

PERCOBAAN 9

DIGITAL TO ANALOG CONVERTER

9.1. TUJUAN :

Setelah melakukan percobaan ini mahasiswa diharapkan mampu

- Menjelaskan proses perubahan dari sistem digital ke analog
- Membuat rangkaian DAC Binary-weighted
- Membuat rangkaian DAC R-2R Ladder

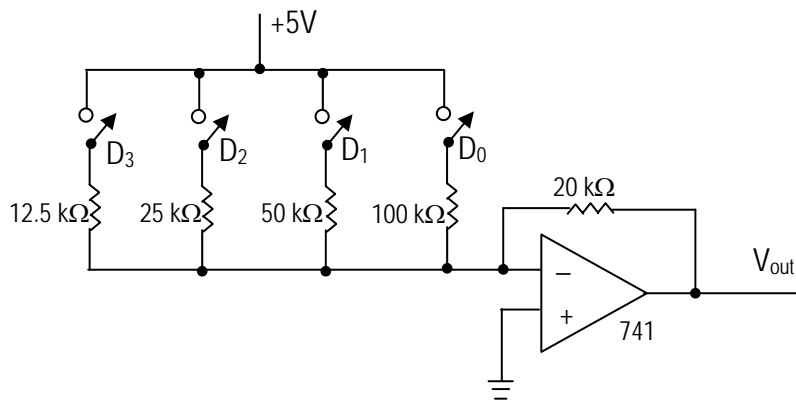
9.2. PERALATAN / KOMPONEN :

- Modul Digital Application Trainer (EFT-DTX-7) dari Labtech

9.3. TEORI :

9.3.1. Binary-weighted Digital-to-Analog Converter

Sebuah rangkaian *Binary-weighted DAC* dapat disusun dari beberapa Resistor dan *Operational Amplifier* seperti gambar 9.1. Resistor $20\text{ k}\Omega$ menjumlahkan arus yang dihasilkan dari penutupan *switch-switch* D_0 sampai D_3 . Resistor-resistor ini diberi skala nilai sedemikian rupa sehingga memenuhi bobot biner (*binary-weighted*) dari arus yang selanjutnya akan dijumlahkan oleh resistor $20\text{ k}\Omega$. Dengan menutup D_0 menyebabkan arus $50\text{ }\mu\text{A}$ mengalir melalui resistor $20\text{ k}\Omega$, menghasilkan tegangan 1 V pada V_{out} . Penutupan masing-masing *switch* menyebabkan penggandaan nilai arus yang dihasilkan dari *switch* sebelumnya. Nilai konversi dari kombinasi penutupan *switch* ditunjukkan pada Tabel 9.1.



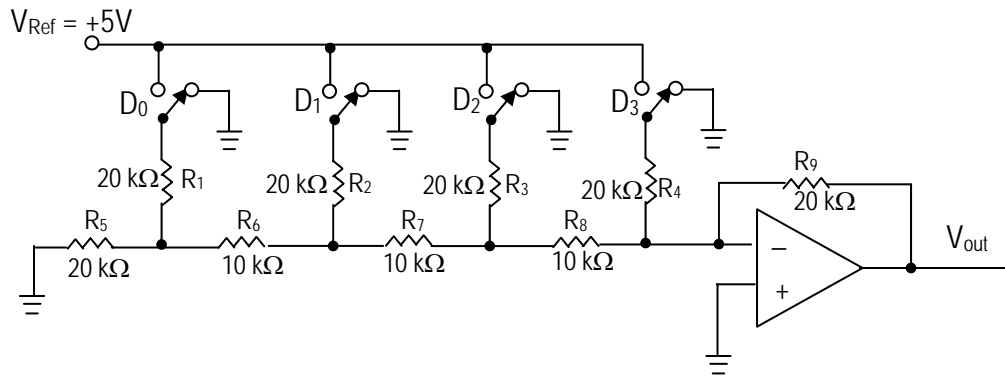
Gambar 9.1. Binary-weighted D/A Converter

Tabel 9.1. Konversi dari nilai digital ke nilai analog berdasarkan rangkaian gambar 9.1

D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	V _{out} (-V)
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	10
1	0	1	1	11
1	1	0	0	12
1	1	0	1	13
1	1	1	0	14
1	1	1	1	15

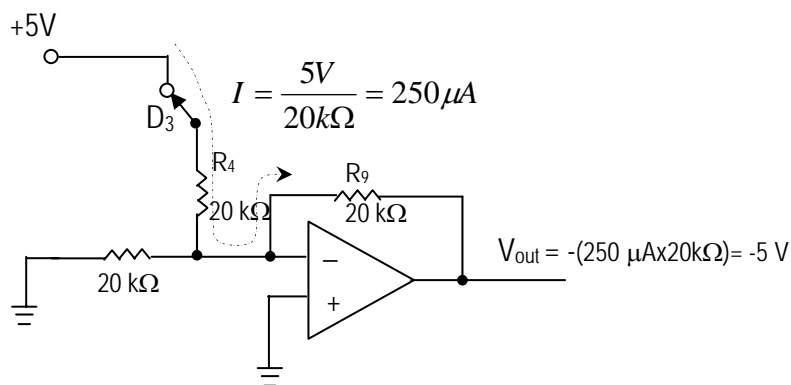
9.3.2. R/2R Ladder Digital-to-Analog Converter

Metode lain dari konversi Digital to Analog adalah *R/2R Ladder*. Metode ini banyak digunakan dalam IC-IC DAC. Pada rangkaian *R/2R Ladder*, hanya dua nilai resistor yang diperlukan, yang dapat diaplikasikan untuk IC DAC dengan resolusi 8,10 atau 12 bit. Rangkaian *R/2R Ladder* ditunjukkan pada gambar 9.2.



Gambar 9.2. Rangkaian $R/2R$ Ladder DAC

Prinsip kerja dari rangkaian $R/2R$ Ladder adalah sebagai berikut : informasi digital 4 bit masuk ke *switch* D_0 sampai D_3 . *Switch* ini mempunyai kondisi “1” (sekitar 5 V) atau “0” (sekitar 0 V). Dengan pengaturan *switch* akan menyebabkan perubahan arus yang mengalir melalui R_9 sesuai dengan nilai ekuivalen biner-nya. Sebagai contoh, jika $D_0 = 0$, $D_1 = 0$, $D_2 = 0$ dan $D_3 = 1$, maka R_1 akan paralel dengan R_5 menghasilkan $10\text{ k}\Omega$. Selanjutnya $10\text{ k}\Omega$ ini seri dengan $R_6 = 10\text{ k}\Omega$ menghasilkan $20\text{ k}\Omega$. $20\text{ k}\Omega$ ini paralel dengan R_2 menghasilkan $10\text{ k}\Omega$, dan seterusnya sampai R_7 , R_3 dan R_8 . Rangkaian ekuivalennya ditunjukkan pada gambar 9.3. V_{out} yang dihasilkan dari kombinasi *switch* ini adalah -5V . Nilai kombinasi dan hasil konversinya ditunjukkan pada tabel 9.2.



Gambar 9.3. Rangkaian ekuivalen $R/2R$ Ladder

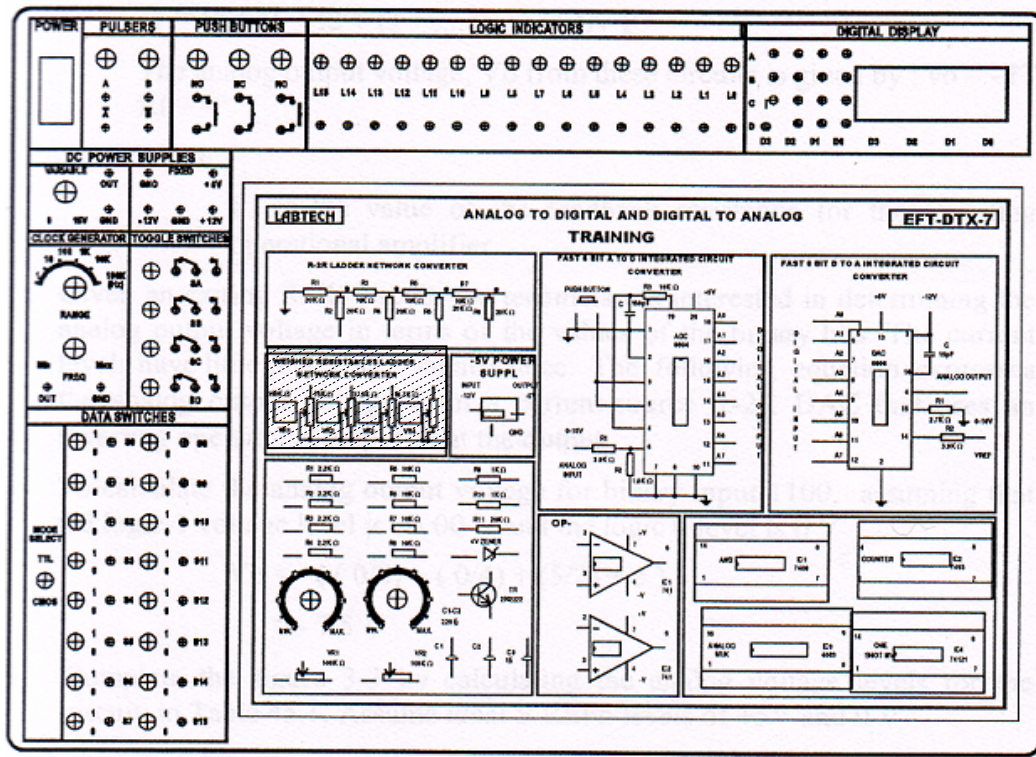
Tabel 9.2. Konversi dari nilai digital ke nilai analog berdasarkan rangkaian gambar 9.2

D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	V _{out} (V)
0	0	0	0	0.000
0	0	0	1	-0.625
0	0	1	0	-1.250
0	0	1	1	-1.875
0	1	0	0	-2.500
0	1	0	1	-3.125
0	1	1	0	-3.750
0	1	1	1	-4.375
1	0	0	0	-5.000
1	0	0	1	-5.625
1	0	1	0	-6.250
1	0	1	1	-6.875
1	1	0	0	-7.500
1	1	0	1	-8.125
1	1	1	0	-8.750
1	1	1	1	-9.375

9.4. PROSEDUR PERCOBAAN

9.4.1. Binary-weighted Digital-to-Analog Converter

1. Siapkan *Base Station* dari *Electronic Training System*. Sisipkan modul EFT-DTX-7. Pastikan bahwa power dalam posisi OFF.
2. Hubungkan kabel AC ke sumber listrik, dan pastikan bahwa modul tersebut beroperasi pada 220VA/50 Hz.
3. Buat rangkaian dengan menghubungkan bagian *weighted-resistor ladder network* Converter dengan input-input digital (di sebelah kiri bawah) dan salah satu op-amp (IC 741). Selanjutnya hubungkan output dari op amp dengan *oscilloscope*.
4. Akurasi dari DAC tergantung dari resistor-resistor-nya. Atur masing-masing nilai resistornya, berikan nilai V_{in} sebesar +5V.
5. Amati nilai V_{out} dari Op Amp saat diberikan input digital 4 bit yang bervariasi. Catat hasilnya pada Tabel 9.3.



Gambar 9.4. Konstruksi *Weighted-Resistance Ladder Network Converter* pada Modul EFT-DTX-7

Tabel 9.3. Hasil Pengukuran Konversi Digital-to-Analog dengan metode *Binary weighted DAC*

INPUT				OUTPUT
Biner				Analog
D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	Vout (V)
0	0	0	0	
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	1	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	1	0	0	
1	1	0	1	
1	1	1	0	
1	1	1	1	

9.4.2. R/2R Ladder DAC

1. Masih menggunakan modul EFT-DTX-7, siapkan rangkaian bagian *R/2R Ladder Network Converter* (lihat Gambar 9.5).
2. Sambungkan input-inputnya dengan input digital, outputnya disambungkan dengan Op Amp. Selanjutnya output Op Amp dihubungkan dengan *oscilloscope*.
3. Untuk mendapatkan nilai dari parameter-parameter arus total (I_T) dan tegangan output (V_{out}) diberikan persamaan sebagai berikut :

$$I_n = (V_{REF} n / R)(1 / 2N - n)$$

dimana :

N = jumlah total bit dari input-input biner

n = lokasi dari bit yang dicari (0,1,2,...,N-1)

V_{REF} = tegangan referensi

R = nilai resistansi R dari R/2R

I_n = arus yang melewati switch / bit ke-n

Arus total yang melewati rangkaian R/2R diberikan sebagai :

$$I_T = I_0 + I_1 + I_2 + \dots + I_{N-1}$$

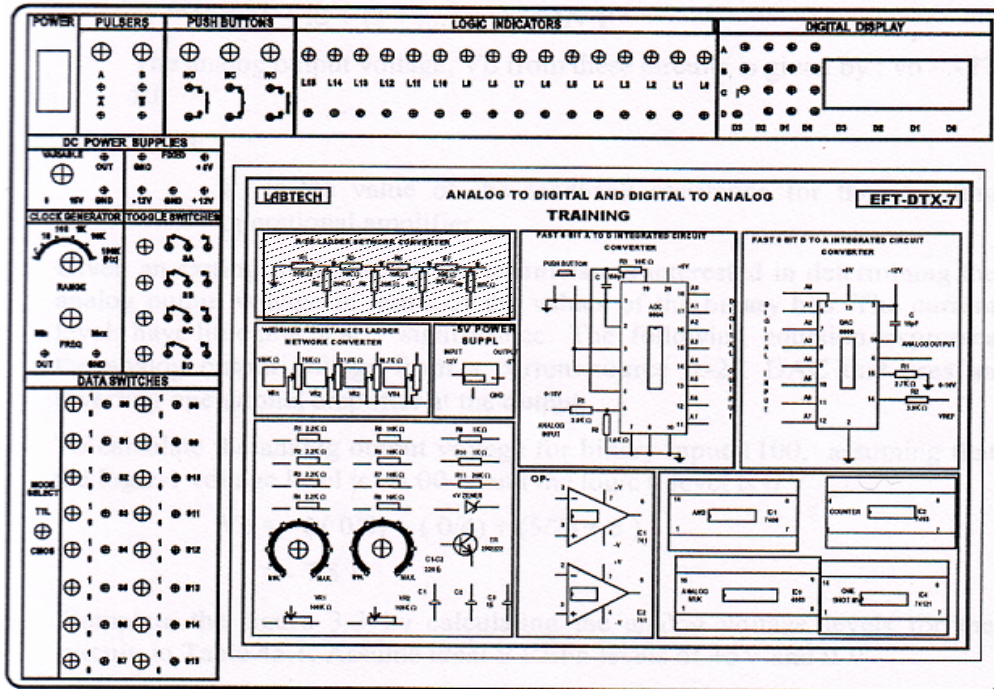
Sedangkan tegangan output dari rangkaian R/2R diberikan sebagai :

$$V_{out} = -I_T x R_f$$

dimana :

R_f = resistansi *feedback* dari *Op Amp Inverting*

4. Amati hasil keluaran *oscilloscope* terhadap perubahan nilai input digital. Catat hasilnya pada Tabel 9.4.
5. Plot hasil tegangan output (V_{out}) sebagai fungsi dari fungsi biner (0000 sampai 1111) dalam bentuk grafik.



Gambar 9.5. Konstruksi *Weighted-Resistance Ladder Network Converter* pada Modul EFT-DTX-7

Tabel 9.4. Hasil Pengukuran Konversi *Digital-to-Analog* dengan metode *R/2R Ladder DAC*

INPUT				OUTPUT
Biner				Analog
D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	V _{out} (V)
0	0	0	0	
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	1	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	1	0	0	
1	1	0	1	
1	1	1	0	
1	1	1	1	

9.5. TUGAS

1. Pada konversi DAC dengan metode *Binary-weighted Ladder*, jika resistor yang tersedia diubah-ubah nilainya, apa pengaruhnya terhadap tegangan output ?
2. Pada konversi DAC dengan metode *R-2R Ladder*, jika V_{REF} diubah dari +5V menjadi +2V, berapa tegangan output yang dihasilkan jika :

$$D_0=1, D_1=0, D_2=0, D_3=1$$

$$D_0=0, D_1=1, D_2=0, D_3=1$$

$$D_0=0, D_1=0, D_2=1, D_3=1$$