JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering)

Available online <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jite> DOI : 10.31289/jite.v4i2.4411

Received: 01 November 202

Accepted: 13 January 2021

Published: 18 January 2021

Design and Simulation of Analog Modulation with the Infinite Impulse Response Method

Indra Yadi^{1*)}, Rina Anugrahwy¹⁾

1)*)Prodi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan, Indonesia

*Corresponding Email: rinaa.key007@gmail.com

Abstrak

Materi dasar dalam praktikum Dasar Telekomunikasi I bersifat dasar suatu sinyal. Sinyal yang diberikan ke sistem atau rangkaian, keluarannya diukur oleh osiloskop dan/atau spectrum analyzer. Rangkaian dasar sistem analog dalam telekomunikasi meliputi filter, penguat, osilator dan mixer. Menurut penelitian rancangan filter terdahulu yang telah dilakukan, kemudian dilanjutkan kepada penelitian karakteristik penguat dan mixer analog pada modul ED-2950P. Penguat dan mixer dikelompokkan menurut RF, IF dan daya. Rangkaian dibangun berbasis IC 555, $\mu 741$ atau LM348 terbaru dan didukung generator sinyal, 10 MHz, 50 MHz. bentuk gelombang dan analisa respon frekuensi menggunakan Osiloskop digital, 100 MHz. Rancang bangun rangkaian tersebut diiringi dengan program simulasi menggunakan MATLAB dengan metode IIR, keduanya akan dibandingkan hasilnya. Hasilnya cukup memadai dengan faktor *error* bervariasi rata-rata 0,0964 Vpp sampai 0,236 Vpp dan standar deviasi dari 0,070 Vpp sampai 0,0340 Vpp untuk tegangan masukan 1 Vpp. Mixer terdiri dari modulator AM,

Kata Kunci: Simulasi, Filter, Osilator, Penguat, Mixer.

Abstract

This research is based on one of the roadmaps of the Telecommunication Engineering study program, Electrical Engineering Department, Medan State Polytechnic. The basic material in Basic Telecommunication I practice is the basis of a signal. The signal that is given to a system or circuit, the output of which is measured by an oscilloscope and / or spectrum analyzer. The basic range of analogue systems in telecommunications includes filters, amplifiers, oscillators and mixers. According to previous filter design research that has been carried out, then proceed to research on the characteristics of the analogue amplifier and mixer on the ED-2950P module. Amplifiers and mixers are classified according to RF, IF and power. The circuit is built based on the latest IC 555, $\mu 741$ or LM348 and is supported by a signal generator, 10 MHz, 50 MHz. Waveform and frequency response analysis using a digital oscilloscope, 100 MHz. The design of the circuit is accompanied by a simulation program using MATLAB with the IIR method, both results will be compared. The results are quite adequate with a factor error varies on average 0.0964 Vpp to 0.236 Vpp and standard deviation from 0.070 Vpp to 0.0340 Vpp for 1 Vpp input voltage. The mixer consists of an AM modulator,

Keywords: Simulation, Filter, Oscillator, Amplifier, Mixer.

How to Cite: Yadi, R., & Anugrahwy, R. (2021). Design and Simulation of Analog Modulation with the Infinite Impulse Response Method. *JITE (Journal Of Informatics And Telecommunication Engineering)*. 4 (2): 310-316.

I. PENDAHULUAN

Sarana praktikum mahasiswa prodi teknik telekomunikasi jurusan teknik elektro Politeknik Negeri Medan yang ada sudah banyak ketinggalan zaman baik sisi teknologinya maupun metode pengajarannya (tidak perlu). Hal ini menuntut akan kebutuhan penyempurnaannya sesuai *roadmap* prodi. Sinyal audio dalam telekomunikasi merupakan basis dasar sumber informasi analog dibatasi oleh filter dengan kanal frekuensi 0-4 kHz. Sinyal ini ditransmisikan melalui proses modulasi, penguatan, atenuasi dan pengolahan sinyal lainnya menuju penerima. Secara teknologi terus mengalami peningkatan kualitas dan aplikasinya.

Laboratorium sebagai tempat uji dan pengembangan sistem tersebut juga dituntut penyempurnaannya. Pada penelitian lain, survey yang telah dilakukan, 52 % mahasiswa Program S1 dan S2 ITB menyatakan puas terhadap penyampaian semua materi kuliah perlu disampaikan dalam bentuk

modul yang atraktif dan interaktif (letakkan daftar pustaknya). Salah satu bentuk penyajian pengajaran tersebut adalah simulasi suatu sistem. Dengan sarana praktik terbatas dapat dibantu dengan simulasi dapat memberi pengajaran lebih optimal. Umumnya menggunakan filter aktif sangat luas, untuk membatasi lebar jalur yang diperlukan sistem dan bekerja pada daerah frekuensi rendah kanal 0 – 4 kHz. Suatu analisa filter lebih menekankan kepada karakteristik respons frekuensi kompleks yang terdiri atas besaran (magnitude) dan fasa. Titik pusat respons dapat digeser sesuai kebutuhan dalam sistem telekomunikasi sampai pada batas IF Dalam rancangan umumnya menggunakan beberapa jenis respon, seperti respon Butterworth. Perancangan program simulasi dengan metode IIR yang sesuai diterapkan pada sistem analog pada rangkaian filter, penguat, osilator dan mixer diharapkan dapat memberi hasil perbedaan sangat kecil dibandingkan hasil pengukuran sebenarnya. (Addina, 2018).

II. STUDI PUSTAKA

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, Analisa Filter Aktif Dalam Sistem Operasi Audio Dengan Pendekatan Respons Waktu, metode ini mampu menghasilkan perbedaan pengukuran 2,5 % dibandingkan dengan metode fungsi transfer LTI. Metode ini menyajikan penyederhaan analisa suatu pengukuran suatu respons frekuensi terhadap pengukuran real. Metode ini juga dapat diterapkan terhadap analisa pengukuran rangkaian penguat, osilator dan mixer. (William, 2006).

Dalam Telekomunikasi, aliran suatu sinyal informasi, rangkaian harus memenuhi syarat : (Smith, 2001).

1. *Tuning*, reaktansi total adalah nol pada frekuensi tertentu (resonansi), dan
2. *Matching impedance*, supaya menghasilkan transfer daya maksimum.

A. Filter

Gambar 1. Sistem LTI

Bila $h(t)$ adalah respons impuls pada sistem LTI dan masukannya $\delta(t)$, maka: (Wijayanti, 2014).

$$h(t) = F[h(t)] \quad (1)$$

Sedangkan $H(f)$ adalah respons frekuensi pada sistem adalah

$$Y(f) = X(f)H(f) \quad (2)$$

dimana transformasi Fourier $X(f) = F[x(t)]$, $Y(f) = F[y(t)]$ dan $H(f) = F[h(t)]$. Fungsi transfer atau respons frekuensi,

$$H(f) = \frac{Y(f)}{X(f)} \quad (3)$$

Pasangan transformasi Fourier,

$$h(t) \longleftrightarrow H(f)$$

Secara umum, kuantitas kompleks dapat ditulis,

$$H(f) = |H(f)| e^{j\angle H(f)} \quad (4)$$

dimana $|H(f)|$ adalah respons amplitudo, dan

$$\theta(f) = \angle H(f) = \tan^{-1} \left[\frac{\text{Im}\{H(f)\}}{\text{Re}\{H(f)\}} \right] \quad (5)$$

adalah respons fasa.

Power Spectral Density (PSD) dinyatakan oleh

$$P_w(f) \triangleq \lim_{T \rightarrow \infty} \left(\frac{|W_T(f)|^2}{T} \right) \quad (\text{W}) \quad (6)$$

dimana transformasi Fourier, $w(t) \Leftrightarrow W(f)$, PSD dan fungsi autokorelasi, $R_w(\tau)$ dalam pasangan transformasi Fourier, yaitu: (Ifeachor, 2002).

$R_w(\tau) \rightarrow P_w(f)$, dimana $P_w(f) = F[R_w(\tau)]$.

$$R_w(\tau) \triangleq \langle w(f)w(t+\tau) \rangle = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} w(t)w(t+\tau) d\tau \quad (7)$$

Karakteristik filter dapat dirancang dengan program simulasi diantaranya filter Butterworth dan Bessel, sebagaimana ditunjukkan oleh tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik beberapa filter.

Jenis Optimasi	Karakteristik Fungsi Transfer	Kriteria
Butterworth	$ H(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + (f/f_c)^{2n}}}$ n orde	Kegiatan secara maksimal $f \rightarrow 0$
Chebyshev	$ H(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + \varepsilon^2 C_n^2(f/f_c)}}$ ε = konstanta rancangan $C_n(f)$ = orde ke-n $C_n(x) = 2xC_{n-1}(x) - C_{n-2}(x)$ dimana $C_0(x) = 1$; $C_1(x) = x$	Dalam passband memberikan ripple puncak ke puncak

B. Penguat

Rangkaian dasar penguat biasanya dibangun oleh transistor dan untuk operasi pada frekuensi rendah (dibawah 100 MHz) dibangun oleh Operational Amplifier), gambar 2 *gain* suatu penguat dinyatakan oleh persamaan. (Mooniarsih, 2010).

Gambar 2. Gain Penguat

$$|H(f)| = \frac{R_f}{R_{in}} \quad (8)$$

Besaran penguat tergantung kepada perbandingan resistansi R_f dan R_{in} pada frekuensi tertentu. (Freeuk, 2011).

C. Osilator

Osilator adalah suatu perangkat pembangkit sinyal, digunakan sebagai sumber sinyal penggerak rangkaian untuk berbagai keperluan. Untuk kebutuhan laboratorium tersedia dalam bentuk *Voltage Controlled Oscillator* (VCO), suatu sumber sinyal ac dengan frekuensi dapat diatur oleh level tegangan DC

dari Kontrol eksternal maupun internal, gambar 3. Karakteristik keluaran diukur frekuensi dari bentuk sinyal dan atenuasi. Gain keluaran osilator adalah: (Putra, 2013).

$$A(dB) = 10^{10} \log \frac{P_o(W)}{P_i(W)} = 20^{10} \log \frac{V_o(V)}{V_i(V)} \quad (9)$$

Gambar 3. Voltage Controlled Oscillator (VCO)

D. Mixer

Adapun simbol dari mixer adalah penjumlahan dan perkalian adalah sebagai berikut:

Gambar 4. Mixer Penjumlahan dan Perkalian

Adapun persamaan dari mixer adalah: (Grover, 1999).

$$v_m(t) = V_m \sin 2\pi f_m t(V) \text{ dan } v_c(t) = V_c \sin 2\pi f_c t(V), \text{ maka mixer jumlah adalah:} \\ v_m(t) = V_c \sin 2\pi f_c t + V_m \sin 2\pi f_m t \quad (V) \quad (10)$$

Arus yang dihasilkan, dinyatakan oleh:

$$i_d(t) = a + bv_{mix}^2(t) \approx bv_{mix}^2(t) = b[V_c^2 \sin^2 2\pi f_c t + V_m^2 \sin^2 2\pi f_m t](A)$$

$$..... = b[V_c^2 \sin^2 2\pi f_c t + 2V_c \sin 2\pi f_m t V_m \sin 2\pi f_m t + V_m^2 \sin^2 2\pi f_m t](A)$$

Persamaan ini terdapat komponen frekuensi f_c , f_m , f_c+f_m dan f_c-f_m . Dengan menambah rangkaian low pass filter, keluaran sinyal hanya memilih bagian IF (*Intermediate Frequency*) atau frekuensi antara, f_c-f_m atau:

$$i_d(t) = b \left\| \frac{V_c V_m}{2} \right\| \cos 2\pi (f_c - f_m) t(A) \quad (12)$$

Pada rangkaian mixer menggunakan transistor, besaran arus ini, (Lidyawati, 2016).

$$|i_d(t)| = g_m V_m(A) \quad (13)$$

dimana g_m adalah transkonduktansi penguat dan nilai ini ditentukan oleh spesifikasi penguat. Sementara itu mixer kali,

$$v_m(t) = V_c \sin 2\pi f_c t * V_m \sin 2\pi f_m t \\ = g_c v_m(t) \quad (14)$$

dimana g_c adalah transkonduktansi kali pada transistor.

III. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian ini dilakukan sebagai berikut :

1. Menyiapkan komponen dan bahan yang diperlukan untuk perancangan, seperti IC 555, 741 atau LM348 sebagai IC utama dan komponen resistor dan kapasitor pendukung
2. Menyiapkan Modul ED-2950P, *Function Generator* 500MHz, dan Osiloskop Digital 500MH
3. Menyiapkan keperluan program dasar simulasi dengan MATLAB.

4. Melakukan pengukuran aliran sinyal dari sumber informasi, *function generator*, pada rangkaian LPF, HPF, BPF, BSF, penguat IF, mixer (jumlah dan kali), penguat daya serta osilator sebagai pembangkit gelombang pembawa. Kemudian dengan rangkaian dan parameter serupa disimulasikan dengan metode IIR pada MATLAB. Membuat rancangan rangkaian masing-masing dan melakukan pengukuran respons waktu sesuai nilai peubah yang diperlukan.
5. Membuat analisa dan kesimpulan hasil.

Metode transformasi *bilinier* untuk rancangan filter IIR dapat dibangun dari rancang Butterworth dan Chebyshev yang tersedia dalam simulator MATLAB. Persamaan umum luaran. Fungsi transfer filter IIR adalah

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{b_0 + b_1x(n-1)z^{-1} + \dots + b_Mx(n-M)z^{-M}}{1 + a_1z^{-1} + \dots + a_Nz^{-N}}$$

dimana b_i dan a_i adalah masing-masing numerator ($M+1$) dan koefisien denominator N . $Y(z)$ dan $X(z)$ adalah fungsi transformasi z pada masukan $x(n)$ dan keluaran $y(n)$ pada filter.

Pada titik ini, kita dapat menandai bahwa keluaran filter IIR, $y(n)$ tidak hanya tergantung kepada masukan $x(n)$ dan masukan sebelumnya $x(n-1)$ tetapi juga pada keluaran sebelumnya $y(n-1)$ dan seterusnya. Fungsi transfernya adalah perbandingan polinomial numerator dan polinomial denominator, dan respons impuls memiliki jumlah tak terbatas (infinite). Sewaktu fungsi transfer memiliki polinomial denominator, maka kutub filter IIR harus berada didalam unit lingkaran bidang- z didalam stabilitasnya. Filter IIR ini memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan rancangan FIR (*Finite Invinite Response*), sehingga dalam operasi perhitungan juga lebih sedikit, tetapi akan lebih sulit untuk memperoleh fasa linier. Akan tetapi dalam penerapan aliran sinyal komunikasi tidak begitu memerlukan fasa tersebut.

Rancangan penelitian dilakukan dua rancangan, yaitu:

1. Rancangan rangkaian filter, penguat, osilator dan mixer bersumber dari modul ED-2950P.
2. Program simulasi MATLAB R2009a yang menggunakan fungsi petunjuk GUI (*Graphical User Interface*). Semua perintah tertuang dalam Guide. Langkah awal adalah membuat flow chart sistem, kemudian memasukkan persamaan fungsi transfer sesuai fungsi dan operator menurut Guide, akhirnya eksekusi melalui GUI tersebut.
3. Kedua hasil ini dibandingkan dan menganalisa perbedaannya dengan metode auto korelasi.

Gambar 5. Flowchart pada MATLAB

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengukuran

Hasil Pengukuran lengkap ditunjukkan pada lampiran 10. Secara umum faktor *error* hasil pengukuran rangkaian sebenarnya dan simulasi dapat ditabulasikan sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengukuran Filter

No	Jenis Filter	Nilai Komponen	Rata-rata	Standar Deviasi
1	LPF	R = 100 kΩ; C = 0.01 μF	0,0767	0.0554
2		R = 100 kΩ; C = 0.01 μF	0.1317	0.2056
3	HPF	R = 100 kΩ; C = 0.01 μF	0.0943	0.1469
4		R = 100 kΩ; C = 0.01 μF	0.0943	0.1469
	Rata-rata		0.0964	
	Standar Deviasi			0.0340

Tabel 3. Hasil Pengukuran Pada Penguat

No	Nilai Komponen	Rata-rata	Standar Deviasi
1	$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$	0.083	0.0437
2	$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 200 \text{ k}\Omega$	0.087	0.0633
3	$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 500 \text{ k}\Omega$	0.265	0.123
4	$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$	0.509	0.200
Rata-rata		0.236	
Standar Deviasi			0.070

Tabel 4. Hasil Pengukuran Pada Osilator

No	Nilai Komponen	Rata-rata	Standar Deviasi
1	$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$	0.083	0.0437
2	$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 200 \text{ k}\Omega$	0.087	0.0633
3	$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 500 \text{ k}\Omega$	0.265	0.123
4	$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$	0.509	0.200
Rata-rata		0.236	
Standar Deviasi			0.070

Hasil pengukuran dengan menggunakan jenis osilator Colpitts dan Hartley, masing-masing dengan dua variabel komponen. Nilai rata-rata error adalah 0,142 dan standar deviasi 0,109. Berikut beberapa percobaan pada mixer adalah sebagai berikut:

Percobaan1 :
 enter the msg frequency = 5
 enter the msg amplitude = 5
 enter carrier signal frequency = 100
 enter amplitude of carrier signal = 15

Percobaan2 :

enter the msg frequency = 10
 enter the msg amplitude = 5
 enter carrier signal frequency = 100
 enter amplitude of carrier signal = 15

enter the msg amplitude = 5
enter carrier signal frequency = 100
enter amplitude of carrier signal = 15

enter the msg frequency = 40
enter the msg amplitude = 5
enter carrier signal frequency = 100
enter amplitude of carrier signal = 15

B. Analisis Data

Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel 4.1, bahwa filter dengan memilih variabel rancangan terbatas dapat menghasilkan faktor error relatif kecil, 0,0964 Vpp dan standar deviasi 0,0340 Vpp untuk tegangan masukan 1Vpp dan variasi frekuensi disekitar *cut off*. Sedangkan pada penguat dengan gain 1, 2, 5 dan 10 kali dengan tegangan masukan 1 Vpp menunjukkan perubahan error bervariasi dan secara keseluruhan rata-rata *error* adalah 0,236 Vpp dan standar deviasi 0,070 Vpp. Faktor *error* ini lebih kecil dari filter. Sedangkan osilator, memiliki tingkat faktor *error* sama dengan penguat.

V. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisis data yang telah dilakukan, maka faktor *error* dengan metode pengukuran dan simulasi dengan rata-rata bervariasi dari 0,0964 Vpp sampai 0,236 Vpp dan standar deviasi dari 0,070 Vpp sampai 0,0340 Vpp, dan faktor *error* pada penguat dan osilator lebih rendah dari filter.

DAFTAR PUSTAKA

- Addina, A.A.V., Heru, Y.P.I., & Mas'udi, P.E. (2018). Implementasi Filter Finite Impulse Response Pada DSK TMS320C6713 Transceiver Menggunakan Teknik Windowing. *Jurna JARTEL*. 6(1): 1-8.
- Freeuk. (2011). An Introduction to Digital Filter. <http://www.dsptutor.freeuk.com/dfilt1>, access on november, 2011.
- Grover, D., & Deller, J.R. (1999). *Digital Signal Processing and The Microcontroller*. USA : Motorola University Press.
- Ifeachor, E. C., & Jervis, B. W. (2002). *Digital Signal Processing: A Practical Approach*, ser. 2nd Edition. England: Pearson Education Limited.
- Ifeachor, E.C., & Jervis B.W., (1993). *Digital Signal Processing A Practical Approach*, New York, Addison-Wesley.
- Ingle, V.K., & Proakis, J.G. (2007). *Digital Signal Processing using MATLAB*. Canada : Thomson.
- Kuc, R. (1988). *Introduction to Digital Signal Processing*, Singapore, McGraw-Hill.
- Lidayawati, L, Darlis, A.R., & Romadoni, S.I. (2015). Implementasi Filter Infinite Impulse Response (IIR) Dengan Respon Elliptic dan Bessel Menggunakan DSK TMS320C6713. *Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan*. 2(2): 139 – 145.
- Lidayawati, L, Rahmiati, P., & Sunarti, Y.(2016). Implementasi Filter Finite Impulse Response (FIR) Window Hamming dan Blackman menggunakan DSK TMS320C6713. *Jurnal Elkomika*, 4(1): 16-30.
- Mooniarsih, N.T. (2010). Desain dan Simulasi Filter FIR Menggunakan Metode Windowing. 2(1): 41-47.
- Putra, R.J., Rifan, M., & Setyawan, R.A. (2013). Implementasi Filter Digital FIR (Finite Impulse Response) Pada Field Programmable Gate Arrays (FPGA). *Jurnal Mahasiswa TEUB*. 1(3): 1-5.
- Smith, W.S. (2001). *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*. www.dspguide.com/ch14.pdf.
- Wijayanti, M. (2014). Merancang dan Mensimulasi Infinite Impulse Response Chebysev Low-Pass Digital Filter Menggunakan Perangkat FPGA. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*. 19(3): 24-34.
- Williams, A.B., & Taylor, F.J. (2006). *Electronic Filter Design Handbook 4ed*. McGraw-Hill, 2006.