

Perancangan *Boost Converter* untuk Menaikkan Tegangan Dari 12V ke 100 - 250V

Ahmad Habibul Jabbar, Niken Syafitri

Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email : abihabibul@gmail.com

Received DD MM YYYY | Revised DD MM YYYY | Accepted DD MM YYYY

ABSTRAK

Akan dirancang suatu system elektronik yang memerlukan bekerja dengan tegangan tinggi. Untuk mengatasi masalah tersebut dapat digunakan Boost Converter, Boost Converter adalah alat yang mampu menaikkan tegangan rendah ke tegangan tinggi, alat ini sering digunakan karena mudah dalam pengimplementasiannya. Penelitian ini merancang, merealisasikan Boost Converter untuk menaikkan tegangan dari 12V menjadi 100-250V. Untuk mengetahui performa Boost Converter dilakukan pengukuran serta pengambilan data sebanyak tiga kali pada parameter yang telah ditentukan. Komponen utama yang membangun sistem Boost Converter ini adalah IRF740, MOSFET, dioda MUR160, generator frekuensi switching menggunakan IC NE555, induktor, dan kapasitor output. Hasil pengukuran kenaikan tegangan yang dilakukan dengan kenaikan persepuluh volt diperoleh nilai akurasi 0.6V, dan nilai presisi 0.5V.

Kata Kunci : Boost Converter, frekuensi Switching, IRF740, NE555, MUR160.

ABSTRACT

Will be designed an electronic system that requires working with high voltage. To overcome this problem, a Boost Converter can be used. Boost Converter is a tool that is able to increase low voltage to high voltage, this tool is often used because it is easy to implement. This research designs and realizes a Boost Converter to increase the voltage from 12V to 100-250V. To determine the performance of the Boost Converter, measurements and data retrieval were carried out three times on predetermined parameters. The main components that build this Boost Converter system are IRF740, MOSFET, MUR160 diode, switching frequency generator using IC NE555, inductor, and output capacitor. The results of the measurement of the increase in voltage carried out with an increase of tenths of volts obtained an accuracy value of 0.6V, and a precision value of 0.5V.

Keywords: Boost Converter, Switching frequency, IRF740, NE555, MUR160.

1. PENDAHULUAN

Peralatan elektronika saat ini dapat disupply dengan tegangan yang kecil tetapi sebagian masih membutuhkan tegangan yang besar. Masalah tersebut dapat diatasi dengan menggunakan *Boost Converter*.

Menurut Stasi menyatakan bahwa Boost Converter (*step-up converter*) adalah sebuah converter DC ke DC yang berfungsi untuk menaikkan tegangan dari input-nya menuju output (**Stasi, 2015**). Boost Converter bekerja dengan menaikkan tegangan input terhadap output-nya. Menurut Yani tegangan tinggi yang dihasilkan oleh Boost Converter tersebut adalah hasil dari energi yang tersimpan pada induktor ditambah dengan tegangan masukan (**Yani, 2017**). Tegangan tinggi yang dihasilkan oleh Boost Converter disebabkan oleh perubahan arus pada komponen induktor yang sangat cepat dengan waktu yang singkat hal tersebut menyebabkan induktormenghasilkan tegangan tinggi (**Chiu-King, 2020**).

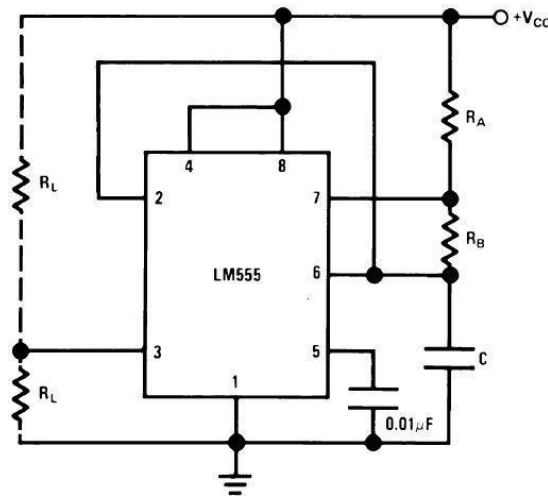
Pada Boost Converter digunakan IC NE555 sebagai komponen utamanya. IC timer 555 adalah timer presisi yang dapat bertindak sebagai timer atau osilator. Dalam mode pengatur waktu lebih dikenal sebagai mode monostabil 555 hanya bertindak sebagai pengatur waktu "One Shoot", ketika tegangan pemicu diterapkan ke pemicunya, output chip berubah dari rendah ke tinggi selama durasi yang ditentukan oleh sirkuit RC eksternal (**Schrez, 2016**). Pada rangkaian Boost Converter menggunakan IC NE555 dengan mode Astable multivibrator. Astable Multivibrator adalah osilator non-sinusoidal dengan umpan balik regeneratif yang memiliki pemicu bawaan otomatis yang mengalihkannya secara terus-menerus antara dua keadaan tidak stabil baik SET dan RESET (**Abrar, 2017**). Selain IC NE555 terdapat komponen lainnya seperti MOSFET IRF740, Dioda MUR160.

Tujuan dari kegiatan penelitian ini adalah mempelajari teori prinsip kerja Boost Converter serta merancang dan merealisasikannya. Masalah utama yang dibahas dalam penelitian ini adalah akurasi tegangan output boost converter dalam mengatur tegangan output-nya. Boost Converter yang dirancang memiliki spesifikasi di antaranya input tegangan sebesar 12V, output tegangan berkisar antara 100V-250V, dan output arus maksimum diasumsikan sebesar 1A.

2. METODOLOGI

2.1. Perhitungan Nilai Komponen

Komponen utama pada Boost Converter ini menggunakan IC Timer NE555 dengan mode Astable Multivibrator.

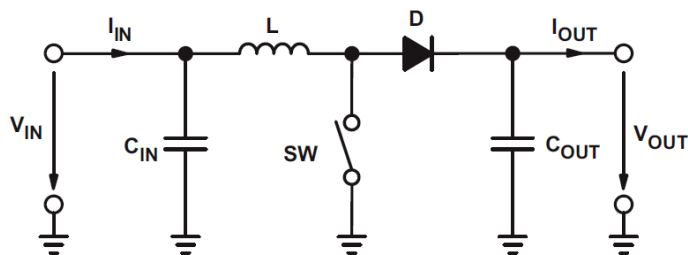


Gambar 1. Rangkaian Astable multivibrator NE555 (Datasheet NE555)

Pada rangkaian Gambar 1 dicari nilai R_A , R_B , C dan frekuensi yang akan dibangkitkan, sedangkan untuk kapasitor yang terhubung pada pin 5 bersifat opsional. Diasumsikan frekuensi yang akan dibangkitkan sebesar 31kHz, $C=2,2\text{nF}$, $R_B=10\text{k}\Omega$.

$$f = \frac{1,44}{(R_A + 2R_B)C} \quad (1)$$

Dengan menggunakan persamaan (1) didapatkan nilai R_A sebesar 1 k Ω . Selanjutnya mencari komponen pada rangkaian Boost Converter.



Gambar 2. Rangkaian Boost Converter (Texas Instrument SIVA-372C)

Untuk mencari nilai-nilai komponen pada Gambar 2, pertama mencari terlebih dahulu nilai duty cycle dengan membandingkan tegangan input 12V dan tegangan output maksimum 250V.

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (2)$$

Dengan menggunakan persamaan (2) didapat nilai duty cycle D sebesar 0,952.

Kemudian mencari nilai induktor (L). Untuk mencari nilai induktor didapatkan dengan menggunakan persamaan (3).

$$L = \frac{V_{in}(V_{out} - V_{in})}{\Delta I_L \times f_s \times V_{out}} \quad (3)$$

Untuk mencari nilai L, diperlukan nilai ΔI_L yang didapatkan dari persamaan (4).

$$\Delta I_L = (20\% - 40\%) \times I_{out(max)} \times \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (4)$$

Dengan nilai ΔI_L sebesar 4,16, didapatkan nilai induktor (L) sebesar 100 μ H.

Selanjutnya mencari nilai kapasitor output (COUT). Untuk mencari nilai kapasitor didapatkan dengan menggunakan persamaan (5).

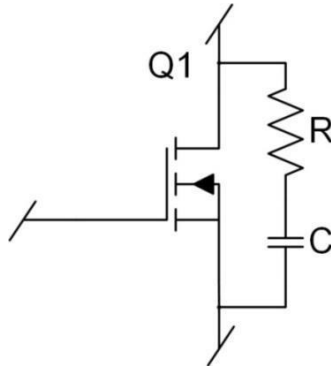
$$C = \frac{I_{out(max)} \times D}{f_s \times \Delta V_O} \quad (5)$$

Untuk mencari nilai C, diperlukan nilai ΔV_O yang didapatkan dari persamaan (6).

$$\Delta V_O = ESR \left(\frac{I_{out(max)}}{1 - D} + \frac{\Delta I_L}{2} \right) \quad (6)$$

Dengan nilai ΔV_O sebesar 82,488 didapatkan nilai kapasitor (COUT) sebesar 2 μ F.

Berikutnya mencari RC snubber. RC snubber berfungsi untuk meredam impuls tegangan tinggi yang sewaktu-waktu dapat melebihi batas VDS MOSFET. Rangkaian RC snubber ditampilkan pada Gambar 3.



**Gambar 3. Rangkaian RC snubber
(Maxim Integrated AN3835)**

Untuk mencari nilai-nilai komponen pada rangkaian RC snubber digunakan persamaan (7). Diasumsikan nilai C yang terpasang sebesar 100pF.

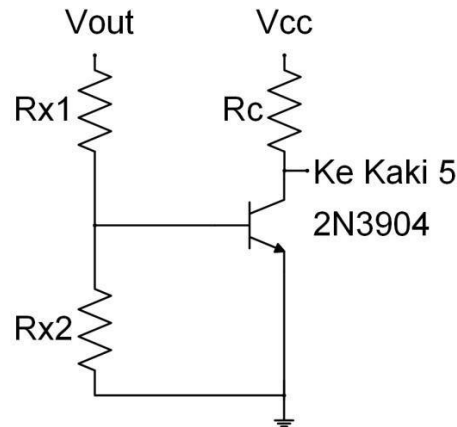
$$L_s = \frac{1}{(2\pi f)^2 \times C} \quad (7)$$

Didapatkan nilai L_s sebesar 0,261. Selanjutnya mencari R snubber dapat dicari dapat menggunakan persamaan (8).

$$Z = \sqrt{\frac{L_s}{C_s}} \quad (8)$$

Didapatkan nilai R Snubber sebesar 51kΩ.

Selanjutnya mencari komponen untuk bagian Sub-sirkuit Feedback. Boost Converter yang akan dirancang direncanakan memiliki variasi tegangan output mulai dari 100V-250V, maka dari itu diperlukan sebuah rangkaian kontrol yang dapat mengubah besaran tegangan output. rangkaian dari Sub-sirkuit feedback dirancang seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Sub-sirkuit *Feedback*

Untuk mencari nilai R_{X1} dan R_{X2} digunakan persamaan pembagi tegangan dengan asumsi R_C sebesar $56k\Omega$, V_{out} maksimal yang direncanakan sebesar $250V$, tegangan base diambil dari datasheet transistor 2N3904 sebesar $0,65V$. Untuk nilai resistor R_{X1} diasumsikan sebesar $220k\Omega$ dengan tambahan nilai $1k\Omega$ yang didapat dari trimpot, yang nantinya berfungsi untuk mengubah perbandingan nilai resistor R_{X1} dan R_{X2} sehingga didapatkan nilai V_{out} bervariasi. Untuk mencari nilai R_{X2} digunakan persamaan (9) yang selanjutnya diubah menjadi seperti persamaan (10).

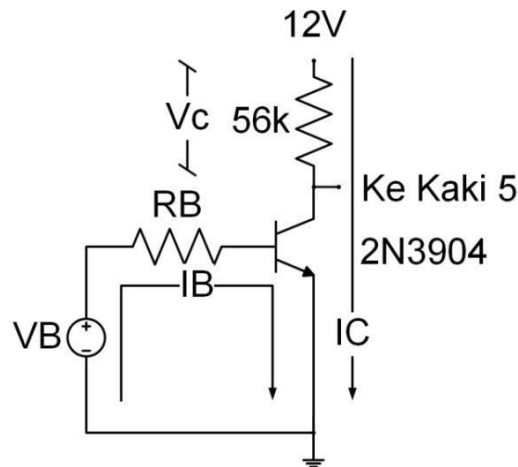
$$V_B = \frac{R_{X2} \cdot V_{out}}{R_{X2} + R_{X1}} \quad (9)$$

$$R_{X2} = \frac{R_{X1} \cdot V_B}{(V_{out} - V_B)} \quad (10)$$

Didapatkan nilai R_{X2} sebesar 576Ω . Selanjutnya menganalisa transistor. Pertama mencari nilai tegangan base V_B dan resistor base R_B .

$$R_B = R_{Th} = \frac{R_{X2} \cdot R_{X1}}{R_{X2} + R_{X1}} \quad (11)$$

Dengan menggunakan persamaan (11) didapatkan R_B sebesar $574,5\Omega$. Untuk nilai tegangan base V_B menggunakan tegangan saat transistor aktif yaitu sebesar $0,6V$. Jika nilai R_B dan V_B telah didapatkan ubah rangkaian Sub-sirkuit feedback menjadi seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian analisis mencari arus *base*

Selanjutnya mencari arus base I_B dengan menggunakan persamaan(12).

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{R_B} \quad (12)$$

Didapatkan nilai arus I_B sebesar 86,4 μ A. Lalu mencari nilai tegangan collector (V_C) atau tegangan ke kaki 5 I_C NE555 menggunakan persamaan perbandingan.

$$\frac{PWM_{max}}{V_{cc}} = \frac{PWM_{min}}{V_C} \quad (13)$$

Didapatkan nilai V_C sebesar 11,4V. Pada kaki 5 IC NE555 terdapat tegangan yang terhubung pada komparator internal IC NE555 dengan tegangan sebesar $V_{cc} \cdot \frac{2}{3}$. Maka tegangan V_C yang telah didapatkan dikurangi dengan tegangan internal di kaki 5.

$$V'_C = V_C - V_{cc} \cdot \frac{2}{3} \quad (14)$$

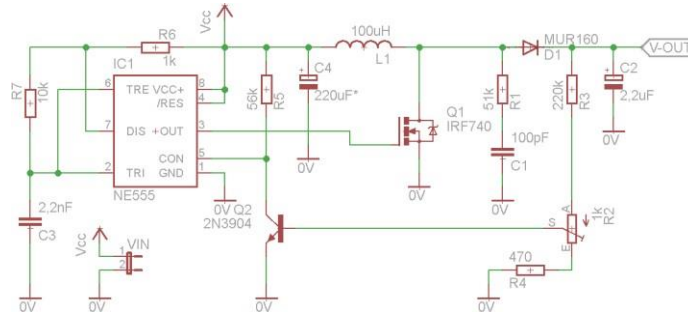
Didapatkan nilai V'_C sebesar 3,4V. Lalu mencari arus collector (I_C) dengan menggunakan persamaan (15).

$$I_C = \frac{V_{cc} - V'_C}{R_C} \quad (15)$$

Didapatkan nilai arus collector (I_C) sebesar 0,153mA.

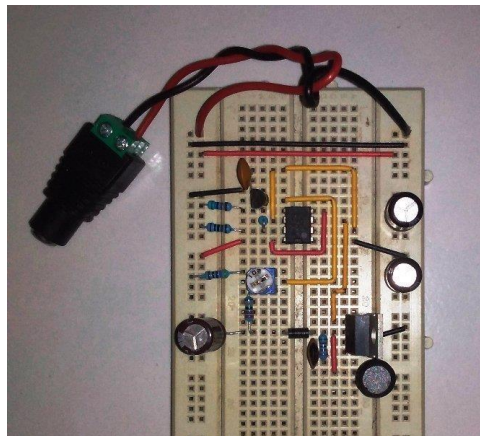
2.2. Perancangan Sistem

Setelah nilai – nilai komponen diketahui selanjutnya dirangkai seperti Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Skema rangkaian *Boost Converter*

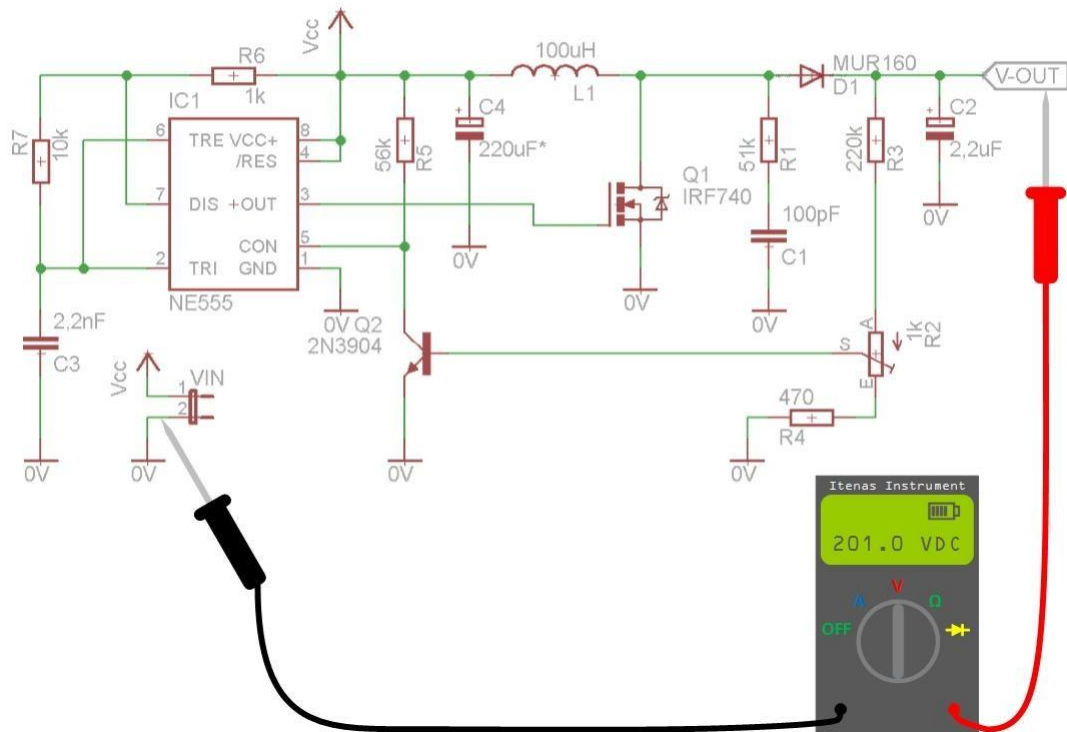
Untuk pemilihan komponen MOSFET diharuskan memiliki kemampuan untuk menghantarkan tegangan dari kaki drain ke source yang lebih besar dari tegangan yang akan dibangkitkan oleh Boost Converter. Digunakan MOSFET dengan tipe IRF740 yang memiliki kemampuan menghantarkan tegangan absolut maksimum dari drain ke source sebesar 400V. Untuk pemilihan jenis dioda diharuskan memiliki kemampuan untuk menghantarkan tegangan saat forward bias dan memblok tegangan saat reverse bias yang lebih besar dari tegangan yang akan dibangkitkan oleh Boost Converter. Digunakan dioda dengan tipe MUR160 yang memiliki kemampuan untuk memblok tegangan reverse sebesar 600V. Setelah semua nilai komponen didapatkan, selanjutnya dirangkai seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. *Boost Converter* Setelah Dirangkai

2.3. Pengujian Sistem

Untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menaikkan tegangan dan serta mengetahui nilai akurasi dan presisinya dengan menaikkan tegangan setiap persepuluh volt, maka dilakukanlah pengujian pada tegangan output seperti yang digambarkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengukuran Parameter Tegangan Output

Pada Gambar 8, pengukuran tegangan output dilakukan dengan menghubungkan probe hitam kepada ground rangkaian dan probe merah dihubungkan pada tegangan output pada rangkaian. Pengukuran dilakukan dengan memperhatikan tegangan output yang ditampilkan pada multimeter dengan menaikkan persepuluh volt terhadap nilai tegangan yang sebelumnya telah ditentukan dengan rentang antara 100 sampai 250V sebanyak 3 kali pengukuran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari proses pengambilan data tegangan output sebanyak tiga kali, didapatkan data rata – rata tegangan output seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran rata – rata tegangan *output Boost Converter*

No	Nilai Sebenarnya (V)	Tegangan terukur (V)			Rata – rata	Akurasi (V)	Presisi (V)
		Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3			
1	100	100,2	102,9	100,2	101,1	1,1	1,2
2	110	110,4	110,4	110	110,3	0,3	0,2
3	120	120,2	120,8	120,5	120,5	0,5	0,2
4	130	130,1	130,5	130,8	130,5	0,5	0,2
5	140	140,7	140,6	140,2	140,5	0,5	0,2
6	150	150,4	150,9	150,3	150,5	0,5	0,2
7	160	160,3	160,1	160,8	160,4	0,4	0,3
8	170	170,8	170,1	170,1	170,3	0,3	0,3
9	180	180,9	180,7	180,5	180,7	0,7	0,1
10	190	190,7	190,3	190,1	190,4	0,4	0,2
11	200	201	201	200	200,7	0,7	0,4
12	210	210	210	211	210,3	0,3	0,4
13	220	220	221	221	220,7	0,7	0,4
14	230	230	230	231	230,3	0,3	0,4
15	240	240	240	241	240,3	0,3	0,4
16	250	255	250	251	252,0	2	2
Rata – rata						0,6	0,5

Jika dilihat pada Tabel 1, nilai akurasi yang didapati memiliki resolusi kenaikan tegangan persepuluh volt didapat nilai rata–rata 0,6 V, lalu untuk nilai presisi didapatkan nilai sebesar 0,5 V untuk pengukuran dari 100 V sampai 250 V.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian dari seluruh penelitian yang dilakukan diambil kesimpulan, bahwa perancangan dan realisasi Boost Converter dengan menggunakan komponen MOSFET IRF740, Dioda MUR160, IC NE555, induktor sebesar 100 μ H, dan Kapasitor output sebesar 2,2 μ F. diketahui bahwa konsistensi Boost Converter dalam menaikkan tegangan didapatkan nilai error akurasi setiap kenaikan tegangan persepuluh volt sebesar 0,6 V.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, Moyeed. (2017, Februari). Design and Implementation of Astable Multivibrator using 555 timer. India. *Khaja Banda Nawaz College of Engineering*.
- De Stasi, Frank. (2015, Juni). Working with Boost Converters. Dallas, Texas. Texas Instrument Incorporated.
- Maxim Integrated. (2006). CCFL Push-Pull Snubber Circuit. Maxim Integrated.
- Ng, Chiu-King. (2020). The voltages and polarity of an inductor. Hong Kong Special Administrative Region, People's Republic of China.
- Schrez, Paul, dkk. (2016, April). Practical Electronics for Inventors, 4th Edition. OH, United States. McGraw-Hill Education.
- Texas Instrument. (2015, Januari). NE555 (Rev-D) Datasheet. Dallas, Texas. Texas Instrument Incorporated.
- Yani, Yunita Ika Agil (2017, Juli). Rancang Bangun Buck-Boost Converter pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Abrar, Moyeed. (2017, Februari). Design and Implementation of Astable Multivibrator using 555 timer. India. Khaja Banda Nawaz College of Engineering.