 2		Vout (V)	A $\left(\frac{V_{out}}{V_{in_1} + V_{in_2}} \right)$
	Fin (Hz)	Vin (V)	Fin (Hz)	Vin (V)		
1	32	1	32	1	3.46	1.730
2	64	1	64	1	3.59	1.795
3	125	1	125	1	3.87	1.935
4	250	1	250	1	3.86	1.930
5	500	1	500	1	3.86	1.930
6	1000	1	1000	1	3.89	1.945
7	2000	1	2000	1	4.04	2.020
8	4000	1	4000	1	4.13	2.065
9	8000	1	8000	1	3.95	1.975
10	16000	1	16000	1	3.74	1.870



Gambar 4-3 Hasil Pengujian Rangkaian *Mixer* Dengan Osiloskop



Dari tabel 4-1 Dapat Dianalisa besar kesalahan pada alat dengan cara membandingkan nilai penguatan pengukuran alat dengan perhitungan. Untuk perhitungan:

$$A = \frac{R_f}{R_i}$$

Bila nilai $R_f = 200 \text{ K}\Omega$ dan nilai $R_i = 100 \text{ K}\Omega$ maka:

$$\begin{aligned} A &= \frac{200}{100} \\ &= 2 \text{ x} \end{aligned}$$

Dengan nilai gain (A) yang telah diketahui dari hasil perhitungan dari alat maka dapat dicari persentase error dari alat :

$$\begin{aligned} \overline{A_{\text{Pengukuran}}} &= \frac{\sum A_{\text{Pengukuran}}}{N} \\ &= \frac{1.73 + 1.79 + 1.93 + 1.93 + 1.93 + 1.94 + 2.02 + 2.06 + 1.97 + 1.87}{10} \end{aligned}$$

$$= 1.915 \text{ x}$$

$$\% \text{Err} = \frac{|A_{\text{Pengukuran}} - A_{\text{Perhitungan}}|}{A_{\text{Perhitungan}}} \times 100\%$$

$$= \frac{|1.915 - 2|}{2} \times 100\%$$

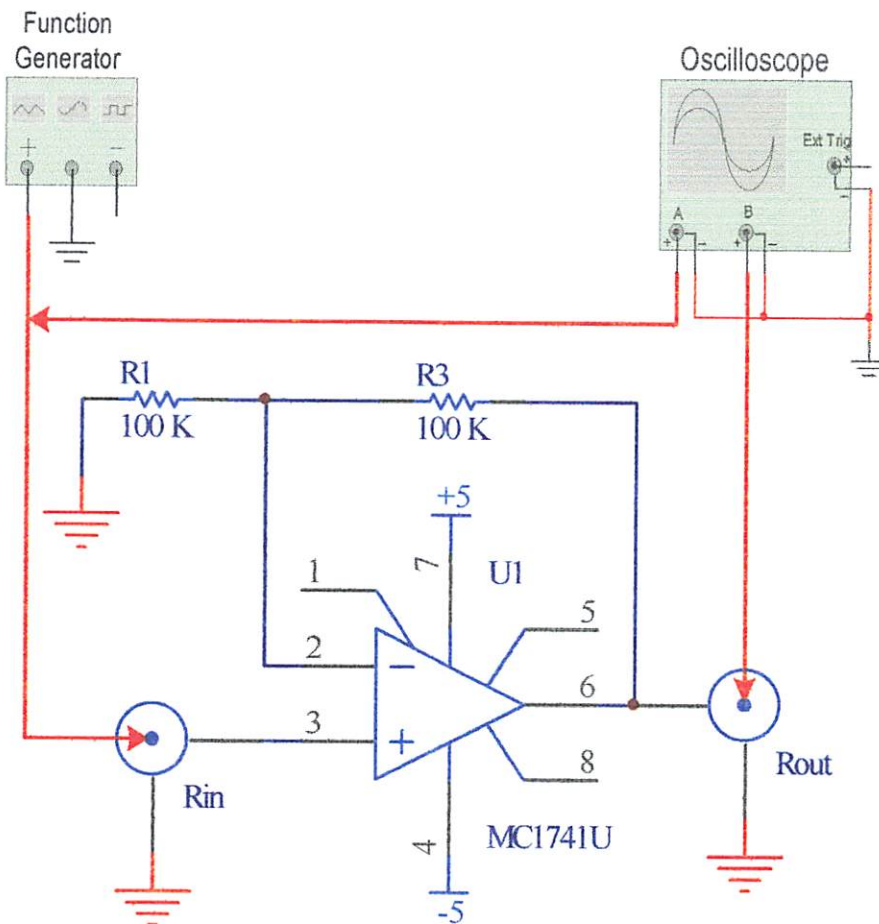
$$= 4.25 \%$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa rangkaian *mixer* memiliki penguatan rata-rata sebesar 1.915 dan persentase error sebesar 4.25% .

4.3 Pengujian Rangkaian *Pre-Amplifier*

Tujuan pengujian rangkaian *pre-amplifier* adalah untuk mengetahui nilai penguatan dan persentase eror dari rangkaian yang diuji. Dalam melakukan pengujian dan pengukuran digunakan alat bantu *function generator* sebagai sumber sinyal input dan osiloskop untuk mengamati bentuk sinyal keluaran dari rangkaian *mixer*. Langkah-langkah pengujian rangkaian *pre-amplifier* adalah sebagai berikut:

- Merangkai alat seperti gambar 4-4
- Mengatur sinyal inputan dari *function generator*
- Mengamati sinyal outputan pada osiloskop dan mencatat hasilnya.

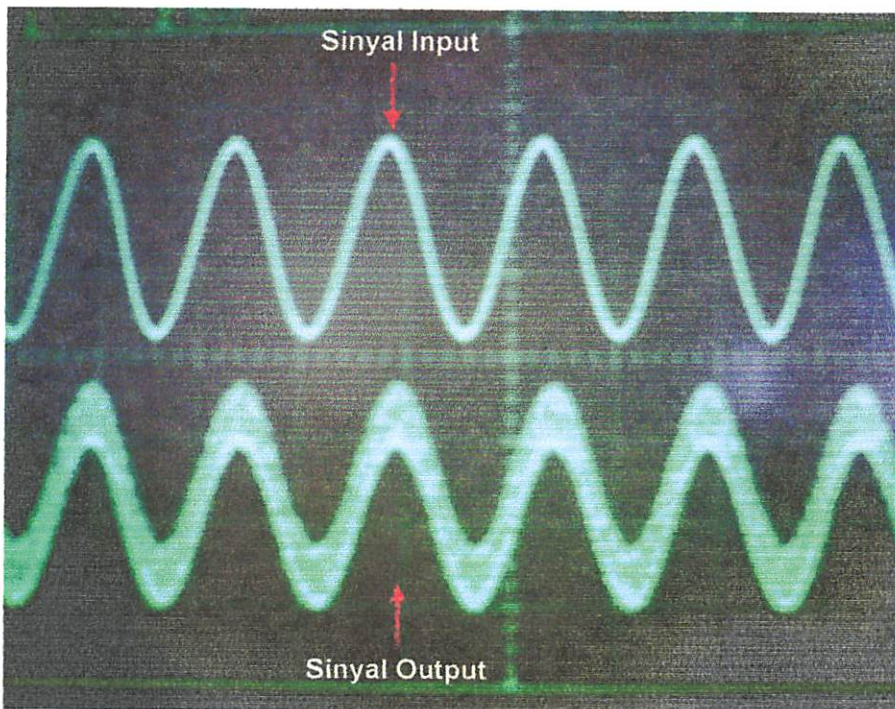


Gambar 4-4 Pengujian Rangkaian *Pre-Amplifier*

Hasil pengujian dari rangkaian *Pre-amplifier* didapatkan data-data seperti terdapat dalam tabel 4-2 berikut:

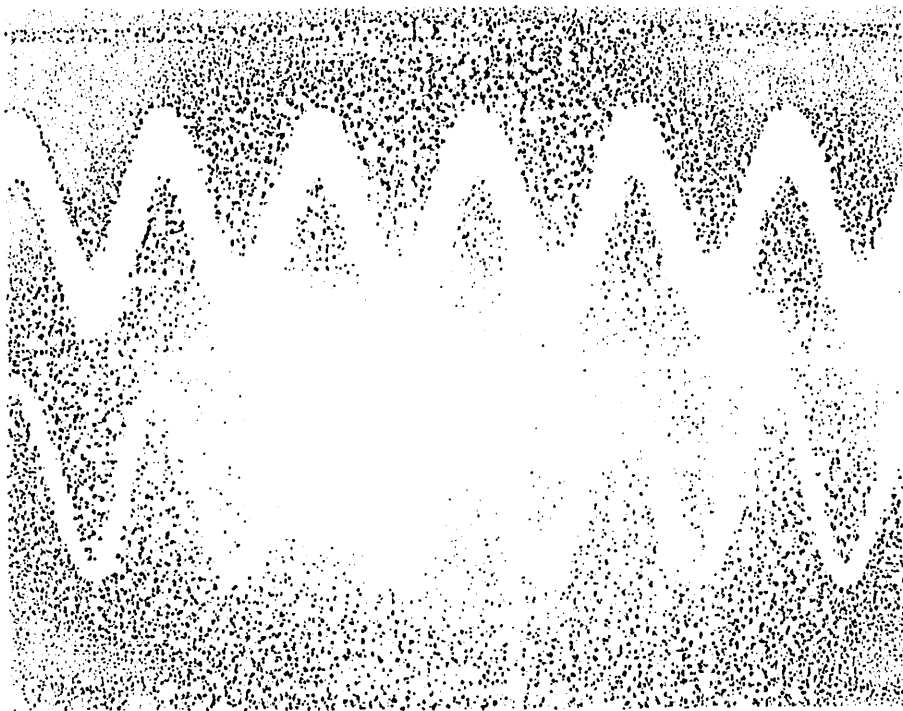
Tabel 4-2 Hasil Pengukuran Rangkaian *Pre-amplifier*

No	Fin (Hz)	Vin (V)	Vout (V)	A
1	20	1	1.876	1.876
2	50	1	1.898	1.898
3	100	1	1.883	1.883
4	500	1	1.906	1.906
5	1000	1	1.968	1.968
6	2000	1	1.977	1.977
7	4000	1	1.904	1.904
8	8000	1	1.879	1.879
9	12000	1	1.830	1.830
10	18000	1	1.759	1.759



Gambar 4-5 Hasil Pengujian Rangkaian *Pre-amplifier*

Dari tabel 4-2 dapat dianalisa persentase kesalahan alat terhadap nilai penguatan pengukuran sebagai berikut:



Nilai penguatan perhitungan ($A_{\text{perhitungan}}$):

$$A_{\text{perhitungan}} = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

$$A_{\text{perhitungan}} = 1 + \frac{100K\Omega}{100K\Omega}$$

$$= 2 \times$$

Nilai penguatan pengukuran ($A_{\text{pengukuran}}$):

$$\overline{A_{\text{pengukuran}}} = \frac{\sum A_{\text{pengukuran}}}{N}$$

$$= \frac{1.87 + 1.89 + 1.88 + 1.9 + 1.96 + 1.97 + 1.9 + 1.87 + 1.83 + 1.75}{10}$$

$$= 1.88 \times$$

Persentase error dari alat (%Err):

$$\% \text{Err} = \frac{|A_{\text{pengukuran}} - A_{\text{perhitungan}}|}{A_{\text{perhitungan}}} \times 100\%$$

$$= \frac{|1.88 - 2|}{2} \times 100\%$$

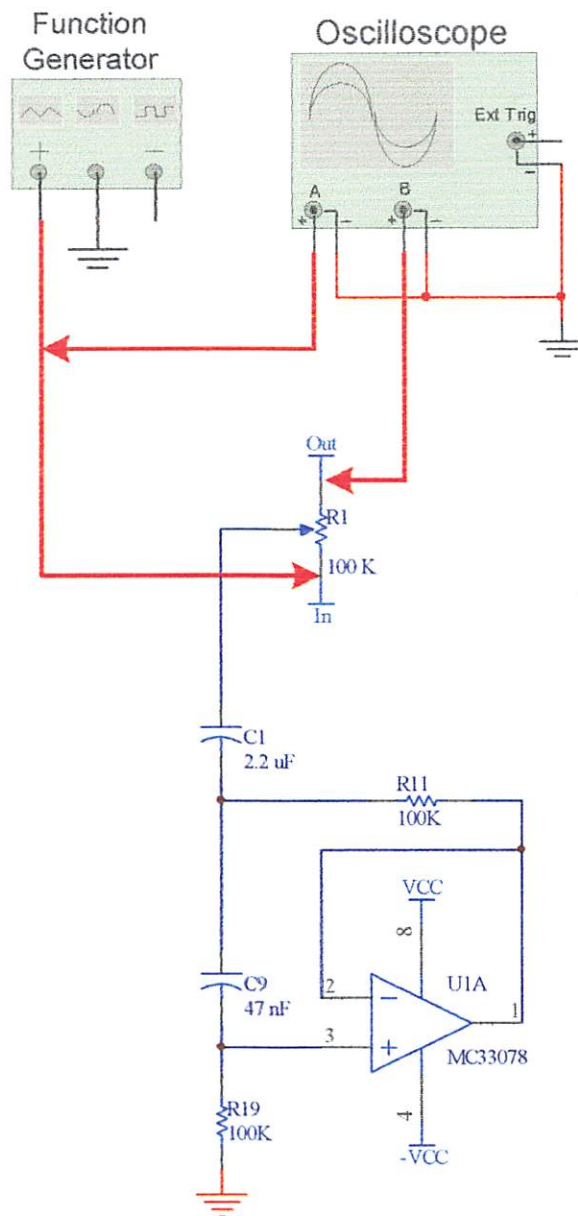
$$= 5.6 \%$$

Dari hasil pengujian didapat nilai persentase error dari alat adalah sebesar 5.6 % hal ini terjadi karena penggunaan nilai dari komponen resistor dan kapasitor yang digunakan tidak presisi.

4.4 Pengujian Rangkaian *Equalizer*

Tujuan dari pengujian alat dari rangkaian *equalizer* adalah untuk mengetahui respon frekuensi dari setiap band apakah sudah sesuai dengan perancangan atau tidak. Langkah-langkah pengujian rangkaian *equalizer* adalah sebagai berikut:

- Merangkai alat seperti pada gambar 4-6
- Mengatur frekuensi dan tegangan input rangkaian pada *function generator*
- Mengatur VR pada setiap band
- Mengamati sinyal outputan pada osiloskop

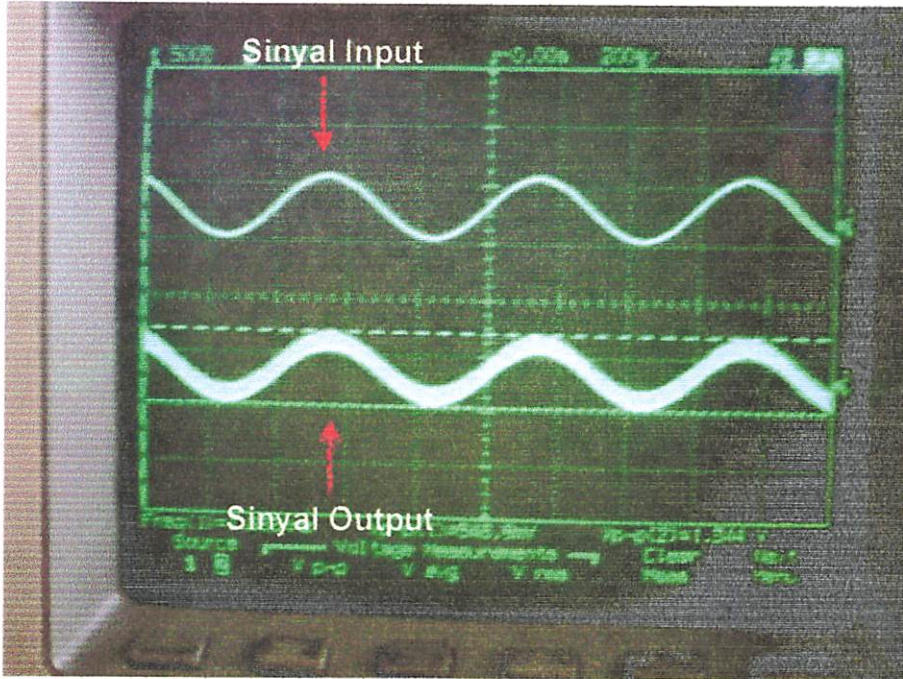


Gambar 4-6 Pengujian Rangkaian *Equalizer*

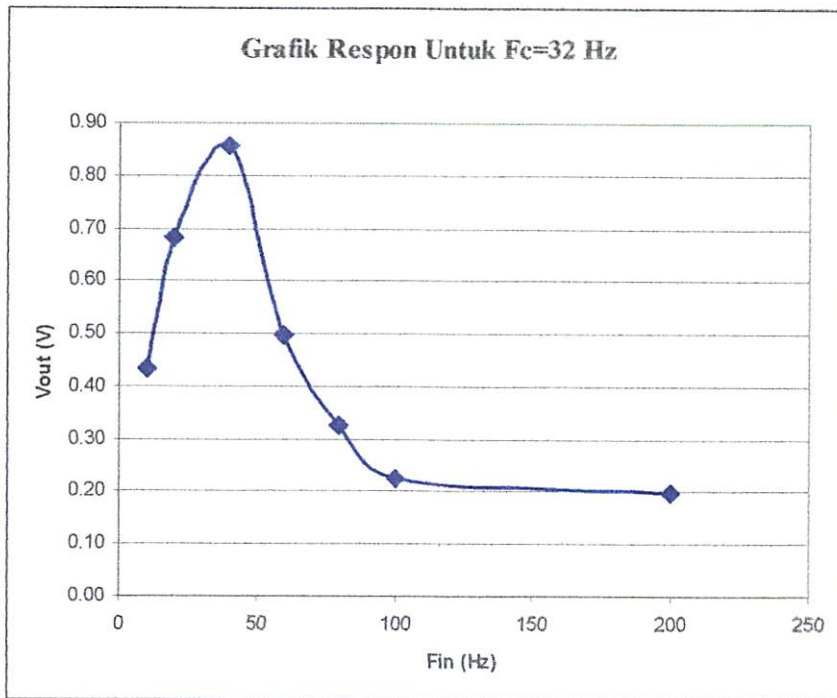
Hasil pengujian dari rangkaian *equalizer* didapatkan data-data seperti terdapat dalam tabel 4-3 berikut:

Tabel 4-3
Hasil Pengujian Rangkaian *Equalizer*

No	Fin (Hz)	Vin (V)	Vout untuk setiap band (V)									
			32 Hz	64 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1K Hz	2K Hz	4K Hz	8K Hz	16K Hz
1	10	1	0.43	0.29	0.15	0.16	0.17	0.10	0.18	0.13	0.14	0.11
2	20	1	0.68	0.42	0.15	0.16	0.17	0.10	0.18	0.13	0.14	0.11
3	40	1	0.86	0.60	0.23	0.16	0.17	0.10	0.18	0.13	0.14	0.11
4	60	1	0.50	0.86	0.35	0.16	0.17	0.10	0.18	0.13	0.14	0.11
5	80	1	0.33	0.60	0.54	0.28	0.17	0.10	0.18	0.13	0.14	0.11
6	100	1	0.23	0.42	0.83	0.43	0.21	0.10	0.18	0.13	0.14	0.11
7	200	1	0.20	0.29	0.48	0.88	0.38	0.17	0.18	0.13	0.14	0.11
8	400	1	0.16	0.21	0.33	0.38	0.70	0.28	0.18	0.13	0.14	0.11
9	600	1	0.16	0.14	0.23	0.26	0.73	0.47	0.26	0.13	0.14	0.11
10	800	1	0.16	0.14	0.16	0.19	0.44	0.79	0.38	0.18	0.14	0.11
11	1000	1	0.16	0.14	0.16	0.13	0.26	0.98	0.68	0.26	0.14	0.11
12	2000	1	0.16	0.14	0.16	0.13	0.16	0.43	0.98	0.37	0.14	0.11
13	3000	1	0.16	0.14	0.16	0.13	0.16	0.30	0.40	0.68	0.20	0.11
14	4000	1	0.16	0.14	0.16	0.13	0.16	0.21	0.28	0.97	0.25	0.11
15	6000	1	0.16	0.14	0.16	0.13	0.16	0.15	0.20	0.44	0.48	0.11
16	8000	1	0.16	0.14	0.16	0.13	0.16	0.15	0.14	0.27	0.95	0.20
17	10000	1	0.16	0.14	0.16	0.13	0.16	0.15	0.14	0.13	0.54	0.39
18	14000	1	0.16	0.14	0.16	0.13	0.16	0.15	0.14	0.13	0.24	0.44
19	16000	1	0.16	0.14	0.16	0.13	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.92
20	20000	1	0.16	0.14	0.16	0.13	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.47



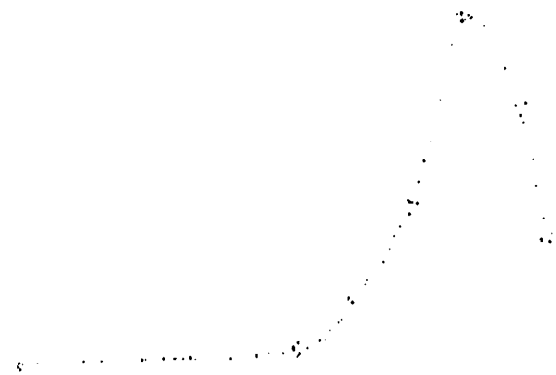
Gambar 4-7 Hasil Pengujian Rangkaian *Equalizer*



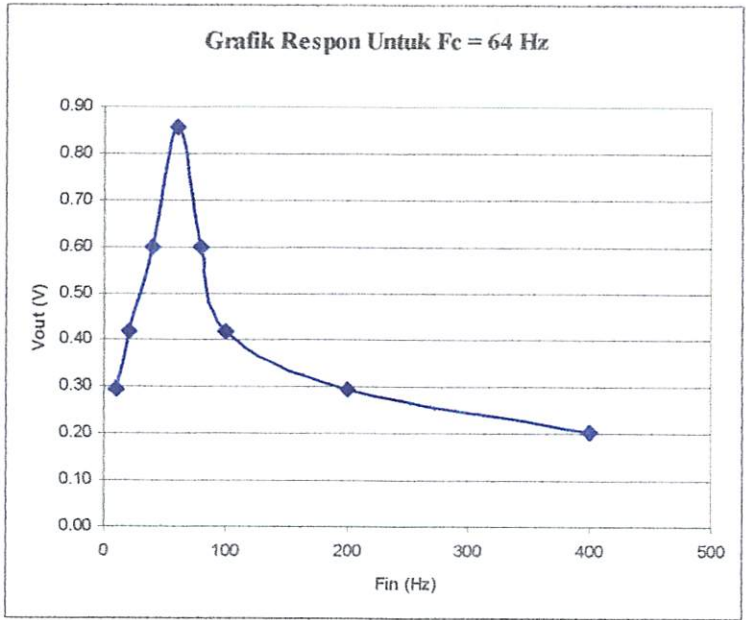
Gambar 4-8 Grafik Respon Rangkaian *Equalizer*
Untuk $F_c = 32 \text{ Hz}$



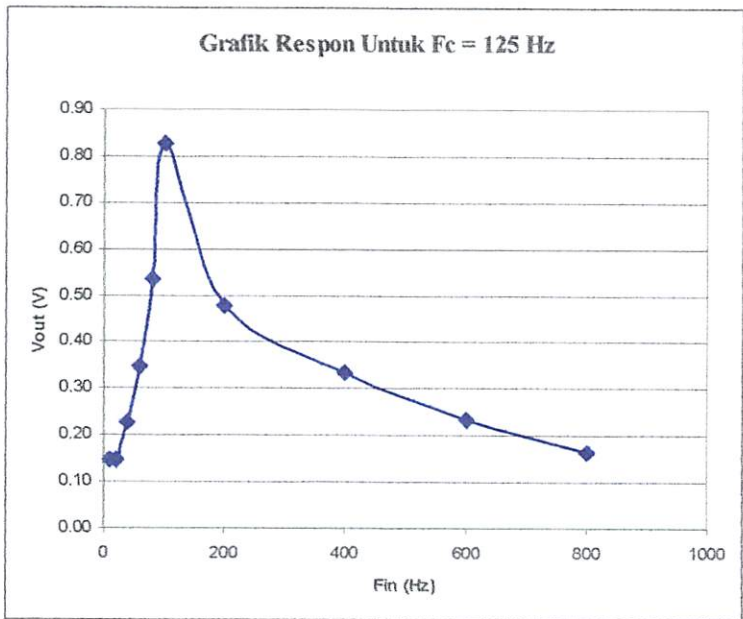
1998



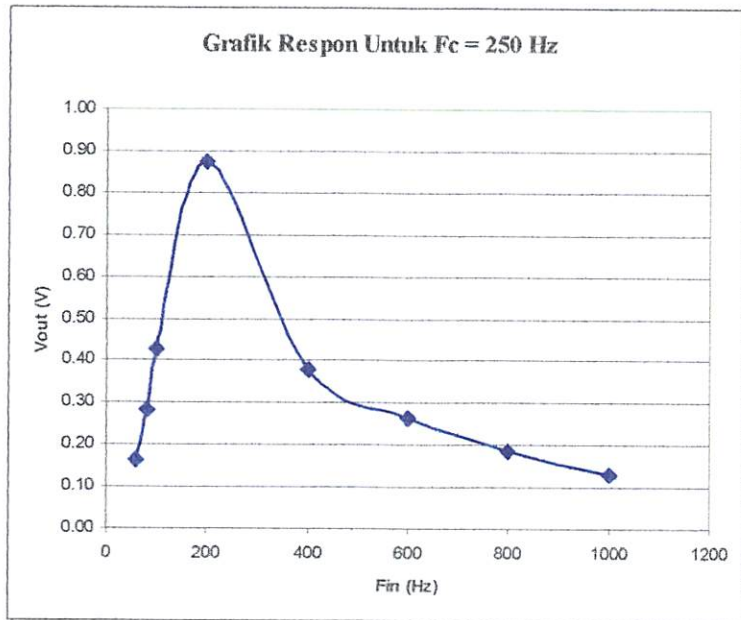
1998



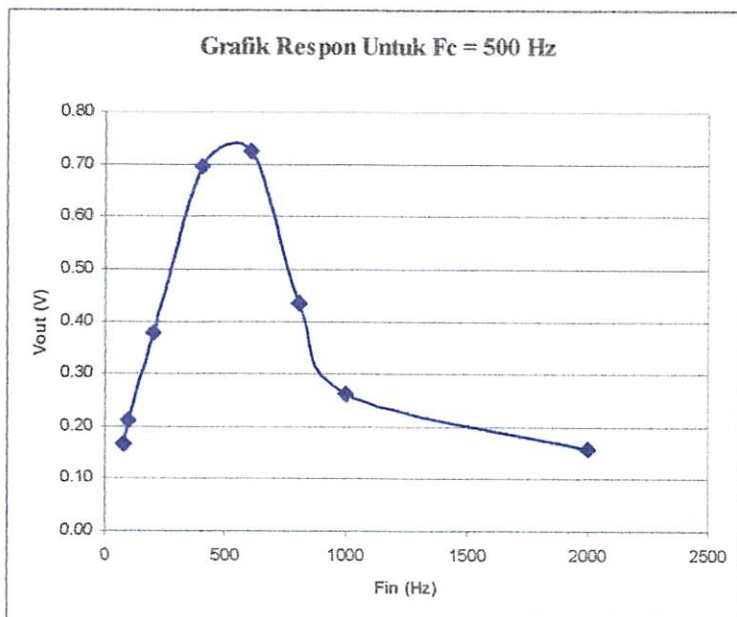
Gambar 4-9 Grafik Respon Rangkaian *Equalizer* Untuk $F_c = 64$ Hz



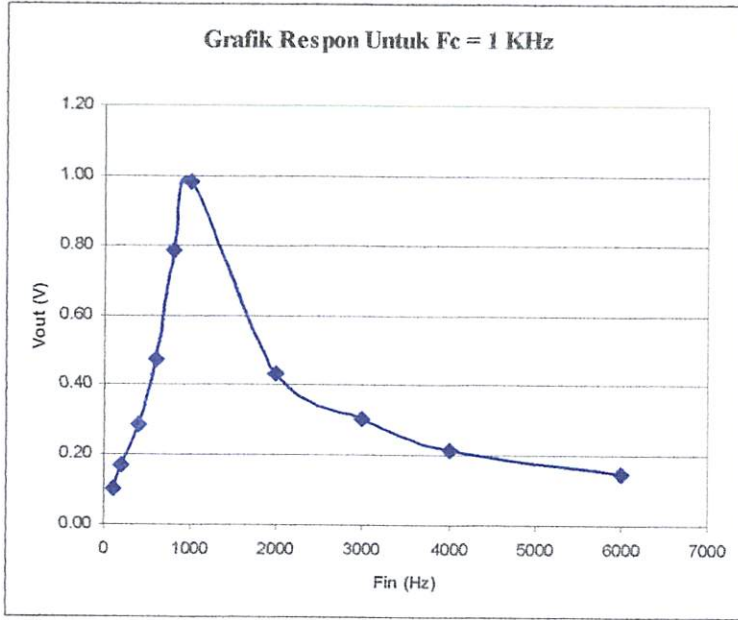
Gambar 4-10 Grafik Respon Rangkaian *Equalizer* Untuk $F_c = 125$ Hz



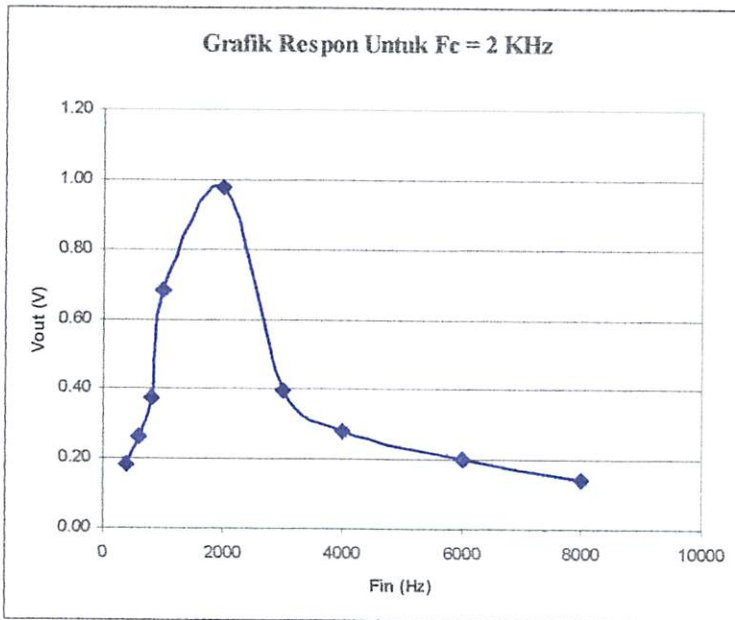
Gambar 4-11 Grafik Respon Rangkaian *Equalizer* Untuk $F_c = 250$ Hz



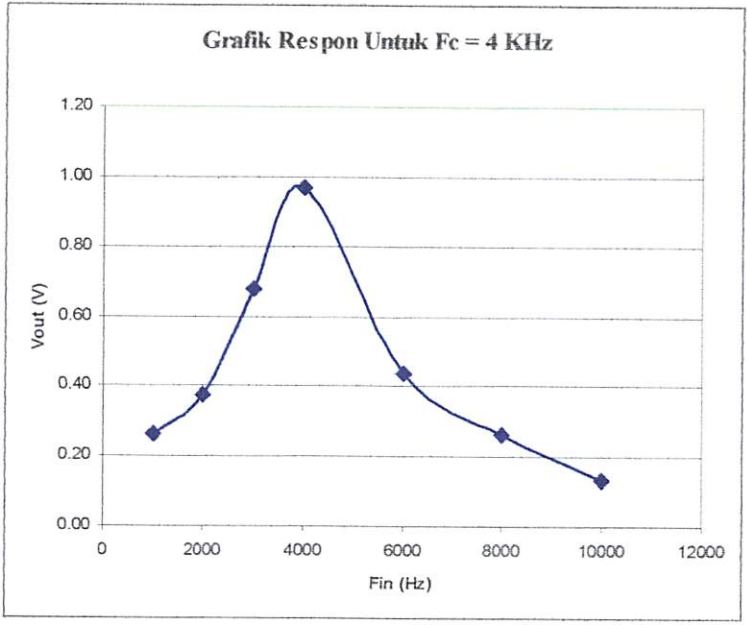
Gambar 4-12 Grafik Respon Rangkaian *Equalizer* Untuk $F_c = 500$ Hz



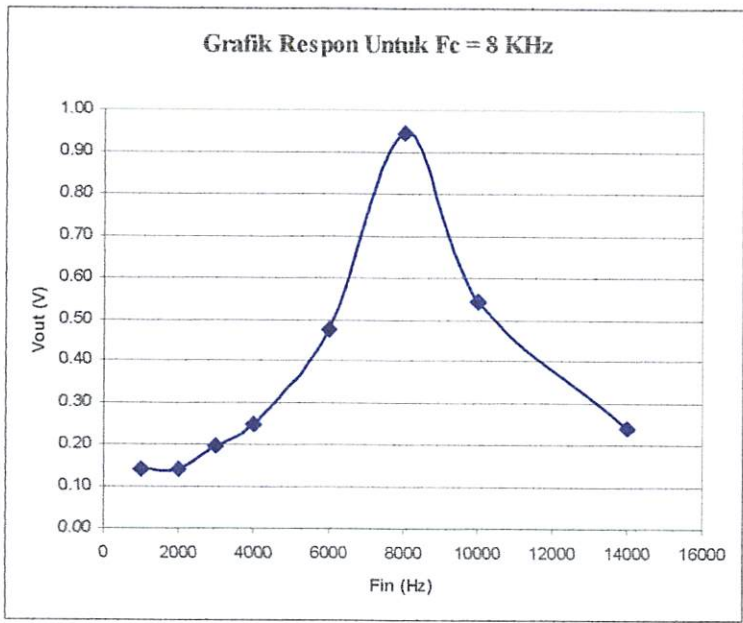
Gambar 4-13 Grafik Respon Rangkaian *Equalizer* Untuk $F_c = 1$ KHz



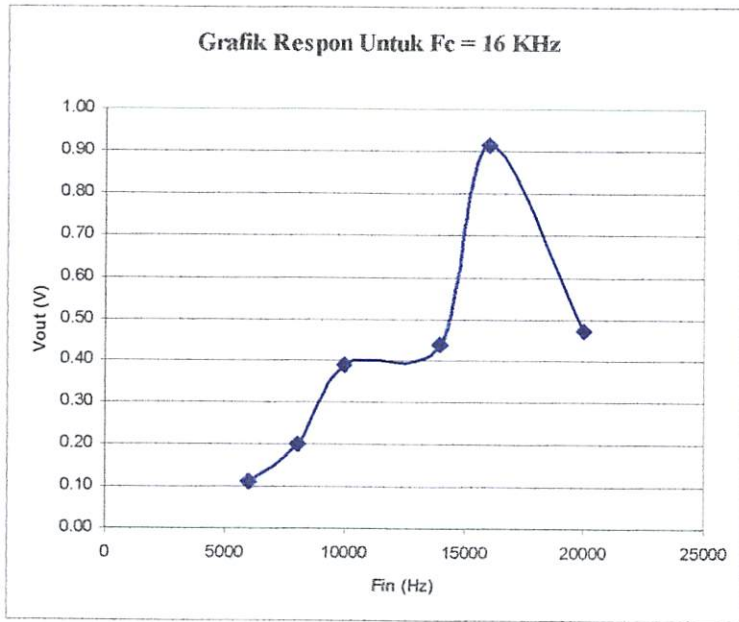
Gambar 4-14 Grafik Respon Rangkaian *Equalizer* Untuk $F_c = 2$ KHz



Gambar 4-15 Grafik Respon Rangkaian *Equalizer* Untuk $F_c = 4$ KHz



Gambar 4-16 Grafik Respon Rangkaian *Equalizer* Untuk $F_c = 8$ KHz



Gambar 4-17 Grafik Respon Rangkaian *Equalizer* Untuk $F_c = 16$ KHz

Dari tabel grafik diatas dapat dianalisa persentase error dari rangkaian *equalizer* untuk setiap bandnya, untuk perhitungan pergeseran nilai puncak setiap band frekuensi :

Untuk $F_c = 32$ Hz

$$F_c^1 = 40 \text{ Hz}$$

$$\Delta F_c = |F_c - F_c^1|$$

$$= |32 - 40|$$

$$= 8 \text{ Hz}$$

$$\% \text{Err} = \frac{\Delta F_c}{F_c} \times 100\%$$

$$= \frac{8}{32} \times 100\%$$

$$= 20\%$$

Untuk $F_c = 64 \text{ Hz}$

$$F_c^1 = 60 \text{ Hz}$$

$$\Delta F_c = |F_c - F_c^1|$$

$$= |60 - 64|$$

$$= 4 \text{ Hz}$$

$$\% \text{Err} = \frac{\Delta F_c}{F_c} \times 100\%$$

$$= \frac{4}{64} \times 100\%$$

$$= 6.66\%$$

Untuk $F_c = 125 \text{ Hz}$

$$F_c^1 = 100 \text{ Hz}$$

$$\Delta F_c = |F_c - F_c^1|$$

$$= |100 - 125|$$

$$= 25 \text{ Hz}$$

$$\% \text{Err} = \frac{\Delta F_c}{F_c} \times 100\%$$

$$= \frac{25}{125} \times 100\%$$

$$= 20\%$$

Untuk $F_c = 250 \text{ Hz}$

$$F_c^1 = 200 \text{ Hz}$$

$$\Delta F_c = |F_c - F_c^1|$$

$$= |200 - 250|$$

$$= 50 \text{ Hz}$$

$$\begin{aligned} \%Err &= \frac{\Delta F_c}{F_c} \times 100\% \\ &= \frac{50}{250} \times 100\% \\ &= 20\% \end{aligned}$$

Untuk $F_c = 500 \text{ Hz}$

$$F_c^1 = 400 \text{ Hz}$$

$$\begin{aligned} \Delta F_c &= |F_c - F_c^1| \\ &= |400 - 500| \\ &= 100 \text{ Hz} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%Err &= \frac{\Delta F_c}{F_c} \times 100\% \\ &= \frac{100}{500} \times 100\% \\ &= 20\% \end{aligned}$$

Untuk $F_c = 1 \text{ KHz}$ sampai 16 KHz tidak terdapat kesalahan atau % Err sebesar 0% sehingga :

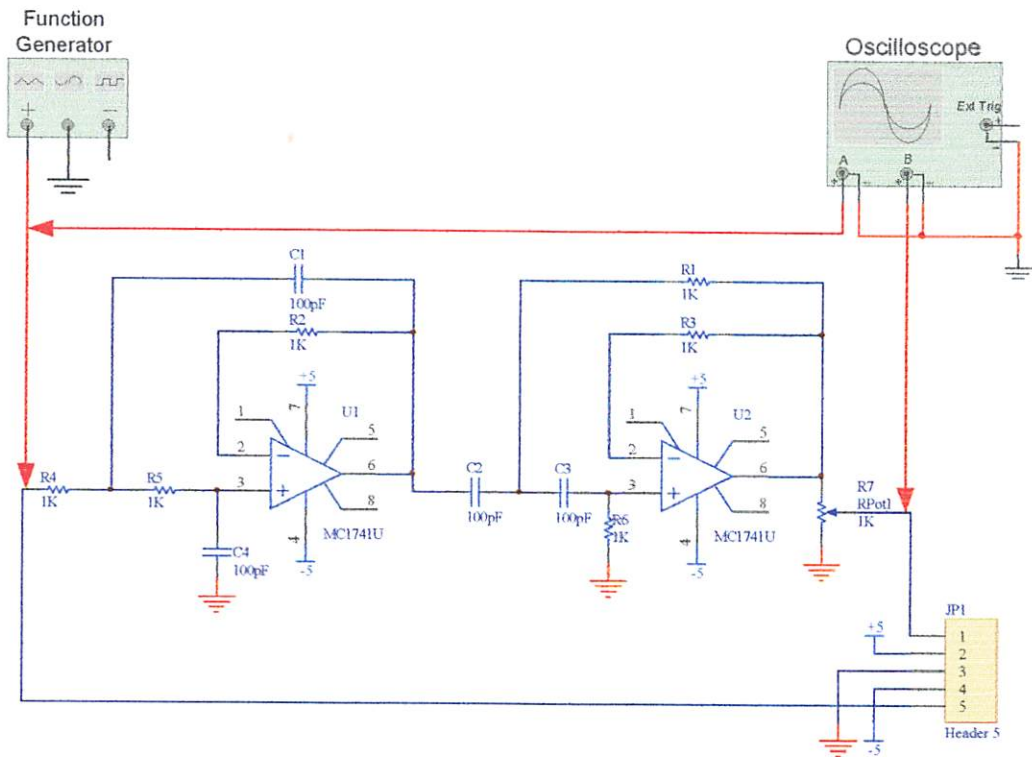
$$\begin{aligned} \overline{\%Err} &= \frac{\sum Err}{N} \\ &= \frac{20 + 6.66 + 20 + 20 + 20 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0}{10} \\ &= 8.66\% \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian rangkaian equalizer terdapat persentase error rata-rata dari rangkaian *equalizer* sebesar 8.66%.

4.5 Pengujian Rangkaian *Tone Control*

Tujuan dari pengujian rangkaian *tone control* adalah untuk mengetahui respon rangkaian terhadap frekuensi inputan apakah sudah sesuai dengan perancangan atau tidak. Langkah-langkah pengujian rangkaian *tone control* adalah sebagai berikut:

- Menghubungkan rangkaian dengan *function generator* dan osiloskop seperti gambar 4-18.
- Mengatur potensiometer untuk setiap *range*.
- Mengamati sinyal outputan pada osiloskop dan mencatat hasil pengamatan.

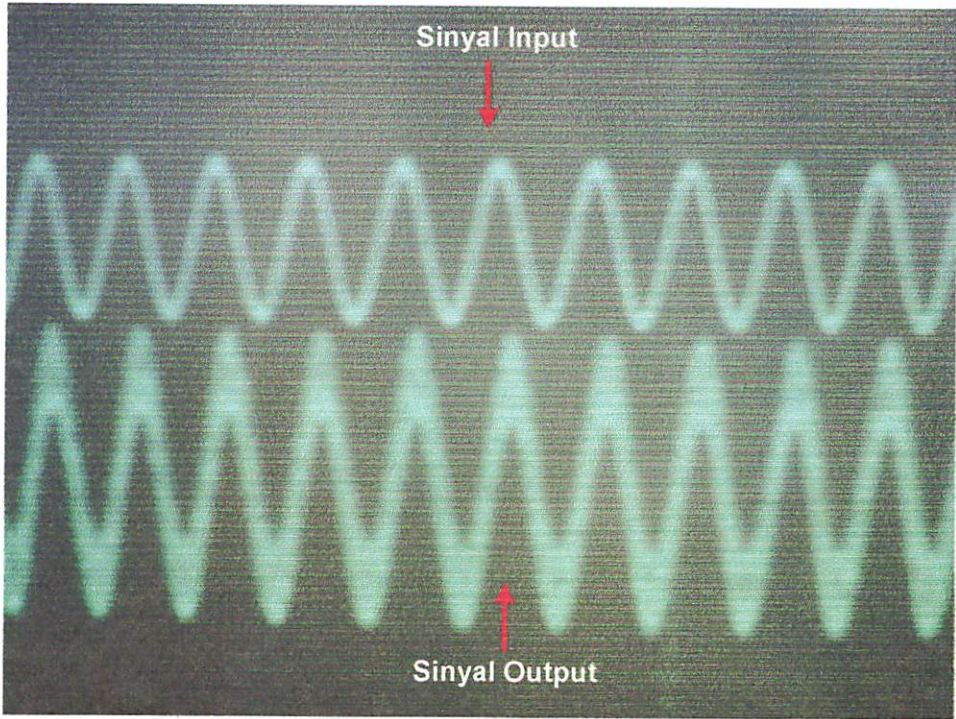


Gambar 4-18 Pengujian rangkaian *tone control*

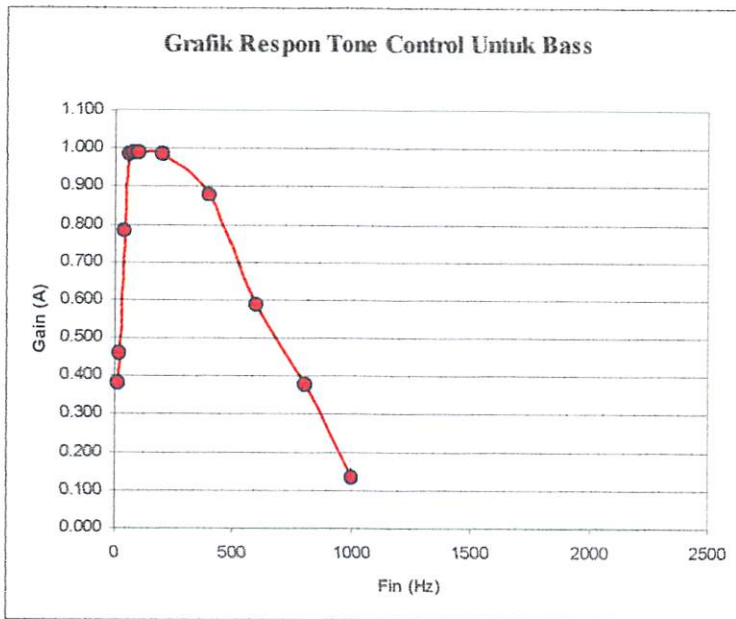
Hasil pengujian dari rangkaian *tone control* didapatkan data-data seperti terdapat dalam tabel 4-4 berikut:

Tabel 4-4
Data Hasil Pengujian Rangkaian *Tone Control*

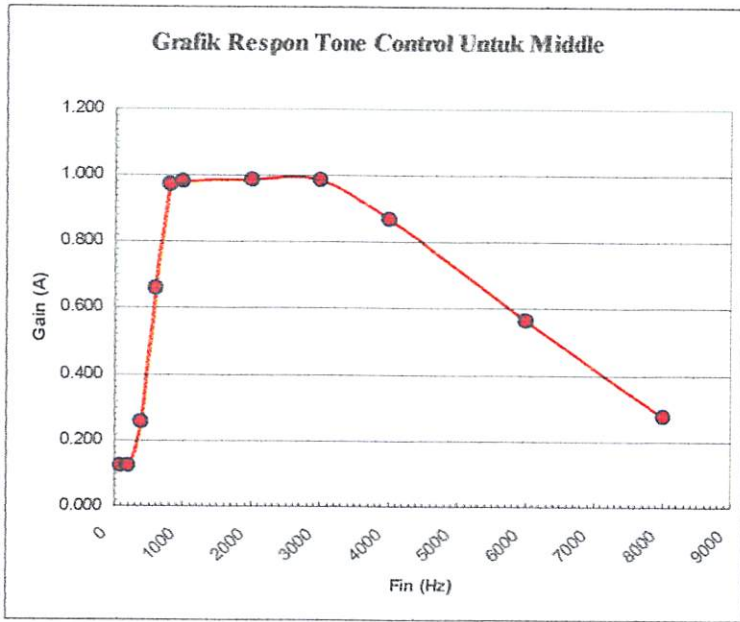
No	Fin (Hz)	Vin (V)	Vout (V)		
			Bass	Middle	Treble
1	10	1	0.382	0.125	0.176
2	20	1	0.457	0.125	0.176
3	40	1	0.783	0.125	0.176
4	60	1	0.983	0.125	0.176
5	80	1	0.987	0.125	0.176
6	100	1	0.987	0.125	0.176
7	200	1	0.986	0.125	0.176
8	400	1	0.875	0.255	0.176
9	600	1	0.589	0.658	0.176
10	800	1	0.375	0.974	0.176
11	1000	1	0.132	0.981	0.176
12	2000	1	0.132	0.985	0.176
13	3000	1	0.132	0.985	0.225
14	4000	1	0.132	0.869	0.645
15	6000	1	0.132	0.563	0.976
16	8000	1	0.132	0.275	0.984
17	10000	1	0.132	0.178	0.992
18	14000	1	0.132	0.178	0.986
19	16000	1	0.132	0.178	0.984
20	20000	1	0.132	0.178	0.768



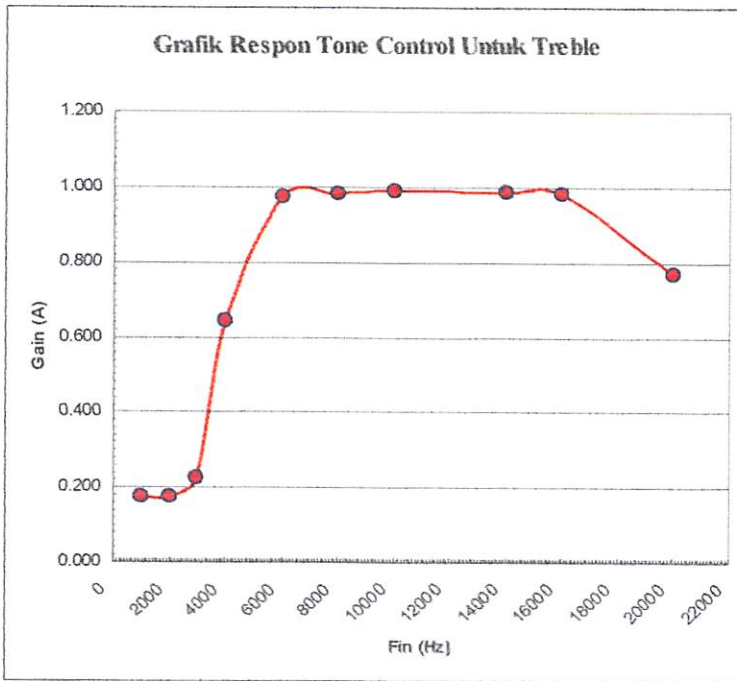
Gambar 4-19 Hasil Pengujian Rangkaian *Tone Control*



Gambar 4-20 Grafik Respon Rangkaian *Tone Control* Untuk *Bass*



Gambar 4-21 Grafik Respon Rangkaian *Tone Control* Untuk *Middle*



Gambar 4-22 Grafik Respon Rangkaian *Tone Control* Untuk *Treble*

Dari gambar 4-20 dapat dilihat bahwa pada rangkaian *bandpass filter* terjadi penyimpangan *bandwidth*, pada perancangan rangkaian *bandpass* untuk *bass* dirancang frekuensi respon rangkaian 60 – 500 Hz atau *bandwidth* rangkaian sebesar 440 Hz, pada pengukuran respon frekuensi rangkaian berada pada frekuensi 60 Hz sampai dengan 400 Hz atau *bandwidth* respon sebesar 340 Hz. Pada rangkaian *tone control* untuk *bass* terjadi penggeseran *bandwidth* sebesar 100 Hz atau terjadi error sebesar 22,72%.

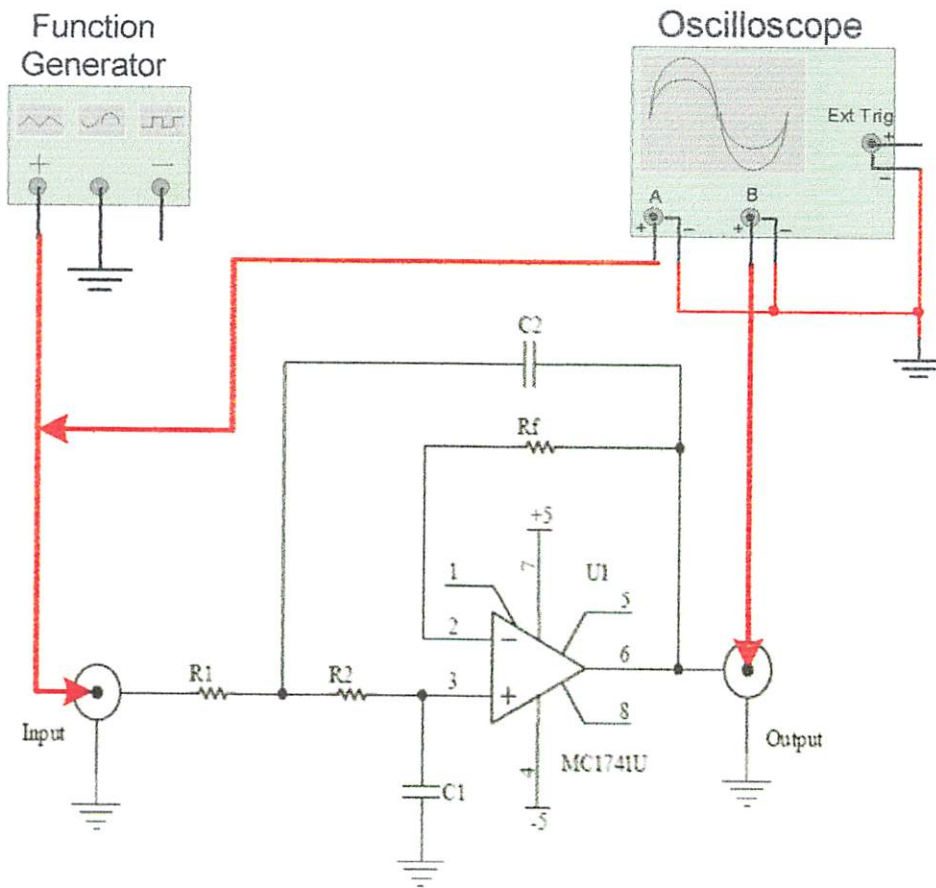
Pada gambar 4-21 dapat dilihat bahwa *bandwidth* rangkaian *bandpass* untuk *middle* sebesar 3200 Hz (800 – 4000 Hz), ini terjadi pergeseran *bandwidth* yang pada perancangan dirancang *bandwidth* sebesar 3250 Hz (750–4000 Hz), maka pada rangkaian *bandpass* untuk *middle* terdapat kesalahan sebesar 50 Hz atau error sebesar 1.53 %.

Pada gambar 4-22 didapat *bandwidth* respon rangkaian *bandpass* untuk *treble* sebesar 14 KHz (6 KHz – 20 KHz), ini berbeda dari perancangan yaitu sebesar 13 KHz (5 KHz – 18 KHz) atau terdapat perbedaan *bandwidth* sebesar 1 KHz atau error sebesar 7.69 %. Dari persentase error setiap *band* frekuensi maka didapat error rata-rata untuk rangkaian *tone control* sebesar 10.64 % , hal ini dikarenakan oleh nilai toleransi dari komponen kapasitor dan resistor yang digunakan pada rangkaian *tone control*.

4.6 Pengujian Rangkaian *Subwoofer Controller*

Tujuan dilakukan pengujian rangkaian *subwoofer controller* adalah untuk mengetahui respon frekuensi output dari rangkaian apakah telah sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Langkah-langkah pengujian rangkaian *subwoofer controller* adalah sebagai berikut:

- Merangkai rangkaian seperti gambar 4-23.
- Mengatur frekuensi masukan pada *function generator*.
- Mengamati sinyal keluaran pada osiloskop dan mencatat hasil pengukuran.

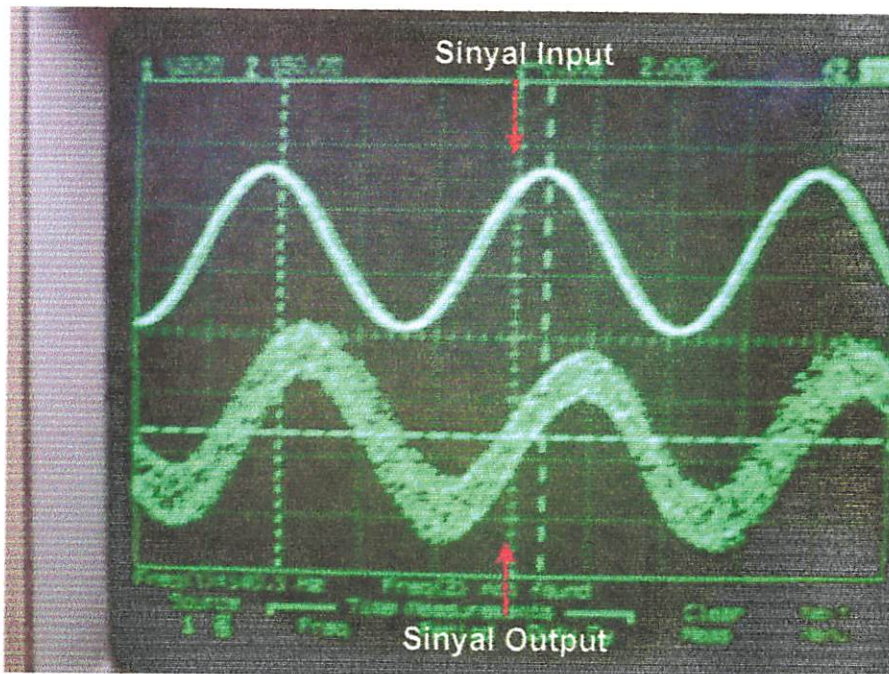


Gambar 4-23 Pengujian Rangkaian *Subwoofer Controller*

Hasil pengujian dari rangkaian *subwoofer controller* didapatkan data-data seperti terdapat dalam tabel 4-5 berikut:

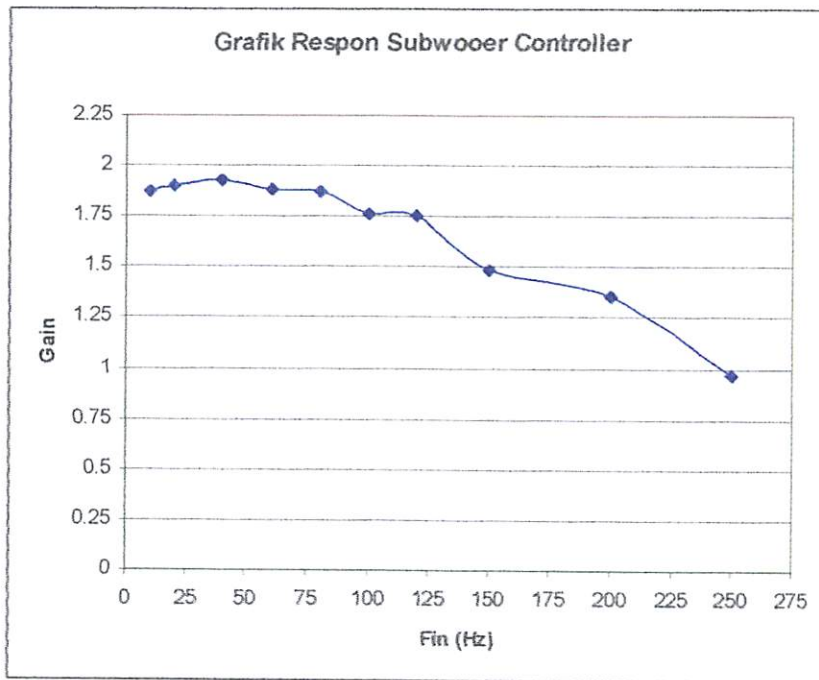
Tabel 4-5
 Hasil Pengujian Rangkaian *Subwoofer Controller*

No	Fin (Hz)	Vin (V)	Vout (V)	Gain
1	10	1	1.875	1.875
2	20	1	1.901	1.901
3	40	1	1.925	1.925
4	60	1	1.885	1.885
5	80	1	1.874	1.874
6	100	1	1.763	1.763
7	120	1	1.750	1.750
8	150	1	1.486	1.486
9	200	1	1.358	1.358
10	250	1	0.964	0.964



Gambar 4-24 Hasil Pengujian Rangkaian *Subwoofer Controller*





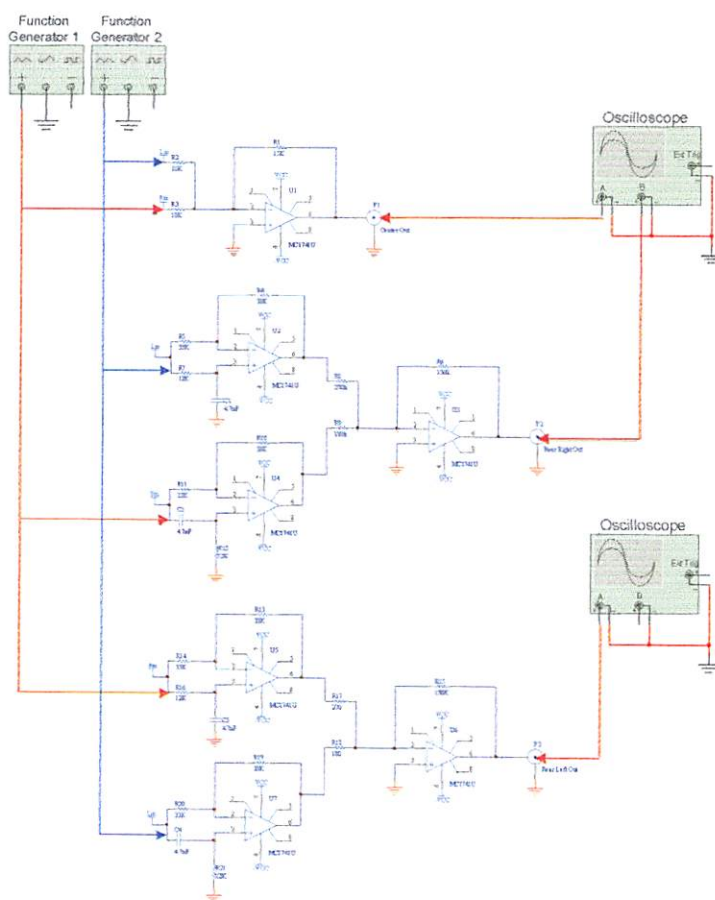
Gambar 4-25 Grafik Respon Rangkaian *Subwoofer Controller*

Dari tabel diatas didapat data $F_c = 140$ Hz, terjadi pergeseran frekuensi *cutoff* sebesar 20 Hz dari perancangan yaitu 120 Hz atau terjadi error sebesar 16.66 % , hal ini terjadi karena adanya nilai toleransi dari resistor dan kapasitor yang digunakan.

4.7 Pengujian Rangkaian *Matrix Decoder*

Tujuan dari pengujian dari rangkaian *matrix decoder* adalah untuk mengetahui respon frekuensi dari rangkaian serta penguatan dari rangkaian *matrix decoder*. Langkah-langkah pengujian rangkaian *matrix decoder* adalah sebagai berikut.

- Merangkai rangkaian seperti pada gambar 4-26
- Mengatur frekuensi inputan dari *function generator*
- Mengamati sinyal keluaran pada osiloskop dan mencatat hasilnya.

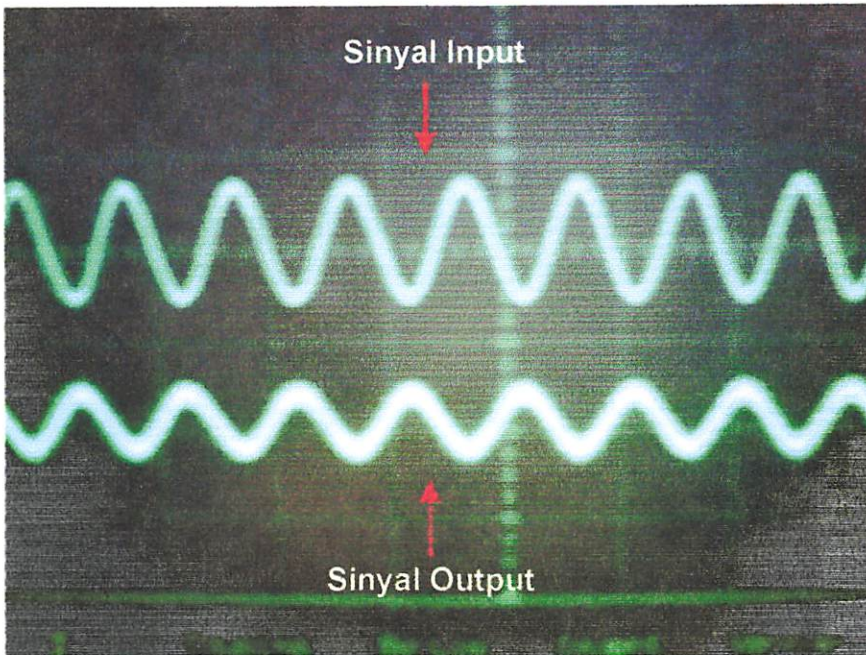


Gambar 4-26 Pengujian Rangkaian *Matrix Decoder*

Hasil pengujian dari rangkaian matrix decoder didapatkan data-data seperti terdapat dalam tabel 4-6 berikut:

Tabel 4-6
Hasil Pengujian Rangkaian *Matrix Decoder*

No	Right Input		Left Input		Output				
	Fin (Hz)	Vin (V)	Fin (Hz)	Vin (V)	FR (V)	FL (V)	RR (V)	RL (V)	C (V)
1	60	1	60	1	0.9870	0.945	0.658	0.789	0.583
2	100	1	100	1	0.9020	0.976	0.701	0.724	0.633
3	250	1	250	1	0.9510	0.948	0.725	0.675	0.652
4	500	1	500	1	0.9530	1.025	0.634	0.687	0.674
5	1000	1	1000	1	0.9680	1.000	0.625	0.696	0.674
6	4000	1	4000	1	1.0000	1.125	0.712	0.7	0.775
7	8000	1	8000	1	1.0150	0.958	0.709	0.672	0.748
8	10000	1	10000	1	0.9850	0.974	0.678	0.681	0.697
9	16000	1	16000	1	0.8990	0.854	0.654	0.645	0.635
10	20000	1	20000	1	0.8250	0.801	0.598	0.625	0.601

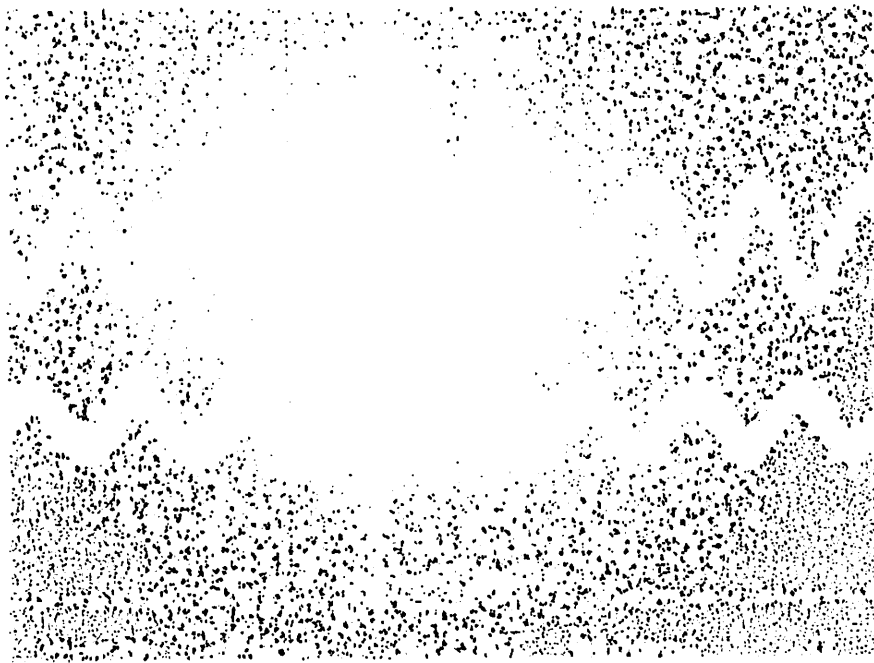


Gambar 4-27 Hasil Pengujian Rangkaian *Matrix Decoder*

Dari tabel 4-6 dapat dianalisa nilai persentase error dari rangkaian, untuk kanal FR terdapat nilai penguatan rata-rata sebesar 0.948 atau terdapat persentase error sebesar 2.6%. untuk kanal FL terdapat nilai penguatan rata-rata sebesar 0.96 kali atau terdapat kesalahan sebesar 1.97%, sedangkan pada kanal center terdapat nilai penguatan rata-rata sebesar 0.667 atau error sebesar 5.65 %. Hal ini terjadi dikarenakan adanya nilai toleransi pada komponen kapasitor dan resistor yang digunakan.

4.8 Pengujian respon alat terhadap noise

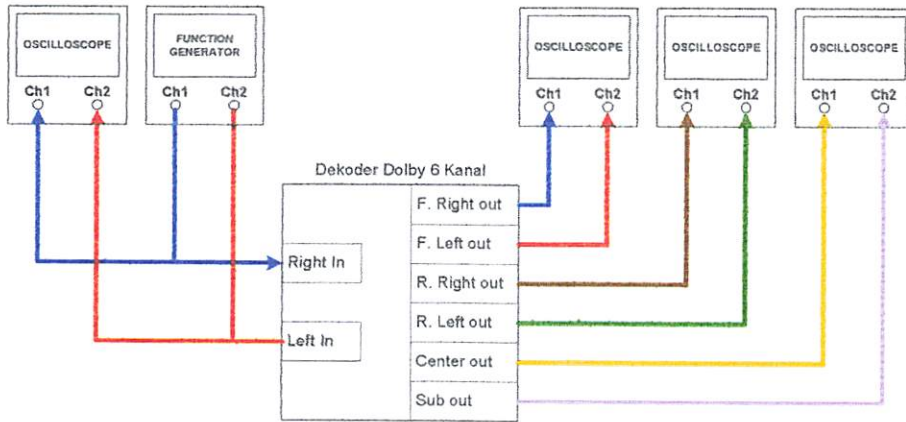
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besar noise yang dihasilkan oleh alat terhadap sinyal inputan (*SNR – Signal to Noise Ratio*).



The image displays a complex, granular texture, likely representing a microscopic view of a material or a highly magnified biological structure. The pattern is dense and irregular, with numerous small, dark, irregular shapes scattered across the field of view. The overall appearance is that of a highly textured surface, possibly a composite material or a biological tissue. The contrast is high, with the dark shapes standing out sharply against the lighter background.

The texture is composed of many small, interconnected particles or fibers, creating a porous and irregular structure. The distribution of these particles is non-uniform, with some areas appearing more densely packed than others. The overall effect is one of a highly detailed and complex surface morphology.

This type of image is commonly used in materials science and biology to study the microstructure of a material or the morphology of a biological tissue. The granular nature of the texture suggests a porous or fibrous structure, which could have significant implications for its mechanical, electrical, or biological properties.

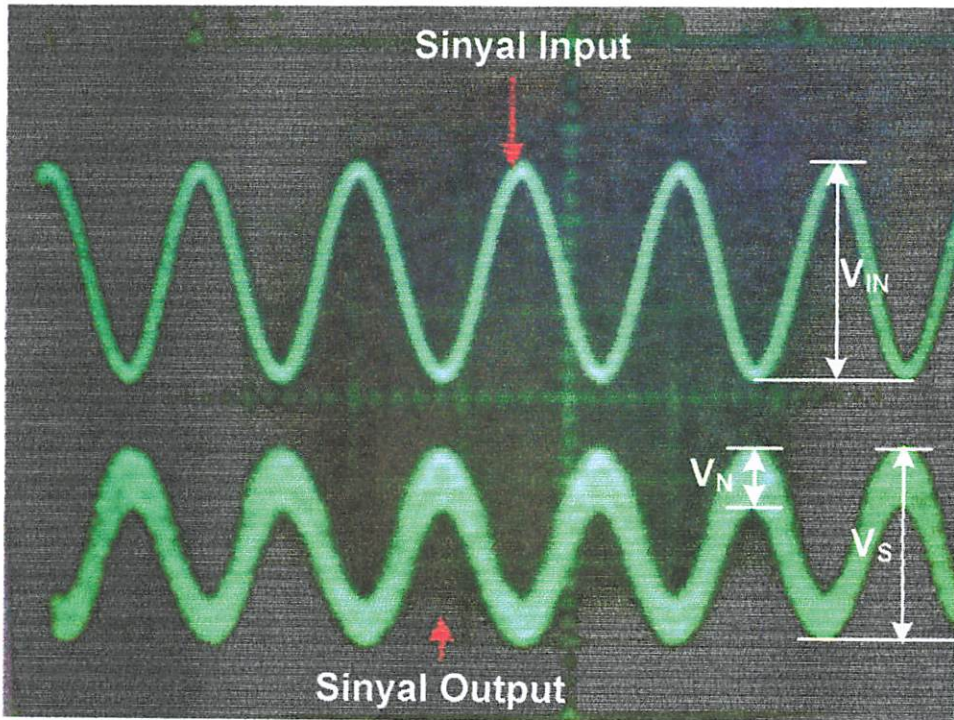


Gambar 4-28 Pengujian SNR Rangkaian Dekoder *Dolby* Analog 6 Kanal

Hasil pengujian SNR dari blok pengujian diatas dapat dilihat dalam tabel 4-7 sebagai berikut

Tabel 4-7
Hasil percobaan SNR Rangkaian analog Dekoder *Dolby* Analog 6 kanal

No	Input		Vout (Volt)											
	Vin (Volt)	Fin (Hz)	Front Right		Front Left		Rear Right		Rear Left		Center		Subwoofer	
			V _{sgn}	V _N	V _{sgn}	V _N	V _{sgn}	V _N	V _{sgn}	V _N	V _{sgn}	V _N	V _{sgn}	V _N
1	1	100	2,40	0,18	2,37	0,15	2,05	0,10	1,98	0,15	2,00	0,50	2,50	0,35
2	1	200	2,48	0,40	2,55	0,34	1,98	0,15	1,95	0,18	2,00	0,24	2,50	0,35
3	1	400	2,96	0,40	3,00	0,50	2,20	0,15	2,13	0,20	2,10	0,20	1,90	0,16
4	1	600	2,93	0,53	3,00	0,43	1,90	0,23	2,00	0,35	2,45	0,20	1,30	0,10
5	1	1K	3,00	0,50	3,10	0,40	2,15	0,20	2,20	0,21	1,98	0,17	0,93	0,10
6	1	3K	3,00	0,40	2,93	0,50	2,00	0,26	1,90	0,21	2,10	0,50	0,50	0,15
7	1	6K	2,95	0,50	3,00	0,50	1,97	0,35	1,96	0,35	1,95	0,15	0,50	0,10
8	1	12K	2,95	0,47	2,74	0,50	1,95	0,29	2,10	0,19	1,95	0,23	0,23	0,08
9	1	14K	2,90	0,49	2,50	0,39	2,00	0,12	2,15	0,29	2,00	0,23	0,23	0,08
10	1	16K	2,86	0,30	2,20	0,50	1,93	0,20	1,86	0,30	2,00	0,56	0,20	0,08
11	1	20K	2,37	0,30	2,20	0,70	1,95	0,40	1,75	0,30	2,40	0,50	0,20	0,08
12	1	22K	1,84	0,96	1,70	0,70	1,87	0,56	1,98	0,30	2,49	0,50	0,20	0,08



Gambar 4-29 Bentuk Sinyal Hasil Pengujian SNR

Dari tabel hasil pengukuran 4-7 diatas maka dapat dihitung nilai *SNR* (*Sinal to Noise Ratio*) dari pengujian alat:

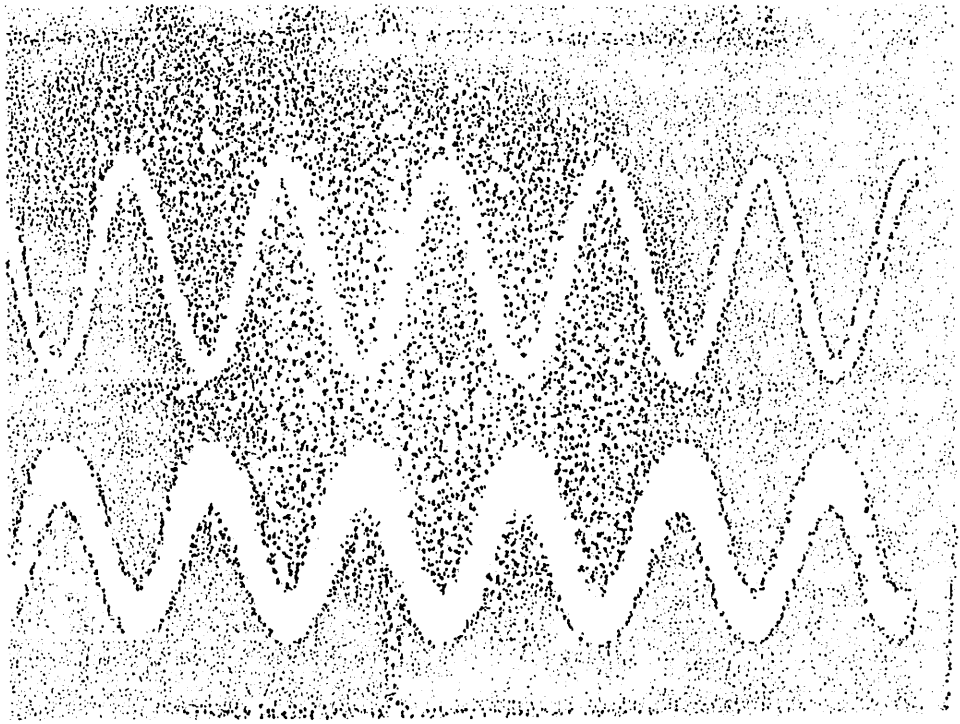
$$A \text{ (gain)} = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$A_{\text{sinyal}} = \frac{V_S}{V_{IN}}$$

$$A_{\text{noise}} = \frac{V_N}{V_{IN}}$$

$$\text{SNR} = 20 \text{ Log} \left(\frac{A_{\text{noise}}}{A_{\text{signal}}} \right)$$

$$\% \text{SNR} = \left(\frac{A_{\text{noise}}}{A_{\text{signal}}} \right) \times 100\%$$



Maka untuk pengujian dari tabel diatas:

1. Untuk output kanal *Front Right* didapat nilai gain (A) rata-rata

untuk $A_{\text{signal}} = 2.72$, dan untuk $A_{\text{noise}} = 0.45$, sehingga :

$$\begin{aligned}\text{SNR} &= 20 \text{ Log} \left(\frac{A_{\text{noise}}}{A_{\text{signal}}} \right) \\ &= 20 \text{ Log} \left(\frac{0.45}{2.72} \right) \\ &= -15.58 \text{ db}\end{aligned}$$

atau:

$$\begin{aligned}\% \text{SNR} &= \frac{A_{\text{noise}}}{A_{\text{signal}}} \times 100\% \\ &= \frac{0.45}{2.72} \times 100\% \\ &= 16.64 \%\end{aligned}$$

2. Untuk output kanal *Front Left* didapat nilai gain (A) rata-rata untuk

$A_{\text{signal}} = 2.61$, dan untuk $A_{\text{noise}} = 0.47$, sehingga :

$$\begin{aligned}\text{SNR} &= 20 \text{ Log} \left(\frac{A_{\text{noise}}}{A_{\text{signal}}} \right) \\ &= 20 \text{ Log} \left(\frac{0.47}{2.61} \right) \\ &= -14.93 \text{ db}\end{aligned}$$

atau:

$$\% \text{SNR} = \frac{A_{\text{noise}}}{A_{\text{signal}}} \times 100\%$$

$$= \frac{0.47}{2.61} \times 100\%$$

$$= 17.93 \%$$

3. Untuk output kanal *Rear Right* didapat nilai gain (A) rata-rata untuk $A_{\text{sinyal}} = 2$, dan untuk $A_{\text{noise}} = 0.25$, sehingga :

$$\text{SNR} = 20 \text{ Log} \left(\frac{A_{\text{noise}}}{A_{\text{signal}}} \right)$$

$$= 20 \text{ Log} \left(\frac{0.25}{2.00} \right)$$

$$= -18 \text{ db}$$

atau:

$$\% \text{SNR} = \frac{A_{\text{noise}}}{A_{\text{signal}}} \times 100\%$$

$$= \frac{0.25}{2.00} \times 100\%$$

$$= 12.6 \%$$

4. Untuk output kanal *Rear Left* didapat nilai gain (A) rata-rata untuk $A_{\text{sinyal}} = 2$, dan untuk $A_{\text{noise}} = 0.25$, sehingga :

$$\text{SNR} = 20 \text{ Log} \left(\frac{A_{\text{noise}}}{A_{\text{signal}}} \right)$$

$$= 20 \text{ Log} \left(\frac{0.25}{2.00} \right)$$

$$= -18 \text{ db}$$

atau:

$$\begin{aligned}
 \%SNR &= \frac{A_{noise}}{A_{signal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0.25}{2.00} \times 100\% \\
 &= 12.6 \%
 \end{aligned}$$

5. Untuk output kanal *Center* didapat nilai gain (A) rata-rata untuk $A_{sinyal} = 2.12$, dan untuk $A_{noise} = 0.33$, sehingga :

$$\begin{aligned}
 SNR &= 20 \text{ Log} \left(\frac{A_{noise}}{A_{signal}} \right) \\
 &= 20 \text{ Log} \left(\frac{0.33}{2.12} \right) \\
 &= -16.11 \text{ db}
 \end{aligned}$$

atau:

$$\begin{aligned}
 \%SNR &= \frac{A_{noise}}{A_{signal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0.33}{2.12} \times 100\% \\
 &= 15.66 \%
 \end{aligned}$$

6. Untuk output kanal *Subwoofer* didapat nilai gain (A) rata-rata untuk $A_{sinyal} = 0.93$, dan untuk $A_{noise} = 0.14$, sehingga :

$$\begin{aligned}
 SNR &= 20 \text{ Log} \left(\frac{A_{noise}}{A_{signal}} \right) \\
 &= 20 \text{ Log} \left(\frac{0.14}{0.93} \right) \\
 &= -16.3 \text{ db}
 \end{aligned}$$

atau:

$$\begin{aligned}\%SNR &= \frac{A_{noise}}{A_{signal}} \times 100\% \\ &= \frac{0.14}{0.93} \times 100\% \\ &= 15.31 \%\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapat nilai rata-rata untuk pengujian *SNR* sebesar (-16.48) db atau dengan persentase *SNR* sebesar 15.1%, dari hasil pengujian terdapat persentase *noise* yang cukup besar hal ini terjadi dikarenakan tidak mengeluarkan tegangan dc murni sehingga terjadi *noise* yang cukup besar pada rangkaian serta pengaruh sinyal-sinyal elektromagnetik lainnya yang ada disekitar alat sewaktu dilakukan pengujian alat.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan proses perancangan dan pembuatan serta pengujian alat maka dapat diambil kesimpulan :

1. Dari hasil pengujian rangkaian *mixer* didapat nilai persentase eror rata-rata sebesar 4.25% yang berarti bahwa rangkaian ini dapat bekerja dengan baik walaupun masih terdapat eror yang kecil.
2. Untuk rangkaian *pre amplifier* terdapat persentase error sebesar 5.6% ini berarti bahwa rangkaian dapat bekerja dengan baik.
3. Untuk rangkaian *equalizer* terdapat persentase error sebesar 8.66%, hal ini terjadi karena adanya selisih nilai besaran pada komponen yang digunakan dengan perancangan karena terbatasnya nilai besaran yang tersedia di pasaran.
4. Pada rangkaian *tone control* terdapat persentase eror sebesar 10.46%, walaupun terdapat persentase eror sebesar 10.46% rangkaian tone control masih dapat bekerja dengan baik.
5. pada rangkaian *subwoofer controller* terdapat persentase eror sebesar 16.66%, hal ini dikarenakan perbedaan nilai komponen yang digunakan dengan perancangan yang dikarenakan terbatasnya nilai yang ada di pasaran.
6. untuk rangkaian *matrix decoder* terdapat persentase error sebesar 5.65%.

7. Persentase eror dari keseluruhan rangkaian adalah sebesar 7.61%, ini berarti bahwa secara keseluruhan rangkaian ini dapat bekerja dengan baik dan memiliki persentase eror yang cukup kecil.
8. Pada pengujian dengan menggunakan speaker, rangkaian matrix decoder ini hanya bekerja jika diberikan input stereo dan tidak bekerja pada input mono.
9. Dari pengujian keseluruhan alat terhadap noise yang dihasilkan terdapat nilai SNR (*Signal to Noise Ratio*) rata-rata sebesar -16.48 db atau 15.1%, yang dimana noise ini cukup besar untuk sebuah sistem *audio home theatre*. Noise yang cukup besar ini berasal dari catu daya yang tidak mengeluarkan daya dc murni dan akibat dari gangguan interferensi dengan signal-signal lain yang ada disekitar alat sewaktu dilakukan pengujian.

5.2 Saran

1. Untuk menghindari noise yang berlebihan dapat digunakan catu daya dengan sistem *switching*.
2. Untuk pengembangan lebih lanjut rangkaian ini dapat dilengkapi dengan *sound compressor* dan *hall generator*.
3. Untuk mendapatkan hasil yang terbaik, sebaiknya digunakan *audio player* yang dapat memberikan inputan dengan format *matrix stereo*
4. Agar mendapatkan hasil reproduksi suara yang baik dapat menggunakan penguat suara dengan tipe *SQ (Sound Quality Speaker)* dan *Hi-Fi power amplifier*

DAFTAR PUSTAKA

- Chiarella Anthony, " Home Theater Handbook ", Polk Audio, London, 2004.
- Malvino , " Prinsip Dasar Elektronika ", Salemba Teknika, Jakarta, 2003.
- --, " Audio Handbook " , Nueva Electronica , Bologna , 2002.
- --, " 5.1 Channel Production Guidelines " , Dolby Laboratories Inc. , San Francisco, 2005.
- --, "Dolby Surround Pro Logic II Decoder Principles of Operation " , Dolby Laboratories Inc. , San Francisco, 2005.
- Coughlin Robert F , " Penguat Operasional Dan Rangkaian Terpadu Linear " , Erlangga , Jakarta , 1992
- www.dolby.com
- www.wikipedia.org
- www.avguide.com
- www.electronics-lab.com
- www.diy-electronics.com
- www.educyclopedia.co.uk
- www.sound.westhost.com/dolby/prologic.htm
- www.electronics-project-design.com

LAMPIRAN



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Raya Karanglo KM 2
MALANG

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Agung Dwi Purwanto
NIM : 04.12.247
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Judul Skripsi : Rancang Bangun Dekoder Dolby Surround
Analog 6 Kanal Untuk Sistem Home Theater
Tanggal Pengajuan Skripsi : 27 Juni 2008
Selesai Penulisan Skripsi : 05 Februari 2009
Pembimbing I : Ir. Sidik Noertjahjono, MT
Pembimbing II : I Komang Somawirata, ST, MT
Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 85 (Delapan Puluh Lima)

Malang, Maret 2009

Disetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT
NIP. 1028700163

I Komang Somawirata, ST, MT
NIP. 1030100361

Mengetahui,
Ketua Jurusan T. Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. 1039500274



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Agung Dwi Purwanto
NIM : 04.12.247
Masa Bimbingan : 27 Juni 2008 s/d 27 Desember 2008
Judul Skripsi : Rancang Bangun Dekoder Dolby Surround Analog 6 Kanal
Untuk Sistem Home Theater

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	04/08/2008	Bab III : - Rangkaian equalizer	
2	07/10/2008	Bab IV : - Langkah-langkah pengukuran	
3	02/12/2008	Bab IV : - Gambar rangkaian pengukuran - Tabel hasil pengukuran	
4	05/01/2009	Bab IV : - Pengukuran SNR & noise - Gambar osiloskop hasil pengukuran	
5	09/01/2009	Bab IV : - %Err pengukuran SNR - Kesimpulan pengukuran SNR	:
6	03/02/2009	- Acc Bab V, IV, III - Acc makalah seminar hasil	
7	04/02/2009	- Acc Bab II	
8	05/02/2009	- Acc Bab I	

Malang, 05 Februari 2009
Dosen Pembimbing I

Ir. Sidik Noertjahjono, MT
NIP. 1028700163



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Raya Karanglo KM 2
MALANG

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Agung Dwi Purwanto
NIM : 04.12.247
Masa Bimbingan : 27 Juni 2008 s/d 27 Desember 2008
Judul Skripsi : Rancang Bangun Dekoder Dolby Surround Analog 6 Kanal
Untuk Sistem Home Theater

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	01/07/2008	Bab III : Rangkaian gyrator	
2	28/07/2008	Bab III : Rangkaian Matrix Decoder	
3	25/08/2008	Bab IV : Gambar Hasil Pengukuran	
4	29/12/2009	Bab IV : Rumus perhitungan SNR	
5	02/02/2009	Acc makalah seminar hasil	
6	05/02/2009	Acc Buku Laporan	
7		--	
8		--	

Malang, 05 Februari 2009
Dosen Pembimbing II

I Komang Somawirata, ST, MT
NIP. 1030100361

Dolby Surround Pro Logic II Decoder Principles of Operation

When Dolby® Surround Pro Logic® decoding was introduced in 1987, it followed various surround technologies that had already appeared—and mostly disappeared—in the two decades before. The popularity of Pro Logic increased dramatically through the 1990s, and helped establish the basis for surround sound capability in future consumer digital delivery formats.

The advent of digital formats meant that source content, no longer restricted by the limitations of grooves, multiplexed RF carriers, or tape heads, could expand to 5.1-channel discrete audio as the new benchmark. When introduced, 5.1-channel Dolby Digital established a totally new level of soundfield capability and articulation, far surpassing what matrix surround encode/decode systems could achieve, but it did so using the exact same "3/2" speaker configuration already established by Dolby Pro Logic. The widespread adoption of Dolby Digital 5.1 audio on DVD-Video discs helped raise the standard—and expectations—of surround playback in home theaters from that point forward.

Movie producers were the first to embrace discrete 5.1-channel audio for films, which is the de facto standard for current production and release on DVD. Many earlier movies originally released in Dolby Surround have also been reissued on DVD in 5.1 audio, allowing them to be experienced anew with improvements in soundfield spatiality, directionality, and articulation. The transition to 5.1-channel audio is also well under way for digital TV over broadcast, satellite, and cable, while the multichannel DVD-Audio format gives a similar boost to the enjoyment of music recordings.

As more people have come to appreciate the benefits of surround sound playback, they also want non-surround programs, particularly music, to take full advantage of their playback systems. This desire is not only for home theaters, but for car audio, computers, and even headphone listening. Dolby Pro Logic II was designed with these expanded uses in mind.

Why a new surround decoder technology?

Significant improvements in the way audio/video media is created and delivered to consumers have occurred, with VHS Hi-Fi now the standard audio for stereo VCRs and prerecorded tapes, DVD rapidly becoming the format of choice for movies in packaged media, and digital TV poised to supersede analog broadcast formats around the world. The ability to deliver high-quality stereo audio has never been better. This also benefits the delivery of surround encoded programs, which are more prevalent than ever on TV, video, and DVD.

These improvements in content delivery, coupled with advancements in surround decoding technology, allow Dolby Pro Logic II to set a new benchmark in matrix surround decoding performance, thereby revitalizing the vast array of existing and newly produced Dolby Surround programs.

The challenges for a modern surround decoder, therefore, are numerous. It must:

- perform with a wide range of movie and music content
- raise the sonic standard to address contemporary "5.1" expectations
- be suitable for home theater, PC, mobile, and headphone playback
- have cost-effective digital implementations
- be simple to use

Dolby Pro Logic II meets these requirements. Decoding of Dolby Surround soundtracks retains the fundamental consistency and "rightness" the movie industry has come to expect from Pro Logic, but with a new sense of spatiality, directionality, and soundfield stability that is unprecedented in matrix surround decoders.

For the first time, Dolby is offering a surround decoder equally adept at bringing out the hidden spatial cues in conventional music recordings in a natural, convincing way. The listener is drawn into a three-dimensional space rather than hearing a flat, two-dimensional presentation. This not only helps develop a more involving soundfield, but also solves the narrow "sweet spot" problem of conventional stereo reproduction.

What's inside?

In previous logic decoders, including those with Pro Logic technology, the control circuit is looking at the relative level and phase between the input signals. This information is sent to the variable output matrix stage to adjust VCAs controlling the level of antiphase signals. The antiphase signals cancel the unwanted crosstalk signals, resulting in improved channel separation. This is called a feed-forward design.

Pro Logic II looks at the same input signals and servos them to match their levels. These matched audio signals are sent directly to the matrix stages to derive the various output channels. Because the same audio signals that feed the output matrix are themselves used to control the servo loop, it is called a feedback logic design.

The concept of feedback control has long been a mainstay of sophisticated analog control systems such as Dolby noise reduction, where it improves accuracy and optimizes dynamic characteristics. Incorporating global feedback around the logic steering process brings similar benefits in steering accuracy and dynamic behavior.

How it works

To understand the decoder, it is useful to see how four original source audio signals are encoded into the two program channels that eventually feed the decoder. These signals are called Lt and Rt, for left-total and right-total. ("Total" means they contain all the encoded audio channels, not just left and right.) See Figure 1.

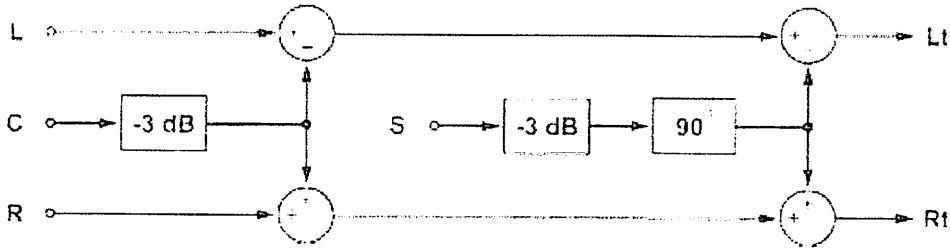


Figure 1 Simple four-input encoder concept

In this case, there are four "cardinal" input signals: Left, Center, Right, and Surround (L, C, R, S). The L and R inputs go straight to the Lt and Rt encoder outputs without modification. The C input is divided equally to Lt and Rt with a 3 dB level reduction (to maintain constant acoustic power in the mix). The S input is also reduced by 3 dB, but before being divided equally between Lt and Rt, the signal has 90-degree phase shift applied relative to L, C, and R. Finally, the S signals are carried in Lt/Rt with opposite polarities (note the "-" sign in the summing stage feeding the Lt output).

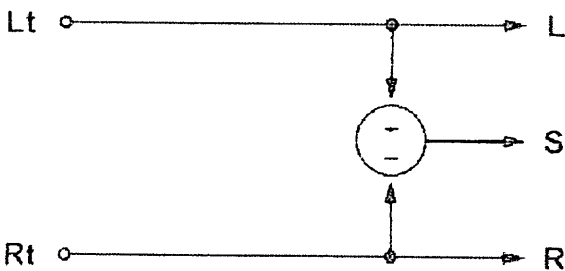


Figure 2 Simple passive surround decoder concept

The simplest form of surround decoder subtracts the Rt signal from the Lt, as shown in Figure 2. If only an S signal is present at the encoder, the signals in Lt and Rt are identical but of opposite polarity. When these signals are subtracted in the passive decoder, they create the surround output signal as desired.

If only a C input signal is present at the encoder, the signals in Lt and Rt are identical. When subtracted in the passive decoder, they cancel each other completely, leaving only silence at the S output, which is again the desired result. This shows that there is very high channel separation between C and S, even when using a passive decoder.

If the Lt and Rt signals are random (not purely C or S), the Lt-Rt process will produce the difference signal at the S output. As a result, it is impossible for any sounds panned away from dead center to be removed from the S output. The channel separation between front and surround signals can be as low as 3 dB in a passive decoder.

The job of an active decoder like Pro Logic or Pro Logic II is to keep a dominant signal such as dialogue from leaking from the surround speakers whether it is

directly in the center channel, slightly off center, or even panned all the way to the full left or right of the soundstage. For example, if dialogue is placed "half right" (at the same levels into the C and R inputs of the encoder in Figure 1), the passive L-R decoder will not cancel all the dialogue in the surround output because the level of dialogue in Lt is lower than the level in Rt.

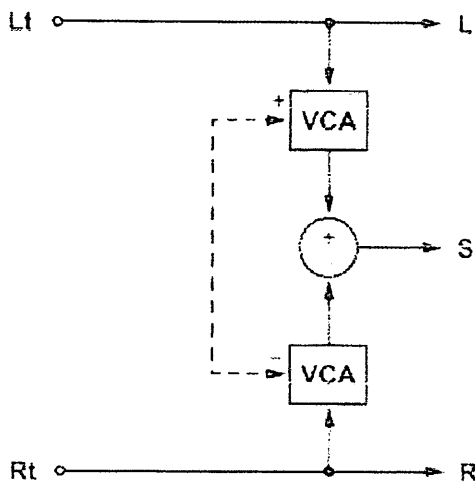


Figure 3 Decoder with VCA balancing

To make full cancellation occur in the S output, the amounts of dialogue in Lt and Rt feeding the S channel decoder need to be made equal. This can be done by putting VCAs into the Lt and Rt signals feeding the subtraction stage, and adjusting their gains in opposite directions from a common control signal as shown in Figure 3. As the gain rises in one VCA, it falls in the other. By adjusting this control precisely, the leakage of any dialogue signal panned anywhere between L and R (including C) can be completely eliminated from the S output.

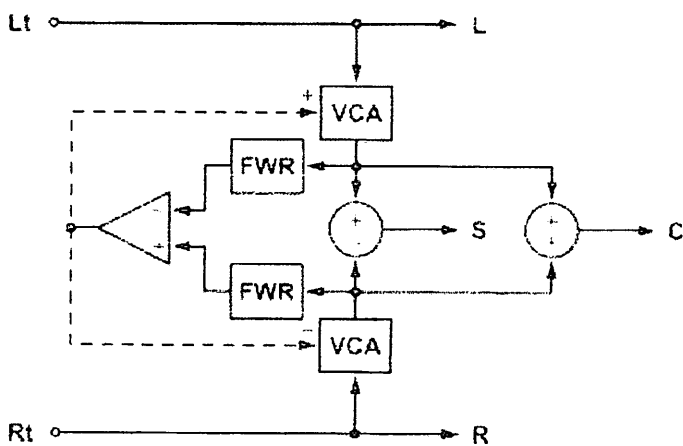


Figure 4 Decoder with VCA balancing servo

To automatically maintain the balance of the two signals feeding the subtraction stage under dynamically changing signal conditions, a feedback "servo" circuit

compares the levels of these two signals after full-wave rectification (FWR), and adjusts the VCA control to force them to be equal (see Figure 4).

The C output is created by adding (instead of subtracting) the same two balanced VCA output signals.

Since the L and R signals are being adjusted by the VCAs, this is known as the decoder's Left-Right axis. There is also a Front-Back axis in the decoder, operating orthogonally to the Left-Right axis, which uses the same basic technique to servo the L+R (front) signal versus the L-R (back) signal to reduce crosstalk in the L and R outputs.

By creating a feedback system around the logic steering process, certain benefits can be attained:

- The antiphase signals feeding the output matrix are able to be matched to the unwanted crosstalk signal levels with high precision and low circuit complexity, thereby ensuring high channel separation.
- The steering logic control time constants are within a feedback loop, so as the loop gain changes, so does the response time. Dynamically, there is a greater "speed to smoothness ratio" than is possible in a feed-forward system, leading to an ideal balance between fast action and stable operation while using relatively simple circuitry.

In Pro Logic, the Front-Back and Left-Right axes are controlled by a single slow/fast circuit. If either axis wants to steer fast, they both go fast. Only when both want to go slow can the logic decoder switch to the slow mode. In Pro Logic II, each axis operates independently, so they decide how fast to go based on their individual conditions. Also, the logic speed range is continuously variable in Pro Logic II, rather than having two fixed rates as in Pro Logic.

These are just some of the more obvious aspects of the new decoder design principles. The end result is that the Pro Logic II decoder can process any kind of source material without changing the core logic steering parameters. Since movies often contain music to a significant degree, a decoder needs to handle dialogue, music, and effects equally well without creating side-effects.

Decoder functions and features

Table 1 shows how Pro Logic II compares with Pro Logic.

Table 1 Comparison of key decoder features

Feature	Dolby Pro Logic	Dolby Pro Logic II
Source content	<ul style="list-style-type: none">• Dolby Surround programs	<ul style="list-style-type: none">• Dolby Surround programs• stereo music recordings

Output modes	<ul style="list-style-type: none"> • "3/1" surround • "2/1" with phantom center • "3/0" 3 stereo 	<ul style="list-style-type: none"> • "3/2" surround • "2/2" with phantom center • "3/0" 3 stereo Dolby Pro Logic emulation mode: <ul style="list-style-type: none"> • "3/1" with filtered surround
Surround channel BW	7 kHz	unlimited
Panorama mode	no	yes
Dimension control	no	yes
Center Width control	no	yes

Pro Logic II can be implemented as a "one mode for all programs" decoder, as may be ideal for simpler products. The "Movie" mode, shown in Table 2, works very well in that application. Movie mode is very similar to the Pro Logic mode, with the main difference being that Pro Logic has a 7-kHz surround filter and a mono surround output, while Movie mode has no surround filter and stereo surround outputs. The Pro Logic emulation mode included in the technology package is as robust as the original Pro Logic decoding mode without having to provide separate decoding circuitry in the product.

The Movie and Pro Logic modes both use sufficient delay in the surround channel(s) to ensure the sounds from the front speakers arrive at least 10 ms before the sounds from the surround speakers. This creates the Haas precedence effect, which helps ensure dialogue and other frontal sounds intended to relate with the on-screen action are actually perceived as originating there.

Table 2 Description of Dolby Pro Logic II decoder features

Feature	Movie	Dolby Pro Logic	Music
Surround filter	no	7 kHz LPF	shelf
Surround delay	yes	yes	no
Panorama mode	off	off	opt
Dimension control	off	off	opt
Center Width control	off	off	opt

Autobalance mode	on	on	off
------------------	----	----	-----

There are well-known characteristic differences between movie soundtracks and music recordings. For example, movies (and Dolby Surround TV shows) are mixed and monitored in a calibrated multichannel environment, so the desired end result when listening at home can be obtained from a similarly calibrated home theater system. Stereo music, on the other hand, is not monitored through a surround system when being mixed, so it is not really known at that time how it will sound when played on a surround system. For these reasons, the Movie mode of Pro Logic II has preset characteristics to ensure consistent results. Music mode, however, can be user-adjustable, assuming the decoder manufacturer decides to offer any of the following three optional controls. These controls are useful in any kind of decoder to allow optimization of the soundfield as desired, but are especially effective in automotive applications due to seating and speaker positions.

- **Dimension control.** Allows the user to gradually adjust the soundfield either towards the front or towards the rear. This can be useful to help achieve a more suitable balance from all the speakers with certain recordings.
- **Center Width control.** Allows variable adjustment of the center image so it may be heard only from the Center speaker, only from the Left/Right speakers as a "phantom" center image, or various combinations of all three front speakers. With this control it is possible to create a balanced Left-Center-Right stage presentation for both the driver and the front passenger. For home users, it allows improved blending of the Center and main speakers, or to control the sense of image width, or "weight."
- **Panorama mode.** Extends the front stereo image to include the Surround speakers for a wraparound effect with side wall imaging.

There is a mild high-frequency shelf filter provided in the Surround channels for Music mode. It results in a more natural, believable soundfield, since ambient sounds normally have a high-frequency rolloff induced by room reflections and absorption.

The goal for music playback is to have the sounds from all the speakers arrive at the listener at the same time, which is known as *coincident arrival*. In case the Surround or Center speakers are closer to the listener than the main Left/Right front speakers, a compensating delay will be applied in the decoder. This helps prevent any smearing or combing of the sounds as they combine from the various speakers.

Lastly, the autobalance is turned off in Music mode, considering that vocalists are sometimes deliberately placed off center in the mix.

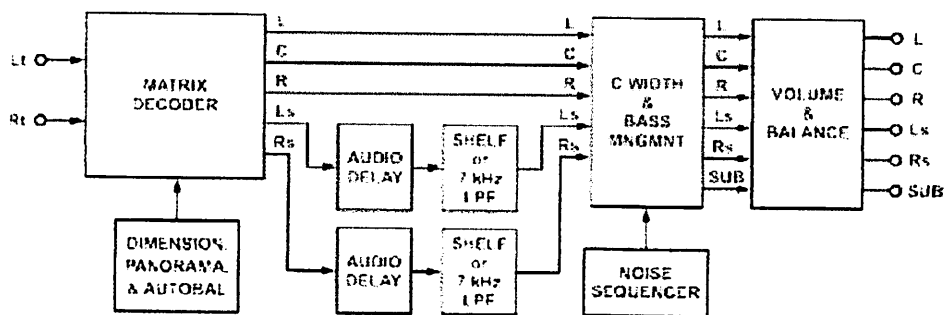
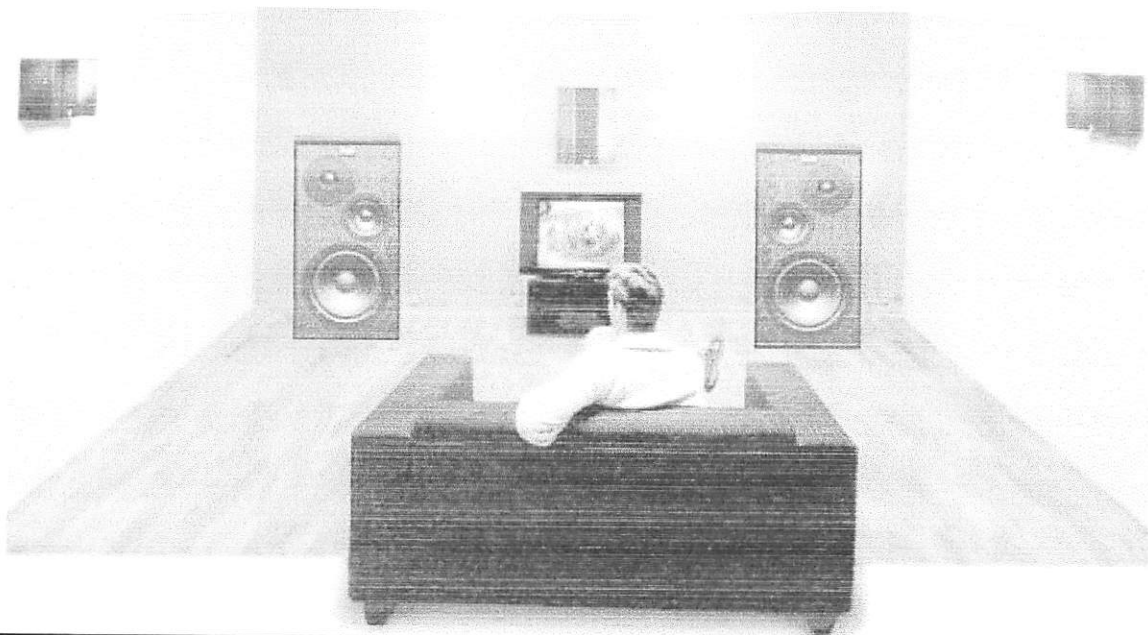


Figure 5 Basic decoder system block diagram

Pro Logic II has a decoder structure basically identical to Pro Logic except for the stereo surrounds, as shown in Figure 5. Since Pro Logic was originally introduced, the concept of bass management and the use of subwoofers has become commonplace. Pro Logic II includes a bass management feature to derive a proper subwoofer feed or to allow bass to be reproduced from the main speakers, as appropriate for the application.

Conclusion

A new generation of Dolby Surround Pro Logic decoding is available to take advantage of improved content delivery formats, and to meet higher consumer expectations for enriching surround sound wherever they are listening. Pro Logic II achieves advanced performance from an elegant solution that can be implemented equally well in either analog or digital forms.



con decoder **SURROUND**

Le prime volte in cui nei locali cinematografici è apparsa la scritta "nuovi EFFETTI sonori Dolby Surround" tutti saranno entrati per ascoltare questo nuovo "effetto polifonico". Se desiderate riprodurlo anche a casa vostra, realizzate il progetto che ora vi presentiamo.

SCHEMA a blocchi della DECODIFICA

In fig.1 riportiamo lo schema a **blocchi** del **decoder** da noi progettato per ottenere l'effetto **Surround**, più un effetto supplementare che abbiamo chiamato **Panoramic**.

Sugli **ingressi** (vedi **input Destro - Sinistro**) di questo decodificatore vanno inseriti i segnali che si prelevano dalle uscite **Tape**, presenti sul retro del **preamplificatore Hi-Fi** o di un **Hi-Fi Compact**, oppure dalle uscite **Stereo audio** di un **videoregistratore Hi-Fi**.

Se prelevate il segnale dall'uscita **Tape** non dovrete preoccuparvi della sua ampiezza, perché questa non supererà mai i **3 volt picco/picco**.

Se prelevate il segnale dall'uscita del **preamplificatore** che si collega allo **stadio finale** di potenza, non dovrete tenere il **volume** del solo **preamplificatore** molto alto per evitare che superi i **3 volt**

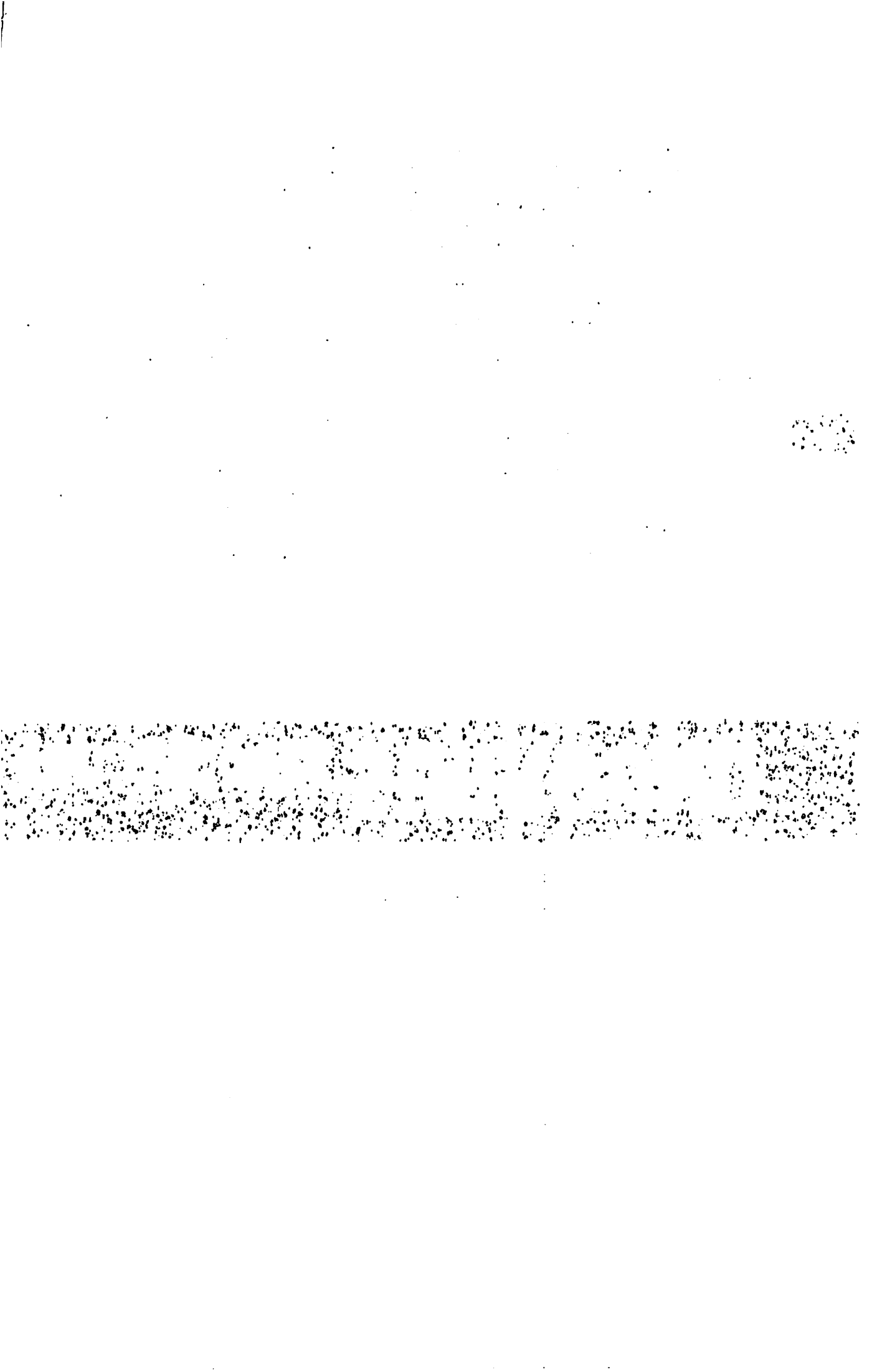
picco/picco, diversamente correrete il rischio di **saturare** gli stadi d'ingresso del **Decoder**.

Ritornando al nostro schema a **blocchi** (vedi fig.1), il segnale **stereo** applicato sugli ingressi dei due operazionali siglati **IC7/A - IC7/B** viene prelevato dalle loro uscite ed applicato sugli ingressi dei due operazionali siglati **IC7/C - IC7/D**.

L'operazionale **IC7/C** viene utilizzato per **sottrarre** dal canale **destro** il segnale del canale **sinistro**.

L'operazionale **IC7/D** viene utilizzato per **sommare** al segnale del canale **destro** il segnale del canale **sinistro**.

Il segnale presente sull'uscita di **IC7/C** viene inviato, tramite il deviatore siglato **S1**, ad un **filtro Passa/Basso antialiasing** con taglio a **7 KHz** con **24 dB x ottava** (vedi stadio siglato **IC10/A+B**), per poi proseguire verso l'integrato **IC6** (sezione indicata **Compress.**) che provvede a **comprimerlo**.



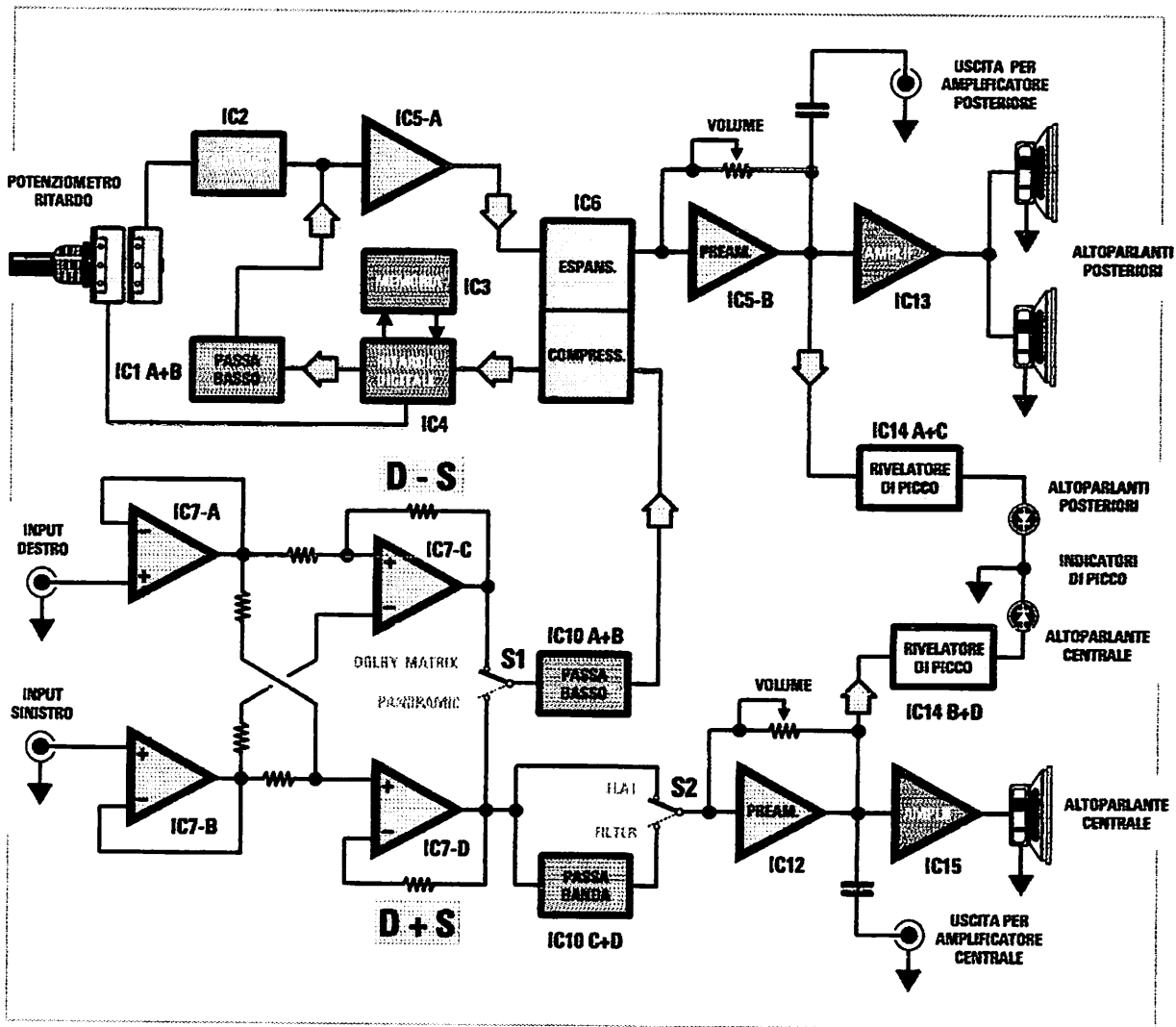


Fig.1 Schema a blocchi di un decoder Stereo Dolby Surround. Il segnale da applicare alle due Casse Acustiche posteriori si ottiene sottraendo al segnale del canale Destro il segnale del canale Sinistro. Prima di raggiungere lo stadio finale di potenza, questo segnale viene convertito in digitale e depositato in una memoria digitale dalla quale verrà prelevato con un certo "ritardo" prima di essere riconvertito in analogico. Il segnale da applicare alla Cassa Acustica centrale, che riprodurrà il solo parlato, si ottiene sommando al segnale del canale Destro il segnale del canale Sinistro.

Il segnale compresso che esce da IC6 viene applicato allo stadio indicato ritardo digitale composto da un HT.8955 (vedi IC4) e da una memoria TMS.4256 (vedi IC3), che provvedono a convertire il segnale analogico compresso in uno digitale e poi nuovamente da digitale ad analogico.

Nell'articolo Eco + Riverbero + Karaoke pubblicato in questo volume (vedi il kit siglato LX.1264) abbiamo spiegato dettagliatamente la funzione di questi due integrati, quindi per maggiori informazioni vi consigliamo di rileggere quanto già scritto in proposito.

Agendo sul doppio potenziometro presente in questo stadio possiamo ritardare il segnale audio da un minimo di 5 millisecondi ad un massimo di 100 millisecondi.

Il segnale ritardato già riconvertito in analogico passa sul filtro Passa/Basso con taglio a 7 KHz con 24 dB x ottava (vedi IC1/A+B), che ci serve per ottenere la curva tipica richiesta dal Surround e per eliminare tutti i disturbi spuri che potrebbero essere presenti sull'uscita dello stadio digitale. Per ridurre ulteriormente i disturbi della conversione A/D-D/A abbiamo aggiunto uno stadio di mu-

ting (vedi IC2), che entra in funzione con un ritardo proporzionale a quello del segnale audio (vedi doppio potenziometro ritardo).

Il segnale ripulito da tutti i rumori spuri, ma ancora compresso, viene amplificato dall'operazionale siglato IC5/A ed applicato sull'ingresso di IC6 (sezione indicata ESPANS.), che provvede ad espanderlo per riportarlo alla sua regolare ampiezza.

Dall'uscita di questo espansore il segnale raggiunge l'operazionale siglato IC5/B, utilizzato in questo circuito per dosare l'ampiezza del segnale.

Poiché per pilotare le due Casse Acustiche posteriori occorre una adeguata potenza, abbiamo inserito nello stesso circuito uno stadio finale di potenza (vedi IC13) in grado di fornire in uscita una potenza di circa 18 watt su un carico di 4 ohm.

Questo segnale ci serve per pilotare le due Casse Acustiche posteriori da 8 ohm che, collegate in parallelo, ci permetteranno di ottenere un carico di 4 ohm.

Se per qualcuno fossero insufficienti 18 watt (in pratica non lo sono perché i Decoder commerciali erogano un massimo di 14 watt), abbiamo previsto un'uscita esterna (vedi uscita per amplificatore posteriore) dalla quale prelevare il segnale preamplificato per poi applicarlo sugli ingressi di un finale Stereo esterno di potenza maggiore.

Il segnale dato dalla somma dei canali Destro + Sinistro che preleviamo dall'uscita dell'operazionale siglato IC7/D viene utilizzato per alimentare la sola Cassa Acustica centrale.

Posizionando il deviatore S2 sulla posizione Flat il segnale raggiunge direttamente lo stadio pream-

plificatore (vedi IC12), che viene utilizzato per dosare l'ampiezza del segnale.

Il segnale raggiunge poi lo stadio finale di potenza siglato IC15 in grado di fornire una potenza sonora di circa 18 watt su una impedenza caratteristica di 4 ohm.

Se per il suono centrale applicate sull'uscita del finale IC15 una Cassa Acustica da 8 ohm, la potenza d'uscita si dimezza.

Anche per il canale centrale abbiamo previsto un'uscita supplementare per entrare negli ingressi di un finale di potenza maggiore (vedi uscita per amplificatore centrale).

Posizionando il deviatore S2 sulla posizione Filter il segnale passa attraverso un filtro Passa/Banda in grado di lasciar passare le sole frequenze da 300 Hz a 3.000 Hz con una attenuazione di 12 dB x ottava (vedi IC10/C+D).

Questo filtro serve solo per esaltare il parlato.

Poiché la decodifica Surround viene utilizzata per prelevare da un suono Dolby Surround i due canali "nascosti", cioè il suono centrale e i due posteriori, qualcuno si starà chiedendo se si può usare anche per ascoltare i normali CD, le comuni musicassette e le trasmissioni TV.

In teoria non sarebbe possibile, ma poiché in questo circuito abbiamo aggiunto una funzione supplementare che abbiamo chiamato effetto Panoramic, siamo riusciti ugualmente a separare, nel limite del possibile, la voce dalla musica ottenendo in questo modo un surrogato di Surround che ci permette di trasformare un normale impianto Hi-Fi Stereo in un raffinato polifonico Stereo.

Pertanto, quando si ascolta un normale CD o una trasmissione TV Stereo sprovvisti di Dolby si do-



Fig.2 Foto del pannello frontale del decoder Dolby Surround. Commutando il decoder in posizione Panoramic riuscirete ad ottenere un suono polifonico anche con normali CD e Videocassette sprovvisti di Dolby e ovviamente anche con l'audio dei programmi TV.

vrà semplicemente commutare il decoder sulla funzione **Panoramic** e sulla funzione **Filter**.

Sulle Casse Acustiche **posteriori** giungerà il suono del canale Destro al quale è stato **sottratto** quello del canale Sinistro, che potremo ritardare rispetto al suono delle Casse Acustiche frontali in modo da renderlo **panoramico**.

Sull'uscita dei due canali **posteriori** e **centrale** abbiamo inserito due **rivelatori di picco** (vedi **IC14/A+C** e **IC14/B+D**) per evitare di saturare i due stadi finali di **potenza** con i controlli di **volume** posti su **IC5/B** ed **IC12**. Facciamo presente che i due diodi **led** rivelatori di picco devono lampeggiare solo leggermente.

SCHEMA ELETTRICO

Lo schema a **blocchi** riportato in fig.1 ci è servito per spiegarvi in modo molto semplificato come funziona un **Decoder Surround**.

Lo schema elettrico (vedi fig.4) è ovviamente molto più complesso perché abbiamo dovuto disegnare ogni singolo componente.

Ma di questo non dovete preoccuparvi, perché una volta inseriti tutti i condensatori e le resistenze sullo stampato (vedi fig.10), possiamo assicurarvi che il circuito funzionerà immediatamente.

Anche per la descrizione dello schema elettrico iniziamo dai due ingressi canale **Destro** e **Sinistro**, in cui vanno applicati i segnali che preleviamo tramite **cavetti schermati** dalle prese **Tape out** presenti in ogni **preamplificatore Hi-Fi**, negli **amplificatori integrati** e nei **compact**.

Questi due segnali audio entrano negli ingressi **non invertenti** dei due operazionali siglati **IC7/A - IC7/B** presenti all'interno dell'integrato **TL.084** che, come potete vedere in fig.5, contiene **quattro** operazionali.

Il segnale che preleviamo dall'uscita di **IC7/A** viene applicato sui piedini **non invertenti** dei due operazionali siglati **IC7/C - IC7/D** tramite le resistenze **R36 - R34**.

Il segnale che preleviamo dall'uscita di **IC7/B** viene applicato sul piedino **invertente** di **IC7/C** e sul piedino **non invertente** di **IC7/D** tramite le resistenze **R35 - R37**.

In questo modo sull'uscita dell'operazionale **IC7/C** preleviamo il segnale del canale Destro a cui è stato **sottratto** il segnale del canale Sinistro.

Sull'uscita dell'operazionale **IC7/D** preleviamo il segnale del canale Destro **sommato** al segnale del canale Sinistro.

Le uscite dei due operazionali **IC7/C - IC7/D**, come è possibile vedere nello schema elettrico, risultano collegate sugli ingressi dei due interruttori elettronici siglati **IC8/A-IC8/B** contenuti all'interno del C/Mos siglato **CD.4066** identico all'**HCF.4066**.

Questi due interruttori elettronici fanno le veci del deviatore **S1** visibile nello schema a **blocchi** di fig.1 e permettono di trasferire su **IC10/A+B** il segnale **Dolby Matrix** o **Panoramic**.

Come potete notare, il piedino di **eccitazione** di **IC8/A** è direttamente pilotato dall'integrato **IC11/A**, mentre il piedino di **eccitazione** di **IC8/B** viene pilotato tramite la porta **inverter** siglata **IC9/A**.

Questa porta **inverter** ci serve per eccitare i due interruttori **IC8/A - IC8/B** in modo alternato. Infatti quando si **chiudono** i contatti di **IC8/A** si aprono i contatti di **IC8/B** e viceversa.

Il segnale prelevato sull'uscita di questi interruttori raggiunge i due operazionali **IC10/A - IC10/B** utilizzati come **filtri Passa/Basso** con taglio a **7 KHz** e con una pendenza di **24 dB x ottava** come richiesto dal **Dolby Surround**.

Il segnale **filtrato** entra poi nel piedino 6 di **IC6**, cioè dell'integrato **NE.570N** che provvede a **comprimerlo**.

Il segnale **analogico compresso** che esce dal piedino 7 di **IC6** viene applicato sul piedino 2 di **IC4**, cioè dell'integrato **HT.8955**, che lo converte in un segnale **digitale**.

Questo segnale viene poi memorizzato in **IC3**, cioè in una ram tipo **TMS.4256**.

Dal piedino 4 di **IC4** preleviamo un segnale **ritardato** e nuovamente convertito da **digitale** ad **analogico**.

Su questo segnale **analogico** sono però presenti delle frequenze **spurie** generate da **IC4** ed **IC3** per cui occorre **filtrarlo** e a questo provvedono i due operazionali siglati **IC1/B - IC1/A** collegati come **filtro Passa/Basso** con un taglio a **7 KHz** con una pendenza di **30 dB x ottava**.

Il segnale, ora perfettamente **ripulito** e **filtrato**, passando attraverso l'operazionale **IC5/A** rientra dai piedini 14 - 15 nell'integrato **IC6** che provvede ad **espanderlo**.

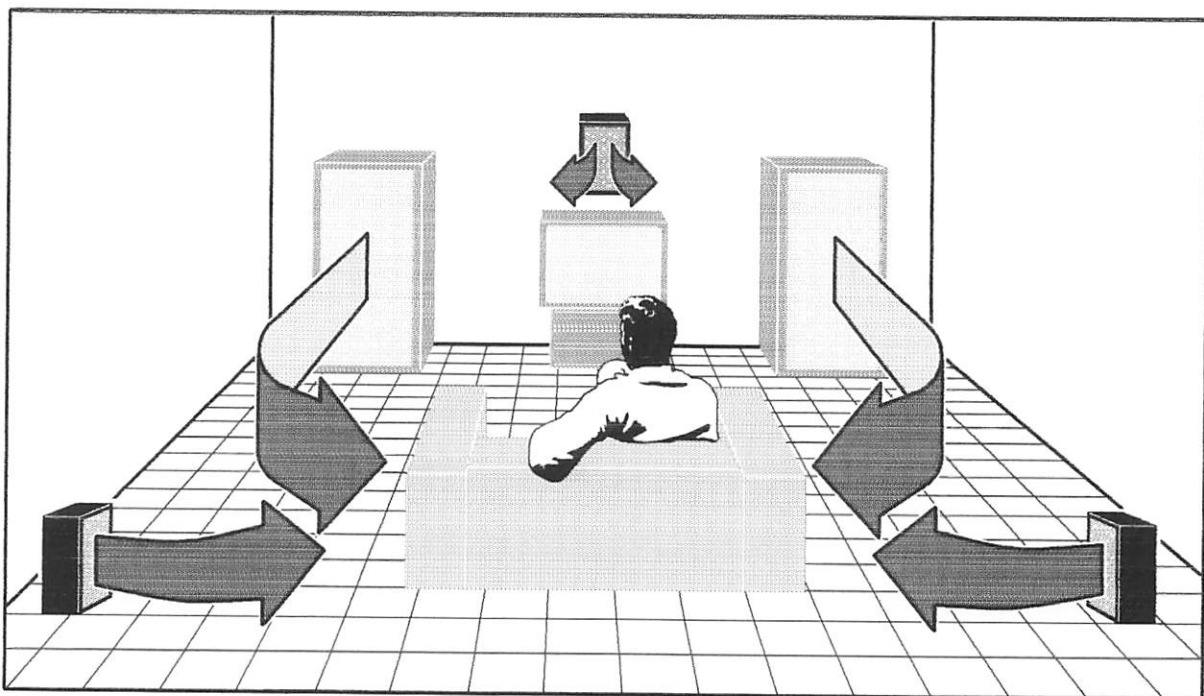


Fig.3 Per ottenere un suono polifonico è necessario aggiungere all'impianto Hi-Fi Stereo altre tre Casse Acustiche. La Cassa Centrale servirà per ascoltare il solo parlato e le Posteriori i suoni degli effetti speciali. Per ottenere un effetto panoramico completo è necessario che le due Casse Posteriori siano collocate dietro l'ascoltatore.

Come potete notare guardando lo schema elettrico, sull'ingresso dell'operazionale siglato **IC5/A** è collegato il Collettore del transistor **TR1** la cui Base risulta pilotata dai quattro operazionali siglati **IC2/A - IC2/B - IC2/C - IC2/D**.

Questo stadio è un circuito di **muting** che provvede a lasciar passare il segnale **audio** verso **IC5/A** solo quando l'integrato **IC4** lo ha riconvertito da **digitale ad analogico**.

Senza questo **muting** si sentirebbero dei fastidiosi rumori ogni volta che si ruota la manopola del potenziometro del ritardo.

Il segnale **espanso** che esce dai piedini **10 - 11** dell'integrato **IC6** è quello che dovremo applicare sulle due Casse Acustiche **posteriori**.

Questo segnale raggiunge l'operazionale siglato **IC5/B** utilizzato come stadio amplificatore a **guadagno** variabile.

Ruotando da un estremo all'altro il cursore del potenziometro **R66**, collegato tra l'ingresso e l'uscita di **IC5/B**, possiamo variare il **guadagno** di questo stadio e quindi dosare l'ampiezza del segnale audio.

Il segnale presente sull'uscita di **IC5/B** viene applicato al potenziometro del **volume master** sigla-

to **R69** e poi prelevato dal suo cursore per essere inviato allo stadio **finale di potenza** che utilizza un solo integrato siglato **TDA.2030/A** (vedi **IC13**).

Collegando sulla sua uscita due Casse Acustiche da **8 ohm** poste in **parallelo** riusciamo ad ottenere una potenza di circa **18 watt RMS**.

Se volette usare un amplificatore **esterno** potreste prelevare il segnale **Surround** dalla presa indicata "**Uscita Amplificatore posteriore**".

Per ottenere un completo **effetto Surround** manca ancora il segnale dato dalla somma dei canali **D+S** che va applicato alla Cassa Acustica **centrale**.

Questo segnale viene direttamente prelevato dal piedino d'uscita dell'operazionale **IC7/D**, ma prima di raggiungere lo stadio **finale di potenza** incontra l'interruttore elettronico siglato **IC8/C**.

Questo stesso segnale passa anche attraverso il filtro siglato **IC10/C - IC10/D** per essere prelevato dalla sua uscita tramite l'interruttore elettronico siglato **IC8/D**.

Questi due interruttori elettronici fanno le veci del deviatore **S2** visibile nello schema a **blocchi** di fig.1.

LM741 Operational Amplifier

General Description

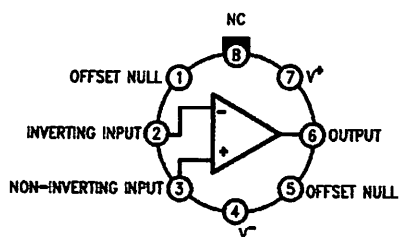
The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications.

The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C is identical to the LM741/LM741A except that the LM741C has their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

Connection Diagrams

Metal Can Package

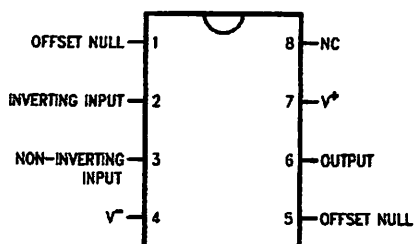


DS009341-2

Note 1: LM741H is available per JM38510/10101

**Order Number LM741H, LM741H/883 (Note 1),
LM741AH/883 or LM741CH**
See NS Package Number H08C

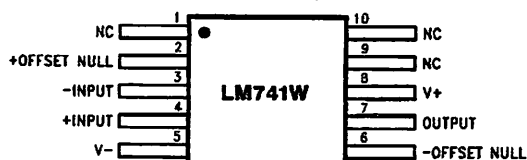
Dual-In-Line or S.O. Package



DS009341-3

Order Number LM741J, LM741J/883, LM741CN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

Ceramic Flatpak

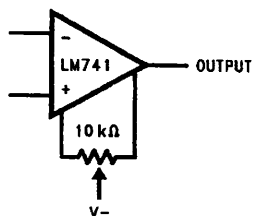


DS009341-6

Order Number LM741W/883
See NS Package Number W10A

Typical Application

Offset Nulling Circuit



DS009341-7

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

(Note 7)

	LM741A	LM741	LM741C
Supply Voltage	±22V	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 3)	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V	±30V
Input Voltage (Note 4)	±15V	±15V	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C	-55°C to +125°C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C	150°C	100°C
Soldering Information			
N-Package (10 seconds)	260°C	260°C	260°C
J- or H-Package (10 seconds)	300°C	300°C	300°C
M-Package			
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	215°C	215°C	215°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

ESD Tolerance (Note 8)	400V	400V	400V
------------------------	------	------	------

Electrical Characteristics (Note 5)

Parameter	Conditions	LM741A			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$ $R_S \leq 50\Omega$		0.8	3.0		1.0	5.0		2.0	6.0	mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$			4.0			6.0			7.5	mV
					15						$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Average Input Offset Voltage Drift				15							$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 20\text{V}$	±10				±15			±15		mV
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		3.0	30		20	200		20	200	nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			70		85	500			300	nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							nA/°C
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		30	80		80	500		80	500	nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			0.210			1.5			0.8	μA
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 20\text{V}$	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		M Ω
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $V_S = \pm 20\text{V}$	0.5									M Ω
Input Voltage Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$							±12	±13		V
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$				±12	±13					V

Critical Characteristics (Note 5) (Continued)

Parameter	Conditions	LM741A			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ $V_S = \pm 20\text{V}$, $V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$, $V_O = \pm 10\text{V}$	50			50	200		20	200		V/mV V/mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, $V_S = \pm 20\text{V}$, $V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$, $V_O = \pm 10\text{V}$	32			25			15			V/mV V/mV V/mV
	$V_S = \pm 5\text{V}$, $V_O = \pm 2\text{V}$	10									
Voltage Swing	$V_S = \pm 20\text{V}$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	± 16 ± 15									V V
	$V_S = \pm 15\text{V}$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$				± 12 ± 10	± 14 ± 13		± 12 ± 10	± 14 ± 13		V V
Short Circuit	$T_A = 25^\circ\text{C}$	10	25	35		25			25		mA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10		40							mA
n-Mode Common-Mode Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$, $V_{CM} = \pm 12\text{V}$ $R_S \leq 50\Omega$, $V_{CM} = \pm 12\text{V}$	80	95		70	90		70	90		dB dB
Voltage Rejection	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $V_S = \pm 20\text{V}$ to $V_S = \pm 5\text{V}$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	86	96								dB dB
					77	96		77	96		
Slew Rate	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Unity Gain		0.25	0.8		0.3			0.3		μs
			6.0	20		5			5		%
Bandwidth (Note 6)	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.437	1.5								MHz
Settling Time	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5		V/ μs
Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$					1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Power Consumption	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_S = \pm 20\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$		80	150							mW mW
	$V_S = \pm 20\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$			165 135							mW mW
	$V_S = \pm 15\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$					60 45	100 75				mW mW

Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be used, but do not guarantee specific performance limits.

Electrical Characteristics (Note 5) (Continued)

Note 3: For operation at elevated temperatures, these devices must be derated based on thermal resistance, and T_J max. (listed under "Absolute Maximum Ratings"). $T_J = T_A + (\theta_{JA} P_D)$.

Thermal Resistance	Cerdip (J)	DIP (N)	HO8 (H)	SO-8 (M)
θ_{JA} (Junction to Ambient)	100°C/W	100°C/W	170°C/W	195°C/W
θ_{JC} (Junction to Case)	N/A	N/A	25°C/W	N/A

Note 4: For supply voltages less than $\pm 15V$, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

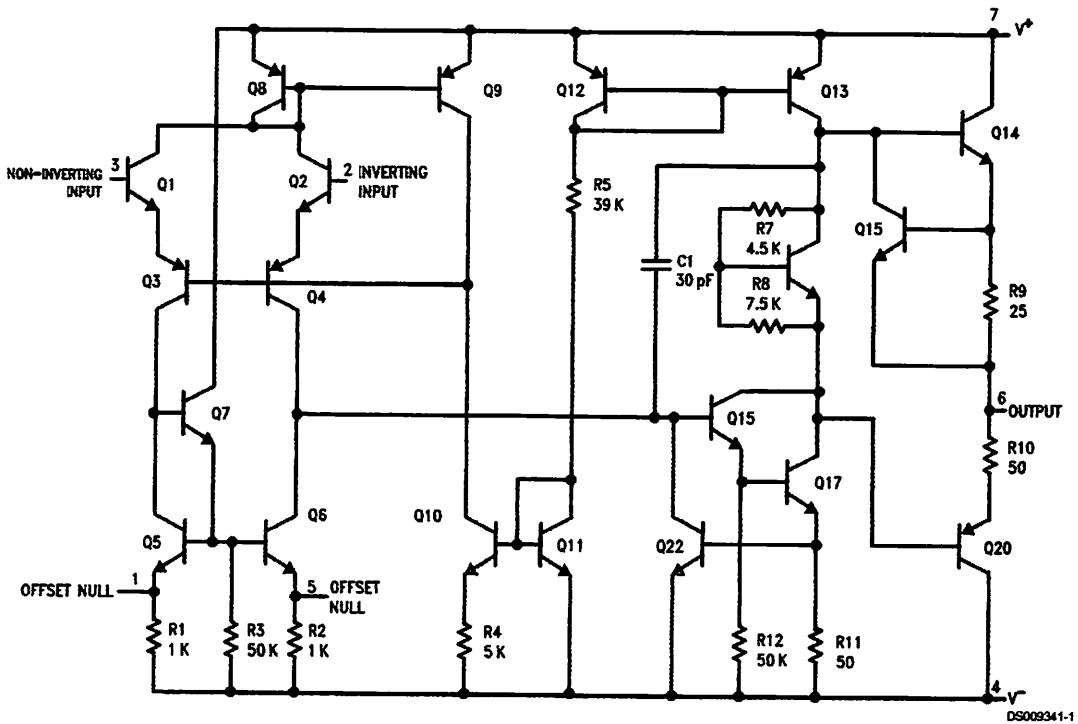
Note 5: Unless otherwise specified, these specifications apply for $V_S = \pm 15V$, $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ (LM741/LM741A). For the LM741C/LM741E, these specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$.

Note 6: Calculated value from: BW (MHz) = $0.35/\text{Rise Time}(\mu s)$

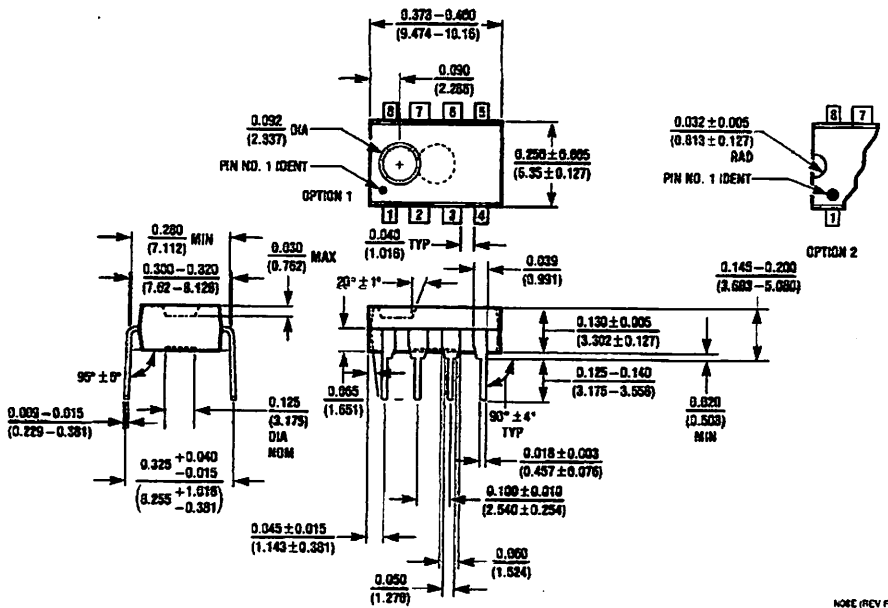
Note 7: For military specifications see RETS741X for LM741 and RETS741AX for LM741A.

Note 8: Human body model, 1.5 k Ω in series with 100 pF.

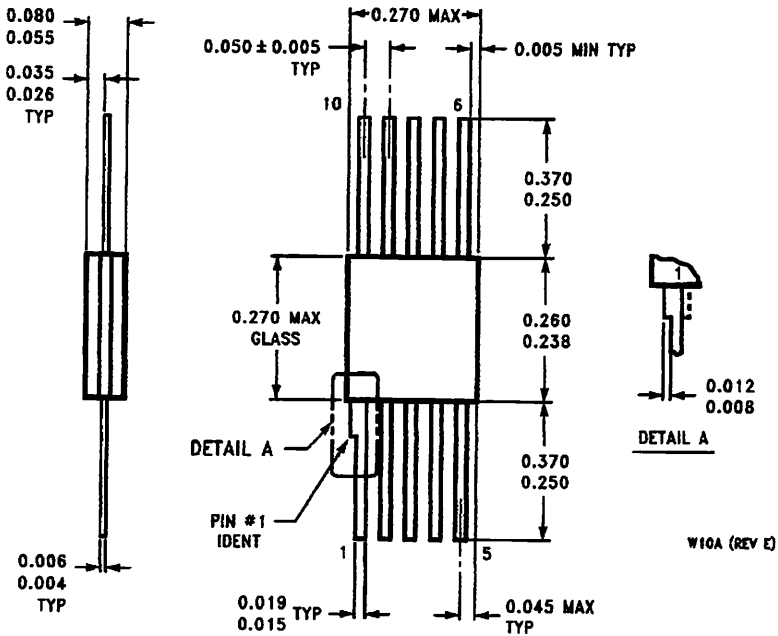
Schematic Diagram



Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM741CN
NS Package Number N08E



10-Lead Ceramic Flatpak (W)
Order Number LM741W/883, LM741WG-MPR or LM741WG/883
NS Package Number W10A

Notes

SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL MANAGER OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. A life support device or system is a device or system which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the operating manual, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com
nsc.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 180-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: ap.support@nsc.com

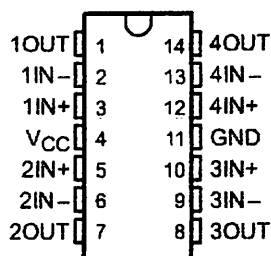
National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

LM124, LM124A, LM224, LM224A LM324, LM324A, LM324Y, LM2902, LM2902Q QUADRUPLE OPERATIONAL AMPLIFIERS

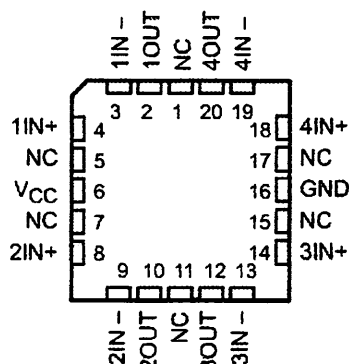
SLOS066D - SEPTEMBER 1975 - REVISED SEPTEMBER 1996

- **Wide Range of Supply Voltages:**
Single Supply . . . 3 V to 30 V
(LM2902 and LM2902Q
3 V to 26 V), or Dual Supplies
- **Low Supply Current Drain Independent of Supply Voltage . . . 0.8 mA Typ**
- **Common-Mode Input Voltage Range Includes Ground Allowing Direct Sensing Near Ground**
- **Low Input Bias and Offset Parameters:**
Input Offset Voltage . . . 3 mV Typ
A Versions . . . 2 mV Typ
Input Offset Current . . . 2 nA Typ
Input Bias Current . . . 20 nA Typ
A Versions . . . 15 nA Typ
- **Differential Input Voltage Range Equal to Maximum-Rated Supply Voltage . . . 32 V (26 V for LM2902 and LM2902Q)**
- **Open-Loop Differential Voltage Amplification . . . 100 V/mV Typ**
- **Internal Frequency Compensation**

LM124, LM224A . . . J OR W PACKAGE
ALL OTHERS . . . D, DB, J, N OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)

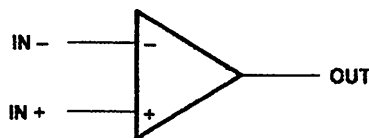


LM124, LM124A . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC - No internal connection

symbol (each amplifier)



These devices consist of four independent high-gain frequency-compensated operational amplifiers that are designed specifically to operate from a single supply over a wide range of voltages. Operation from split supplies is also possible when the difference between the two supplies is 3 V to 30 V (for the LM2902 and LM2902Q, 3 V to 26 V) and V_{CC} is at least 1.5 V more positive than the input common-mode voltage. The low supply current drain is independent of the magnitude of the supply voltage.

Applications include transducer amplifiers, dc amplification blocks, and all the conventional operational amplifier circuits that now can be more easily implemented in single-supply-voltage systems. For example, the LM124 can be operated directly from the standard 5-V supply that is used in digital systems and easily provides the required interface electronics without requiring additional ± 15 -V supplies.

The LM2902Q is manufactured to demanding automotive requirements.

The LM124 and LM124A are characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C . The LM224 and LM224A are characterized for operation from -25°C to 85°C . The LM324 and LM324A are characterized for operation from 0°C to 70°C . The LM2902 and LM2902Q are characterized for operation from -40°C to 125°C .

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 1996, Texas Instruments Incorporated

**LM124, LM124A, LM224, LM224A
LM324, LM324A, LM324Y, LM2902, LM2902Q
QUADRUPLE OPERATIONAL AMPLIFIERS**

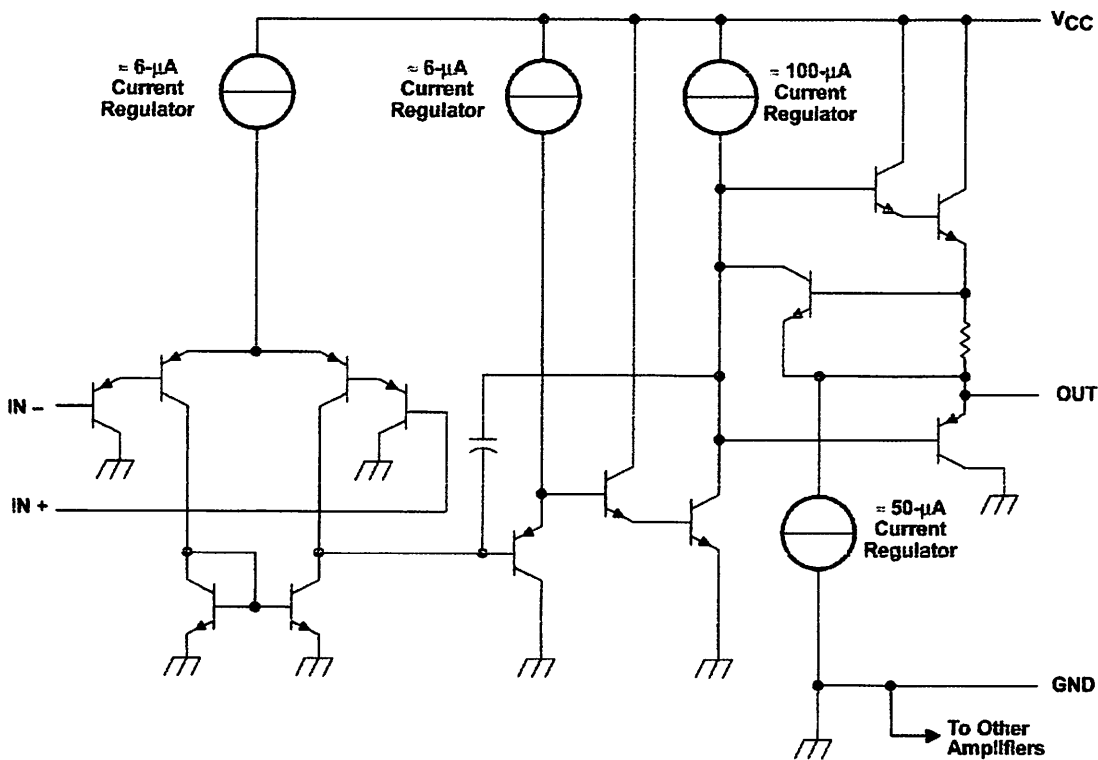
LM124 - SEPTEMBER 1975 - REVISED SEPTEMBER 1996

AVAILABLE OPTIONS

TEMPERATURE RANGE	V_{IOmax} AT 25°C	PACKAGED DEVICES							CHIP FORM (Y)
		SMALL OUTLINE (D)†	VERY SMALL OUTLINE (DB)‡	CHIP CARRIER (FK)	CERAMIC DIP (J)	PLASTIC DIP (N)	TSSOP (PW)‡	FLAT PACK (W)	
0°C to 70°C	7 mV	LM324D	LM324DBLE	—	—	LM324N	LM324PWLE	—	LM324Y
	3 mV	LM324AD	—	—	—	LM324AN	LM324APWLE	—	
0°C to 70°C	5 mV	LM224D	—	—	—	LM224N	—	—	—
	3 mV	LM224AD	—	—	—	LM224AN	—	—	
0°C to 70°C	7 mV	LM2902D	LM2902DBLE	—	—	LM2902N	LM2902PWLE	—	—
	3 mV	LM2902QD	—	—	—	LM2902QN	—	—	
0°C to 70°C	5 mV	—	—	LM124FK	LM124J	—	—	LM124W	—
	2 mV	—	—	LM124AFK	LM124AJ	—	—	—	

DB package is available taped and reeled. Add the suffix R to the device type (e.g., LM324DR).
DB and PW packages are only available left-end taped and reeled.

Schematic (each amplifier)



COMPONENT COUNT (total device)	
Epi-FET	1
Transistors	95
Diodes	4
Resistors	11
Capacitors	4



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

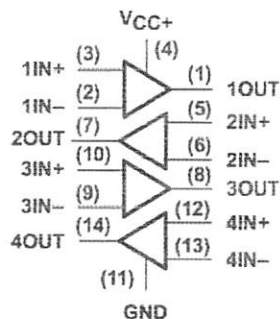
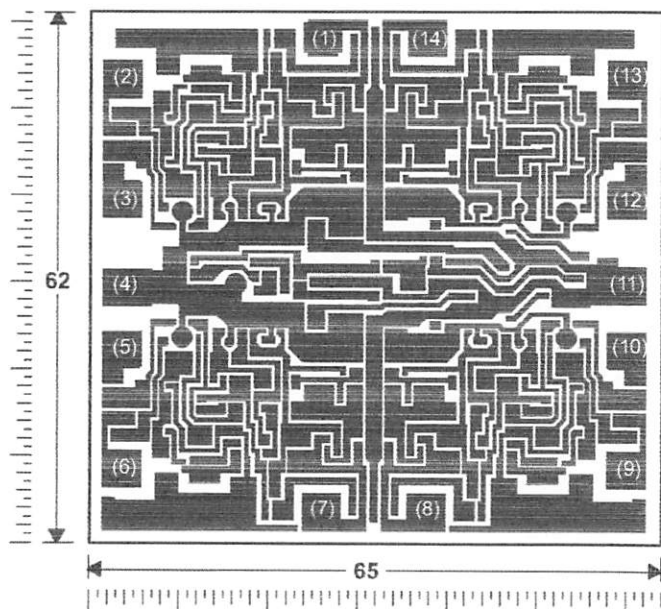
**LM124, LM124A, LM224, LM224A
LM324, LM324A, LM324Y, LM2902, LM2902Q
QUADRUPLE OPERATIONAL AMPLIFIERS**

SLOS066D – SEPTEMBER 1975 – REVISED SEPTEMBER 1996

LM324Y chip information

This chip, when properly assembled, displays characteristics similar to the LM324. Thermal compression or ultrasonic bonding may be used on the doped-aluminum bonding pads. Chips may be mounted with conductive epoxy or a gold-silicon preform.

BONDING PAD ASSIGNMENTS



CHIP THICKNESS: 15 TYPICAL

BONDING PADS: 4 × 4 MINIMUM

$T_{jmax} = 150^{\circ}\text{C}$

TOLERANCES ARE $\pm 10\%$.

ALL DIMENSIONS ARE IN MILS.

PIN (11) IS INTERNALLY CONNECTED TO BACKSIDE OF CHIP.

**LM124, LM124A, LM224, LM224A
LM324, LM324A, LM324Y, LM2902, LM2902Q
QUADRUPLE OPERATIONAL AMPLIFIERS**

066D – SEPTEMBER 1975 – REVISED SEPTEMBER 1996

Absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

	LM124, LM124A LM224, LM224A LM324, LM324A	LM2902, LM2902Q	UNIT	
Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	32	26	V	
Differential input voltage, V_{ID} (see Note 2)	± 32	± 26	V	
Input voltage, V_I (either input)	-0.3 to 32	-0.3 to 26	V	
Output current (one amplifier) to ground at (or below) $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} \leq 15\text{ V}$ (see Note 3)	unlimited	unlimited		
Continuous total dissipation	See Dissipation Rating Table			
Operating free-air temperature range, T_A	LM124, LM124A	-55 to 125	°C	
	LM224, LM224A	-25 to 85		
	LM324, LM324A	0 to 70		
	LM2902, LM2902Q	-40 to 125		
Storage temperature range	-65 to 150	-65 to 150	°C	
Lead temperature for 60 seconds	FK package	260	°C	
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 60 seconds	J or W package	300	300	°C
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	D, DB, N, or PW package	260	260	°C

Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and additional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not intended. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

†S: 1. All voltage values (except differential voltages and V_{CC} specified for the measurement of I_{OS}) are with respect to the network GND.

2. Differential voltages are at $IN +$ with respect to $IN -$.

3. Short circuits from outputs to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction.

DISSIPATION RATING TABLE

PACKAGE	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$ POWER RATING	DERATING FACTOR	DERATE ABOVE T_A	$T_A = 70^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 85^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 125^\circ\text{C}$ POWER RATING
D	900 mW	7.6 mW/°C	32°C	611 mW	497 mW	N/A
DB	775 mW	6.2 mW/°C	25°C	496 mW	403 mW	N/A
FK	900 mW	11.0 mW/°C	68°C	878 mW	713 mW	273 mW
LM124_)	900 mW	11.0 mW/°C	68°C	878 mW	713 mW	273 mW
all others)	900 mW	8.2 mW/°C	40°C	654 mW	531 mW	N/A
N	900 mW	9.2 mW/°C	52°C	734 mW	596 mW	N/A
PW	700 mW	5.6 mW/°C	25°C	448 mW	364 mW	N/A
W	900 mW	8.0 mW/°C	37°C	636 mW	516 mW	196 mW



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Electrical characteristics at specified free-air temperature, $V_{CC} = 5\text{ V}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	T_A ‡	LM124, LM224			LM324			LM2902, LM2902Q			UNIT
			MIN	TYP§	MAX	MIN	TYP§	MAX	MIN	TYP§	MAX	
V_{IO} Input offset voltage	$V_{CC} = 5\text{ V to MAX.}$ $V_{IC} = V_{ICRmin.}$ $V_O = 1.4\text{ V}$	25°C		3	5		3	7		3	7	mV
		Full range			7			9			10	
I_{IO} Input offset current	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C		2	30		2	50		2	50	nA
		Full range			100			150			300	
I_{IB} Input bias current	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C		-20	-150		-20	-250		-20	-250	nA
		Full range			-300			-500			-500	
V_{ICR} Common-mode input voltage range	$V_{CC} = 5\text{ V to MAX}$	25°C	0 to $V_{CC} - 1.5$			0 to $V_{CC} - 1.5$			0 to $V_{CC} - 1.5$			V
		Full range	0 to $V_{CC} - 2$			0 to $V_{CC} - 2$			0 to $V_{CC} - 2$			
V_{OH} High-level output voltage	$R_L = 2\text{ k}\Omega$	25°C	$V_{CC} - 1.5$			$V_{CC} - 1.5$					V	
	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C						$V_{CC} - 1.5$				
	$V_{CC} = \text{MAX.}$ $R_L = 2\text{ k}\Omega$	Full range	26			26			22			
	$V_{CC} = \text{MAX.}$ $R_L = 10\text{ k}\Omega$	Full range	27	28		27	28		23	24		
V_{OL} Low-level output voltage	$R_L \leq 10\text{ k}\Omega$	Full range		5	20		5	20		5	100	mV
A_{VD} Large-signal differential voltage amplification	$V_{CC} = 15\text{ V.}$ $V_O = 1\text{ V to }11\text{ V.}$ $R_L = \geq 2\text{ k}\Omega$	25°C	50	100		25	100			100	V/mV	
		Full range	25			15			15			
CMRR Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICRmin}$	25°C	70	80		65	80		50	80	dB	
k_{SVR} Supply-voltage rejection ratio ($\Delta V_{CC}/\Delta V_{IO}$)		25°C	65	100		65	100		50	100	dB	
V_{O1}/V_{O2} Crosstalk attenuation	$f = 1\text{ kHz to }20\text{ kHz}$	25°C		120			120			120	dB	
I_O Output current	$V_{CC} = 15\text{ V.}$ $V_O = 0$ $V_{ID} = 1\text{ V.}$	25°C	-20	-30	-60	-20	-30	-60	-20	-30	-60	mA
		Full range	-10			-10			-10			
	$V_{CC} = 15\text{ V.}$ $V_O = 15\text{ V.}$ $V_{ID} = -1\text{ V.}$	25°C	10	20		10	20		10	20		
		Full range	5			5			5			
$V_{ID} = -1\text{ V.}$ $V_O = 200\text{ mV}$	25°C	12	30		12	30			30	μA		
I_{OS} Short-circuit output current	V_{CC} at 5 V, GND at -5 V $V_O = 0$	25°C		140	160		140	160		140	160	mA
I_{CC} Supply current (four amplifiers)	$V_O = 2.5\text{ V.}$ No load	Full range		0.7	1.2		0.7	1.2		0.7	1.2	mA
	$V_{CC} = \text{MAX.}$ $V_O = 0.5 V_{CC.}$ No load	Full range		1.4	3		1.4	3		1.4	3	

† All characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode input voltage unless otherwise specified. MAX V_{CC} for testing purposes is 26 V for LM2902 and LM2902Q, 30 V for the others.

‡ Full range is -55°C to 125°C for LM124, -25°C to 85°C for LM224, 0°C to 70°C for LM324, and -40°C to 125°C for LM2902 and LM2902Q.

§ All typical values are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265
 TEXAS INSTRUMENTS

LM124, LM124A, LM224, LM224A
 LM324, LM324A, LM324Y, LM2902, LM2902Q
 QUADRUPLE OPERATIONAL AMPLIFIER
 SLOS066D - SEPTEMBER 1975 - REVISED SEPTEMBER 1996

LM124, LM124A, LM224, LM224A
 LM324, LM324A, LM324Y, LM2902, LM2902Q
 ADAPTABLE OPERATIONAL AMPLIFIERS
 066D - SEPTEMBER 1975 - REVISED SEPTEMBER 1985

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	T _A ‡	LM124A			LM224A			LM324A			UNIT	
			MIN	TYP§	MAX	MIN	TYP§	MAX	MIN	TYP§	MAX		
V _{IO}	Input offset voltage V _{CC} = 5 V to 30 V, V _{IC} = V _{ICRmin} , V _O = 1.4 V	25°C			2		2	3		2	3	mV	
		Full range			4			4			5		
I _{IO}	Input offset current V _O = 1.4 V	25°C			10		2	15		2	30	nA	
		Full range			30			30			75		
I _{IB}	Input bias current V _O = 1.4 V	25°C			-50		-15	-80		-15	-100	nA	
		Full range			-100			-100			-200		
V _{ICR}	Common-mode input voltage range V _{CC} = 30 V	25°C	0 to V _{CC} -1.5		0 to V _{CC} -1.5				0 to V _{CC} -1.5			V	
		Full range	0 to V _{CC} -2		0 to V _{CC} -2				0 to V _{CC} -2				
V _{OH}	High-level output voltage R _L = 2 kΩ V _{CC} = 30 V, R _L = 2 kΩ V _{CC} = 30 V, R _L ≥ 10 kΩ	25°C	V _{CC} -1.5		V _{CC} -1.5				V _{CC} -1.5			V	
		Full range	26		26				26				
		Full range	27		27	28			27	28			
V _{OL}	Low-level output voltage R _L ≤ 10 kΩ	Full range			20		5	20		5	20	mV	
A _{VD}	Large-signal differential voltage amplification V _{CC} = 15 V, V _O = 1 V to 11 V, R _L = ≥ 2 kΩ	Full range			25			25			15	V/mV	
CMRR	Common-mode rejection ratio V _{IC} = V _{ICRmin}	25°C			70		70	80		65	80	dB	
k _{SVR}	Supply-voltage rejection ratio (ΔV _{CC} /ΔV _{IO})	25°C			65		65	100		65	100	dB	
V _{O1} /V _{O2}	Crosstalk attenuation f = 1 kHz to 20 kHz	25°C			120			120			120	dB	
I _O	Output current V _{CC} = 15 V, V _{ID} = 1 V, V _O = 0 V _{CC} = 15 V, V _{ID} = -1 V, V _O = 15 V V _{ID} = -1 V, V _O = 200 mV	25°C			-20		-20	-30	-60	-20	-30	-60	mA
		Full range			-10		-10			-10			
		25°C			10		10	20		10	20		
		Full range			5		5			5			
I _{OS}	Short-circuit output current V _{CC} at 5 V, V _O = 0 GND at -5 V	25°C			±40	±60		±40	±60		±40	±60	mA
I _{CC}	Supply current (four amplifiers) V _O = 2.5 V, No load V _{CC} = 30 V, V _O = 15 V, No load	Full range			0.7	1.2		0.7	1.2		0.7	1.2	mA
		Full range			1.4	3		1.4	3		1.4	3	

† All characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode input voltage unless otherwise specified.
 ‡ Full range is -55°C to 125°C for LM124A, -25°C to 85°C for LM224A, and 0°C to 70°C for LM324A.
 § All typical values are at T_A = 25°C.

LM124, LM124A, LM224, LM224A
LM324, LM324A, LM324Y, LM2902, LM2902Q
QUADRUPLER OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS066D - SEPTEMBER 1975 - REVISED SEPTEMBER 1996

Electrical characteristics, $V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	LM324Y			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
V_{IO} Input offset voltage	$V_{CC} = 5\text{ V to MAX}$, $V_{IC} = V_{ICRmin}$, $V_O = 1.4\text{ V}$		3	7	mV
I_{IO} Input offset current			2	50	nA
I_{IB} Input bias current			-20	-250	nA
V_{ICR} Common-mode input voltage range	$V_{CC} = 5\text{ V to MAX}$	0 to $V_{CC} - 1.5$			V
V_{OH} High-level output voltage	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	$V_{CC} - 1.5$			V
V_{OL} Low-level output voltage	$R_L \leq 10\text{ k}\Omega$		5	20	mV
A_{VD} Large-signal differential voltage amplification	$V_{CC} = 15\text{ V}$, $V_O = 1\text{ V to }11\text{ V}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	15	100		V/mV
CMRR Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICRmin}$	65	80		dB
kSVR Supply-voltage rejection ratio ($\Delta V_{CC} / \Delta V_{IO}$)		65	100		dB
I_O Output current	$V_{CC} = 15\text{ V}$, $V_{ID} = 1\text{ V}$, $V_O = 0$	-20	-30	-60	mA
	$V_{CC} = 15\text{ V}$, $V_{ID} = -1\text{ V}$, $V_O = 15\text{ V}$	10	20		
	$V_{ID} = 1\text{ V}$, $V_O = 200\text{ mV}$	12	30		
I_{OS} Short-circuit output current	V_{CC} at 5 V, GND at -5 V, $V_O = 0$		± 40	± 60	mA
I_{CC} Supply current (four amplifiers)	$V_O = 2.5 V_{CC}$, No load		0.7	1.2	mA
	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_O = 0.5 V_{CC}$, No load		1.1	3	

All characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode input voltage unless otherwise specified. MAX V_{CC} for testing purposes is 30 V.



IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.