

ANALISA AUDIO STEREO ENCODER UNTUK PEMANCAR RADIO SIARAN FM

M. Ibrahim Ashari^[1], Irmalia Suryani Faradisa^[2], Michael Ardita^[3]
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, ITN Malang
Jl. Karanglo-Karangploso Km 2 Malang
Telp.(0341) 417636 Ext 628
Bryan_130572@yahoo.com, irmaliafaradisa@yahoo.com,
E2982online@yahoo.co.id

Abstrak

Stereo encoder difungsikan untuk menghasilkan suara audio dari pemancar radio FM yang berkualitas dan jernih sehingga audio yang diterima menghasilkan stereo.

Untuk mengukur bentuk sinyal dari stereo encoder menggunakan beberapa IC, adapun IC tersebut diantaranya IC NE555 didesain untuk pembangkit sinyal, IC CD4060 sebagai pencampur sinyal pembawa, dan IC CD4027 berfungsi sebagai pembagi sinyal untuk mendapatkan sinyal stereo.

Berdasarkan hasil dari pengujian menunjukkan bahwa stereo encoder dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan memperoleh audio stereo yang cukup bersih, namun dalam pengukuran sinyal masih terdapat nilai yang tidak akurat, nilai dari pengukuran osilator semestinya 76khz menjadi 76.08 dengan nilai eror 0.10%,

Kata kunci - Audio, Stereo, osilator, LPF

PENDAHULUAN

Stereo Encoder banyak digunakan dalam pemancar radio FM yang digunakan seperti sekarang ini. metode yang digunakan untuk pembangkitan sinyal sub-pembawa 38-kHz. Mulai metode balance modulator biasa sampai dengan yang menggunakan metode pencuplikan sinyal. salah satu yang paling menentukan kualitas pemisahan sinyal audio L dan R adalah keselarasan fasa antara fasa sinyal DSBSC dari sub-pembawa 38-kHz dan fasa dari sinyal pilot 19-kHz.

Berdasarkan pernyataan diatas, kemudian muncul suatu ide untuk membuat stereo encoder yang diharapkan bisa memecah Audio antara kiri dan kanan. Disisi lain pada proses pemecahan Audio Stereo harus mendapatkan beberapa nilai-nilai sinyal seperti sub-pembawa sebesar 38kHz dan sinyal pilot sebesar 19kHz. Selain itu kestabilan dari osilator 76-kHz sangat berpengaruh.. Untuk pembangkit frekuensi utama dapat menggunakan IC yang dirancang sebagai frekuensi timer yang pada umumnya menggunakan IC 555 dan akan didapatkan frekuensi 76kHz sebagai pembangkit sinyal.

Karena latar belakang tersebut Alasan pemilihan judul “ **Analisa Audio Stereo Encoder Untuk Pemancar Radio Siaran FM** ”.

Tujuan dari penelitian ini adalah membangun Audio stereo encoder untuk pemancar radio siaran FM.

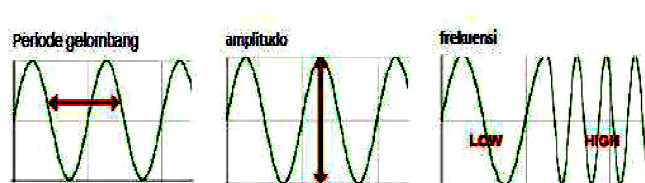
METODE

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental yaitu melakukan desain alat membangun Audio stereo encoder untuk pemancar radio siaran FM

A . Audio

Audio Dalam sistem komunikasi bercirikan suara, sinyal elektrik digunakan untuk membawa unsur bunyi. Istilah ini juga biasa digunakan untuk menerangkan sistem - sistem yang berkaitan dengan proses perekaman dan transmisi yaitu sistem pengambilan / penangkapan suara, sambungan

transmisi pembawa bunyi, amplifier dan lainnya. Audio juga dikenali sebagai bunyi. Audio berfungsi untuk memudahkan penerangan mengenai sesuatu konsep yang sukar untuk diterangkan melalui penggunaan teks grafik semata-mata. Audio mampu mempertingkatkan kefahaman seseorang kepada sesuatu isi kandungan yang kompleks. Audio digital menggunakan digital signal untuk menghasilkan bunyi. Bunyi adalah gelombang yang dihasilkan oleh getaran molekul-molekul dalam medium seperti udara. Gelombang bunyi juga disebut sebagai gelombang mekanikal. Kekuatan bunyi yang diterima dikenali sebagai amplitudo dan diukur dalam unit decibels (dB). Gelombang suara bervariasi sebagaimana variasi tekanan media perantara seperti udara. Suara diciptakan oleh getaran dari suatu obyek, yang menyebabkan udara disekitarnya bergetar. Getaran udara ini kemudian menyebabkan kantung telinga manusia bergetar, yang kemudian oleh otak diinterpretasikan sebagai suara. Dan Semua gelombang pasti memiliki tiga sifat penting untuk kerja audio meliputi : panjang gelombang, amplitudo dan frekuensi. Gelombang suara dapat juga ditunjukkan dalam suatu grafik standar x versus y.



Gambar 1. Sinyal audio

Pada sinyal tersebut memungkinkan untuk memvisualisasi gelombang dengan sudut pandang matematis, menghasilkan kurva yang dikenal sebagai bentuk gelombang. Periode gelombang (T) : Jarak antar titik gelombang dan titik ekuivalen pada fasa berikutnya. Amplitudo (V) : Kekuatan atau daya gelombang sinyal. Tinggi gelombang yang bisa dilihat sebagai grafik. Gelombang yang lebih tinggi diinterpretasikan sebagai volume yang lebih tinggi, sehingga dinamakan amplifier untuk perangkat yang menambah amplitudo. Frekuensi (F) : Jumlah getaran yang terjadi dalam waktu satu detik. Diukur dalam hertz atau siklus per detik. Getaran gelombang suara semakin cepat, frekuensi semakin tinggi. Frekuensi lebih tinggi diinterpretasikan sebagai jalur lebih tinggi.

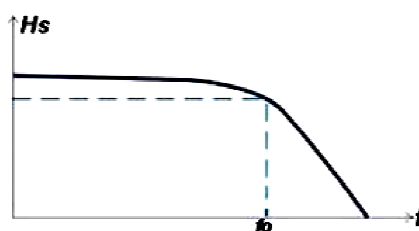
B. Stereo

Suara stereophonik, lebih umum disebut stereo, adalah reproduksi dari suara, menggunakan lebih dari satu saluran audio independen, melalui sebuah susunan konfigurasi pengeras suara yang simetris, bertujuan untuk mendapatkan suara yang natural. Jika ada perbedaan suara seakan berpindah dari kiri ke kanan atau sebaliknya ini karena teknik rekaman dari rekayasa fase R dan L, bisa juga salah satu alat musik atau beberapa alat musik, suara dominan disebelah kiri atau kanan.

Dibuat sistem stereo ini merupakan perkembangan dari sistem Mono supaya suara dapat dinikmati seolah-olah mendengarkan pagelaran musik yang alami dari depan panggung atau musik yang benar-benar Natural.

C. Filter LPF

Filter Low Pass (LPF) adalah sebuah rangkaian yang tegangan keluarannya tetap dari DC naik sampai ke suatu frekuensi cut-off f_c . Bersama naiknya frekuensi di atas f_c , tegangan keluarannya diperlemah (turun). LPF adalah jenis filter yang melewatkan frekuensi rendah serta meredam atau menahan frekuensi tinggi.



Gambar 2. Bentuk Respon LPF

Pita Lewat : Jangkauan frekuensi yang dipancarkan

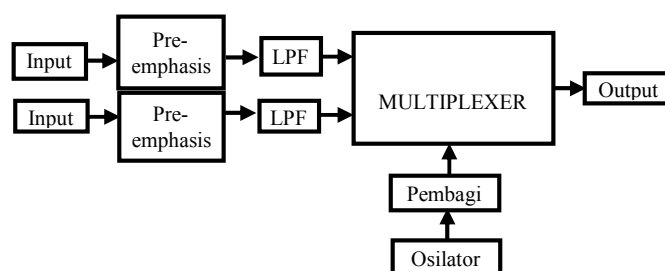
Pita Stop : Jangkauan frekuensi yang diperlemah.

Frekuensi cutoff (f_c) : disebut frekuensi 0.707, frekuensi 3-dB, frekuensi pojok, atau frekuensi putus.

Filter dalam bidang elektronika adalah suatu rangkaian yang berfungsi untuk mengambil atau melewatkan tegangan output pada frekuensi tertentu yang diinginkan dan untuk melemahkan atau membuang ke ground tegangan output pada frekuensi tertentu yang tidak diinginkan. Filter dalam elektronika dibagi dalam dua kelompok yaitu filter pasif dan filter aktif.

HASIL DAN PERANCANGAN

Desain dari penelitian ini meliputi perencanaan, desain alat, cara kerja dari alat dan mensimulaikan rangkaian pada alat tersebut yang mana akan dijelaskan lebih lanjut tentang diagram blok sistem dan rangkaian simulasi yang terdapat pada FM stereo encoder.



Gambar 3. Blok Diagram Sistem

A. Fungsi Masing-masing Blok Sistem

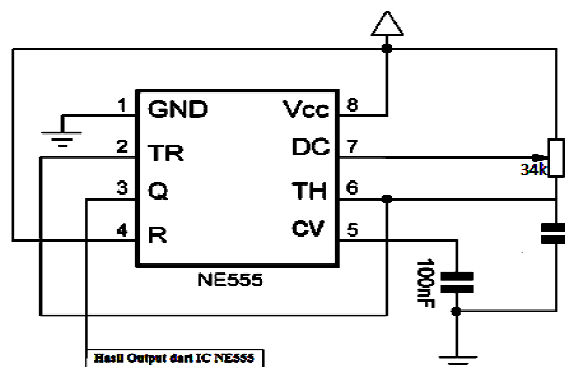
- Input L
Sebagai masukan audio kiri
- Input R
Sebagai masukan audio kanan
- Penguat
Sebagai penguat sinyal audio L dan R yang akan dimasukan ke filter dengan menggunakan IC UA741 dimana IC tersebut sebagai IC op-amp.
- Filter
Berfungsi sebagai penyaring dari sinyal audio yang dikirim melalui penguat IC UA 741 untuk di filter ke rangkaian multiplexser.
- Multiplexer
Sebagai pencampur sinyal dari data audio dan dari osilator. multiplexer ini menggunakan IC CD4066.
- Flip-flop
IC flip-flop menggunakan IC CD4027 Sebagai pengolah/pembagi frekuensi dimana frekuensi dari osilator 76 kHz akan di bagi menjadi dua dan menghasilkan sinyal pembawa 38kHz dan 19kHz sebagai pilot tone.
- Osilator
Sebagai pembangkit sinyal yang menggunakan IC NE555 untuk mendapatkan frekuensi yang diatur untuk memperoleh frekuensi 76kHz, sebagai pembangkit sinyal dari rangkaian ini.
- Output
Sebagai hasil dari rangkaian encoder stereo berupa suara.

B. Prinsip kerja rangkaian

Encoder stereo ini memiliki *Subcarrier* sinyal pembawa 38KHz dan *pilot tone* nada dasar 19 kHz pada desain ini dihasilkan dari IC yang dirancang sebagai frekuensi timer yang menggunakan IC NE555 yang didapatkan dari osilator sebesar 76kHz. IC 4027 sebagai IC flip – flop yang

menghasilkan membagi dua frekuensi 38KHz menjadi 19KHz yang akan dipakai oleh subcarrier. Frekuensi 38KHz ini dibagi dua lagi oleh pencacah JK kedua CD4027 sehingga didapat frekuensi 19KHz yang akan dipakai sebagai *Pilot* tone 19KHz. IC 4066 yang dimana IC 4066 itu sebagai pencampur multiplexer dari input yang dihasilkan osilator dengan keluaran yang sudah diolah menjadi *pilot tone* dan input yang di hasilkan dari data sinyal (baseband) dengan output sinyal gabungan (composit) menjadi satu keluaran.

C. Desain Rangkaian Osilator



Gambar 4. Rangkaian Skematik NE555

Rangkaian Osilator menggunakan IC NE555 mendapatkan nilai pembangkit frekuensi sebesar 76 kHz. Untuk mendapatkan nilai tersebut maka harus mencari nilai Kapasitor dan resistor untuk mencari frekuensi yang di inginkan dari IC NE555 sebagai pembangkit frekuensi, maka di dapatkan perhitungan sebagai berikut berikut :

Diketahui :

$$f = 76 \text{ kHz}$$

$$R1 = 18 \text{ K Ohm}$$

$$R2 = 34 \text{ K Ohm}$$

$$76 \text{ kHz} = \frac{1}{R1 + 2R2}$$

$$76 = \frac{1}{18 + 2 \cdot 34}$$

$$76 = \frac{1}{680}$$

$$= \frac{10.00147059}{76}$$

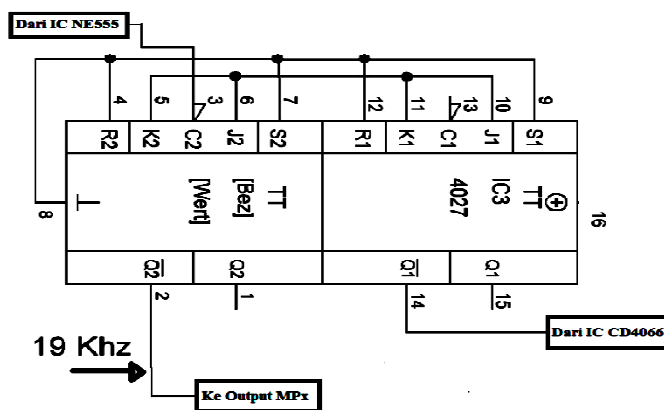
$$C = 0.00001935$$

$$C = 19.35 \times 10^{-6}$$

Jadi nilai frekuensi pembangkit Osilator dari IC NE555 di dapatkan perhitungan frekuensi sebesar 76.26 kHz dengan nilai kapasitor C 19.35 uF, Resistor 18K Ohm dan Resistor 34K Ohm.

D. Desain Rangkaian Pembagi Frekuensi

Rangkaian pembagi frekuensi merupakan rangkaian yang di dalamnya terdapat IC flip-flop untuk pembagi frekuensi yang dihasilkan dari rangkaian osilator sebesar 76kHz dan hasil dari gabungan sinyal informasi dari input kanan dan input kiri yang kemudian di olah pada IC CD 4027 sebagai IC pembagi sehingga di dapatkan frekuensi keluaran sebagai output 38kHz sebagai sub carier dan 19kHz sebagai pilot tone.



Gambar 5. Skematik IC CD4027

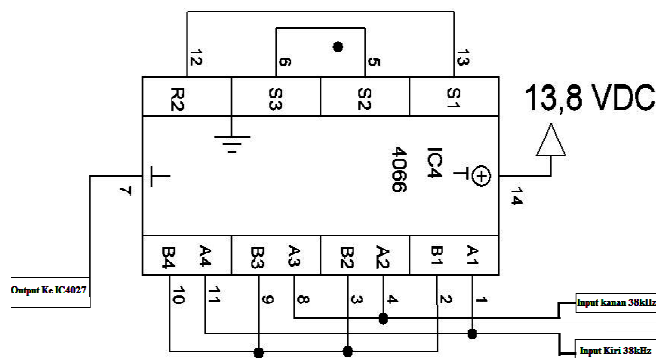
Komponen yang dibutuhkan dalam desain IC CD4027 sebagai pembagi frekuensi :

Masing-masing pin memiliki fungsi sebagai berikut :

- Pin 3 adalah masukan dari osilator IC NE555 sebagai IC timer yang menghasilkan frekuensi sebesar 76kHz yang di jadikan sebagai pembangkit frekuensi kemudian dibagi dan diolah ke IC CD4027.
- Pin 14 adalah gabungan dua sinyal dari sinyal informasi dan sinyal pembawa yang kemudian masuk ke pembagi frekuensi dan diolah pada IC CD4027 sebagai pembagi.
- Pin 2 adalah keluaran dari hasil pembagi yang menghasilkan sinyal yang sudah terbagi menjadi pilot tone sebesar 19kHz yang kemudian keluarkan ke output Mpx berupa audio.

E. Desain Rangkaian Multiplexer

Rangkaian multiplexer merupakan rangkaian yang di dalamnya terdapat IC pencampur untuk mencampur frekuensi yang dihasilkan dari inputan audio yang akan masuk ke dalam IC CD4066. Sinyal tersebut diolah di dalam IC CD4066 sehingga akan mendapatkan keluaran dua sinyal kiri dan kanan (L-R) dan keluaran sinyal tersebut sebesar L 38kHz dan R 38kHz.



Gambar 6. skematik IC CD4066

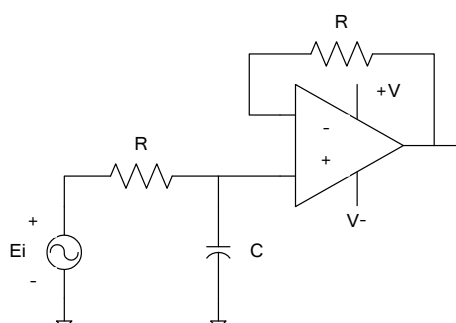
Komponen yang dibutuhkan dalam perancangan IC CD4066 :

Masing-masing pin memiliki fungsi sebagai berikut :

- Pin 4 adalah inputan kanan dari sinyal informasi berupa audio sampling yang akan di gabungkan pada pencampur IC CD4066
- Pin 1 adalah inputan kiri dari sinyal informasi berupa audio sampling yang akan di gabungkan pada pencampur IC CD4066
- Pin 7 adalah output dari hasil pencampuran yang akan di olah ke IC pembagi yang akan menghasilkan sinyal 19kHz
- Pin 14 adalah tegangan sebesar 13.8 volt yang di hubungkan ke catu daya

F. Desain Low Pass Filter

Filter Low Pass adalah sebuah rangkaian yang tegangan keluarannya tetap dari dc naik sampai ke suatu frekuensi cut-off f_c . Bersama naiknya frekuensi di atas f_c , tegangan keluarannya diperlemah (turun). Low Pass Filter sederhana bisa dibuat dengan cara merangkai seri input dengan resistor kemudian dihubungkan dengan kapasitor kemudian di groundkan.



Gambar 7. Skematik LPF menggunakan IC op-amp

LPF (low pass filter) pada stereo encoder ini memiliki rentang frekuensi dari (50 Hz – 15 kHz) sebagai referensi dari sinyal audio (L + R), sehingga sebelumnya kita harus mendapatkan nilai frekuensi *cut-off* nya terlebih dahulu, Setelah nilai frekuensi *cut-off* (f_c) didapatkan maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan apakah nilai resistor yang dipakai sesuai pada rangkaian tersebut.

Dengan nilai kapasitor C sebesar 470 pF dan untuk menghasilkan frekuensi cut-off sebesar 33.75 kHz untuk audio kiri, maka diperoleh perhitungan untuk menentukan nilai resistor R yang terdapat pada rangkaian:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

$$33.75 = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot 470 \times 10^{-12}}$$

$$R = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

$$R = \frac{1}{2\pi \cdot 33.75 \times 10^3 \cdot 470 \times 10^{-12}}$$

$$R = \frac{1 \times 10^9}{99616.5 \times 10^9}$$

$$R = \frac{1 \times 10^9}{99616.5}$$

$$= 10.033 \times 10^3 \Omega$$

$$= 10.03 \text{ k}\Omega$$

Jadi Resistor yang di gunakan dalam rangkaian LPF (low pass filter) 10K karena disini Resistor 10.10K Ω tidak ada maka yang di gunakan nilai yang mendekati.

Dengan nilai kapasitor C sebesar 220 pF dan untuk menghasilkan frekuensi cut-off sebesar 22.81 kHz untuk audio kanan, maka diperoleh perhitungan untuk menentukan nilai resistor R yang terdapat pada rangkaian:

$$f_c = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

$$21.81 = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot 220 \times 10^{-12}}$$

$$R = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

$$R = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 21.81 \times 10^3 \times 220 \times 10^{-12}}$$

$$R = \frac{1 \times 10^9}{30132.6 \times 10^9}$$

$$R = \frac{1 \times 10^9}{99616.5}$$

$$= 33.18 \times 10^3 \Omega$$

$$= 33.18 \text{ k}\Omega$$

Jadi Resistor yang digunakan dalam rangkaian LPF (low pass filter) 3K3 karena perhitungan ini didapatkan nilai Resistor 33.18 K Ω

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian rangkaian Osillator

Hasil Pengujian Rangkaian Osillator 76.08kHz

Tabel 1 berikut ini menunjukkan hasil dari pengujian rangkaian oscillator menggunakan IC NE555.

Tabel 1 Hasil Pengujian Nilai Error pada Rangkaian Osilator

t	Pengujian Menggunakan Multimeter (kHz)	Nilai Error menggunakan Multimeter (%)	Pengujian Menggunakan Osiloskop (kHz)	Nilai Error menggunakan osiloskop (%)
20	76.08	0.10	76.21	0.27
40	76.14	0.18	76.26	0.34
60	76.02	0.02	76.28	0.36
Rata-rata		0.1%		0.35%

B. Pengujian Rangkaian Pembagi

Tabel 2 dan Tabel 3 berikut ini menunjukkan hasil dari pengujian pembagi.

Tabel 2. Hasil Pengujian Nilai Error Pada Rangkaian Pembagi 38kHz

t	Pengujian Menggunakan Multimeter (kHz)	Nilai Error menggunakan Multimeter (%)	Pengujian Menggunakan Osiloskop (kHz)	Nilai Error menggunakan osiloskop (%)
20	38.06	0.15	38.10	0.26
40	38.12	0.31	38.04	0.10
60	38.04	0.10	38.14	0.36
Rata-rata		0.18%		0.24%

Tabel 3. Hasil Pengujian Nilai Error pada Rangkaian Pembagi 19kHz

t	Pengujian Menggunakan Multimeter (kHz)	Nilai Error menggunakan Multimeter (%)	Pengujian Menggunakan Osiloskop (kHz)	Nilai Error menggunakan osiloskop (%)
20	19.02	0.10	19.02	0.10
40	19.00	0	19.01	0.05
60	19.01	0.05	19.04	0.21
Rata-rata		0.05%		0.12%

C. Pengujian Rangkaian Multiplexer

Tabel 4 dan Tabel 5 berikut ini menunjukkan hasil dari pengujian rangkaian Multiplexer dengan Inputan Kiri dan kanan

Tabel 4. Hasil Pengujian Nilai Error pada Rangkaian Multiplexer dengan Inputan Kiri

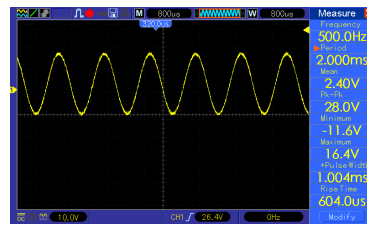
t (menit)	Pengujian Menggunakan Multimeter (kHz)	Nilai Error menggunakan Multimeter (%)
10	38.06	0.15
40	38.02	0.05
60	38.04	0.10
Rata-rata		0.1%

Tabel 5. Hasil Pengujian Nilai Error pada Rangkaian Multiplexer dengan Inputan Kanan

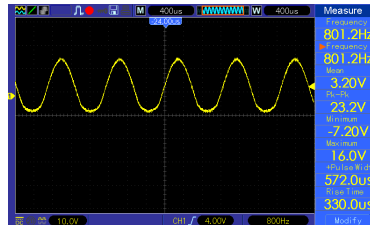
t (menit)	Pengujian Menggunakan Multimeter (kHz)	Nilai Error menggunakan Multimeter (%)
10	38.07	0.18
40	38.03	0.07
60	38.04	0.10
Rata-rata		0.11%

D. Hasil Pengujian Menggunakan Inputan Data Informasi Audio

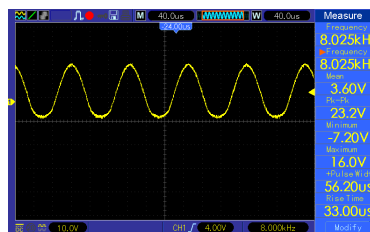
Pengujian ini menggunakan Osiloskop Digital untuk mengetahui hasil Input data informasi berupa suara audio yang di buat melalui audacity dengan data sebesar 500Hz, 800H, 8000kHz dan 11025kHz yang nantinya di campurkan dengan sinyal pembawa dari pembangkit sinyal osilator dari bentuk sinyal data informasi tersebut menunjukkan hasil sinyal sinus dan sinyal campuran dari data informasi audio dan sub-carrier (sinyal pembawa) yang dihasilkan dari osilator.



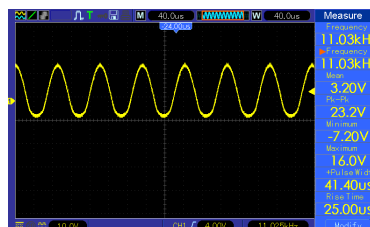
Gambar 8. Hasil Pengujian Bentuk Sinyal Audio Kiri dan Kanan dengan inputan 500Hz



Gambar 9. Hasil Pengujian Bentuk Sinyal Audio Kiri dan Kanan dengan inputan 800Hz

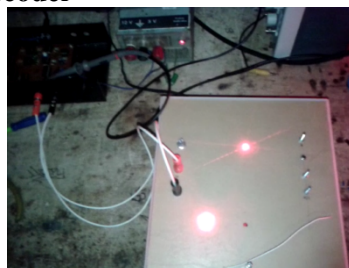


Gambar 10. Hasil Pengujian Bentuk Sinyal Audio Kiri dan Kanan dengan inputan 8000kHz



Gambar 11. Hasil Pengujian Bentuk Sinyal Audio Kiri dan Kanan dengan inputan 11.025kHz

E. Hasil Pengujian Encoder to Decoder



Gambar 12. Hasil Pengujian Encoder to Decoder

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan didapatkan bahwa rangkaian stereo encoder dan rangkaian stereo decoder terhubung dengan baik yang mana suara yang dihasilkan sudah menunjukkan hasil suara berupa stereo dan rangkaian stereo decoder bisa mendeteksi frekuensi pilot tone yang dihasilkan oleh rangkaian stereo encoder dengan lampu LED yang menyala dan hasil frekuensi 19 kHz yang ditunjukkan pada osiloskop digital.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

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

1. Desain stereo encoder dapat terealisasi menggunakan IC NE555 sebagai pembangkit frekuensi/osilator, IC UA741 sebagai penguat yang terdapat low pass filter, IC CD4066 sebagai pencampur dari sinyal pembawa, IC CD4027 sebagai pembagi frekuensi yang dihasilkan oleh osilator.
2. Frekuensi yang dihasilkan dari pembangkit frekuensi tidak stabil dikarenakan menggunakan IC NE555 yang didalamnya terdapat nilai R dan nilai C untuk merubah nilai frekuensi yang diinginkan agar persisi maka di butuhkan perhitungan.
3. Frekuensi yang 19kHz tercampur dengan frekuensi pembawa 38kHz yang menggunakan IC CD4066.
4. Hasil audio yang di hasilkan oleh stereo encoder sudah menunjukan stereo.
5. Kesimpulan dari keseluruhan pengujian didapatkan % eror. Pada pengujian osilator sebesar 0.10%, pada pengujian pembagi sebesar 0.15%, pada pengujian multiplexer 0.05%. Nilai tersebut masih dalam batas kewajaran dalam sebuah perencanaan dan pembuatan suatu alat. Karena batas ambang maksimum kewajaran suatu alat yang dibuat sebesar 5% dan jika nilai erornya melebihi 5% maka suatu alat tersebut dianggap gagal. Alat ini masih banyak kekuarangan terutama dalam pengujian alat, untuk lebih lanjut alat ini perlu di uji coba kembali.

B. Saran

Untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya, agar lebih sempurna dalam pengembangan skripsi ini maka penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Untuk audio stereo encoder dapat di pergunakan sebagai siaran dengan penyempurnaan dengan menggunakan stereo encoder yang lebih tinggi kualitasnya.
2. Frekuensi osilator dapat di perbesar dengan menggunakan Kristal agar hasil audio nya lebih menunjukan kualitas yang bagus.
3. Dari desain sistem yang telah direalisasikan pada penelitian ini, diharapkan dapat menjadi dasar penelitian lebih lanjut, mengingat banyaknya keterbatasan yang dihadapi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Coughlin Robert F, Driscoll Frederick F, Herman Widodo Soemitro, 1992. *Penguat Operasional Dan Rangkaian Terpadu Linier*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [2]. Dalmasius N. A. P, September 2003. Penggunaan SCA Pada Sistem Penyiaran Radio Fm Untuk Pengiriman Data Teks. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang*.
- [3]. Dennis Roddy, Kamal Idris, John Coolen, 1984. *Komunikasi Elektronika*.
- [4]. Hughes Frederick W, Ignitius Hartono, 1994. *Panduan Op-Amp*, Penerbit Elex Media Komputindo, Jakarta.
- [5]. Malvino, Albert Paul, Leach, Donald P, Irwan Wijaya, Ir, 1982. *Prinsip-Prinsip Dan Penerapan Digital*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [6]. Pavel STRANAK. 1993. *New Methods Of Stereo Encoding For Fm Radio Broadcasting Based On Digital Technology*. Phobos Engineering s.r.o., podnikatelska praha, Czech Republic.
- [7]. Usman U. K. 2010. *Pengantar Telekomunikasi*. Bandung: Informatika Bandung.
- [8]. Wasito Suyono, 1992. *Data Sheet Book 1, Data Ic Linier, Ttl Dan Cmos : (Kumpulan Data Penting Komponen Elektronika)*, Elek Media Komputindo, Jakarta.