



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN DAN SIMULASI INVERTER 12 VDC KE 220 VAC
50 HZ MENGGUNAKAN PEMBANGKIT SINYAL IC-555**

SKRIPSI

DANANG TRI BROTO

0706267616

FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

DEPOK

JULI 2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN DAN SIMULASI INVERTER 12 VDC KE 220 VAC
50 HZ MENGGUNAKAN PEMBANGKIT SINYAL IC-555**

SKRIPSI

DANANG TRI BROTO

0706267616

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

DEPOK

JULI 2011

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Danang Tri Broto

NPM : 0706267616

Tanda Tangan :



Tanggal : 15 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh,

Nama : Danang Tri Broto
NPM : 0706267616
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun dan Simulasi Inverter 12 VDC ke 220 VAC
50 Hz Menggunakan Pembangkit Sinyal IC-555

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Purnomo Sidi Priambodo, M.Sc., Ph.D (.....)

Penguji 1 : Dr. Ir. Agus Santoso Tamsir, M.T. (.....)

Penguji 2 : Prof. Dr. Ir. Harry Sudibyo, DEA (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 5 Juli 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta ala, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan hingga penulisan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Purnomo Sidi Priambodo, PhD. selaku dosen pembimbing yang tak pernah lelah untuk selalu memberikan bimbingan kepada penulis
2. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan
3. Irwan Sukma Darmawan, dengan segala bantuan dan saran-sarannya yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini
4. Handy Chandra, yang dengan sukarela membantu dalam proses penyolderan rangkaian
5. Azlul F. Oka dan M Rifky Nugroho, yang membantu dalam pembelian komponen
6. Ade Yurianto, yang telah mempersilakan penulis menggunakan fasilitas miliknya dalam mengerjakan skripsi
7. M Wahyu Ashari, yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini

Akhir kata, penulis berharap Allah Subhanahu Wa Ta ala berkenan membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penelitian dan penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Danang Tri Broto

NPM : 0706267616

Program Studi : Teknik Elektro

Departemen : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-eksklusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah yang berjudul:

**RANCANG BANGUN DAN SIMULASI INVERTER 12 VDC KE 220 VAC
50 HZ MENGGUNAKAN PEMBANGKIT SINYAL IC-555**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya selaku penulis/pencipta sebagai Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di: Depok

Pada tanggal: 5 Juli 2011

Yang menyatakan



Danang Tri Broto

ABSTRAK

Nama : Danang Tri Broto

NPM : 0706267616

Program Studi : Teknik Elektro

Judul : Rancang Bangun Prototipe Inverter 12 Volt DC ke 220 Volt AC
50 Hz Menggunakan Pembangkit Sinyal IC-555

Rangkaian inverter sangat berguna untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan tinggi bolak balik. Inverter yang biasa digunakan adalah 12 volt-240 volt inverter. Inverter biasa digunakan untuk melakukan penyaluran yang sumbernya berasal dari baterai. Pada kasus ini, baterai digunakan sebagai penyimpanan energi listrik dari sel surya sebagai sumber. Inverter menggunakan osilator atau multivibrator sebagai penghasil sinyal gelombang persegi. Setelah itu dikuatkan arus dan tegangannya melalui rangkaian *amplifier*. Setelah itu, sinyal gelombang persegi diubah menjadi sinyal sinusoidal sebelum akhirnya memasuki transformator dan disuplai ke beban yang telah ditentukan.

Kata kunci: osilator, *amplifier*, filter

ABSTRACT

Name : Danang Tri Broto

Student Number : 0706267616

Study Program : Electrical Engineering

Title : Design, Development, and Simulation of Inverter 12 VDC to 220 VAC 50 Hz Using Signal Generator Based on IC-555

Power inverter is a very useful device which can convert Low voltage from a DC source to high voltage AC. The most common power inverter is 12V to 240V inverter. This type of power inverter usually draws current from a DC battery. In this case, DC battery is replaced by the solar panel as the source of the inverter. Inverter uses oscillator as squarewave generator. After that the squarewave amplified by Darlington pairs and an B class amplifier. Thus, the squarewave converted into a sinusoidal wave then it ready to transform into high-voltage wave with 50 Hz frequency.

Keyword: oscillator, amplifier, filter.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penulisan.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	2
1.4 Sistematika Penulisan	2
1.5 Metode Penelitian	3
BAB 2 DASAR TEORI INVERTER	4
2.1 Gambaran Umum Inverter	4
2.1.1 Penghasil Sinyal (Multivibrator).....	4
2.1.2 Penguat Arus (Dengan Menggunakan Transistor Darlington).....	7
2.1.3 Final Transistor (<i>Amplifier</i> Kelas B).....	8
2.1.4 Filter LC.....	9
2.1.5 Operational Amplifier.....	10
2.1.7 Daya dan Efisiensi	11
BAB 3 SIMULASI DAN ANALISIS RANGKAIAN INVERTER DENGAN METODE VARIABEL.....	12
3.1 Diagram Alir Inverter	12
3.2 Perangkat Lunak yang Digunakan Untuk Simulasi Rangkaian Inverter.....	12
3.4 Kelebihan dan Kekurangan Rangkaian Inverter	20
3.5 Analisis Blok-Blok Rangkaian Inverter dengan Metode Variabel	21
3.5.1 Rangkaian Pasangan Darlington	21
3.5.2 <i>Amplifier</i> Kelas B + Filter <i>band-pass</i> LC	22
3.5.3 Penguat Non-inverting	27
3.6 Analisis Output	29
BAB 4 ANALISIS PEMILIHAN KOMPONEN DAN PERCOBAAN MODEL <i>PROTOTYPE</i> RANGKAIAN PADA PCB.....	31
4.1 Analisis Pemilihan Komponen.....	31
4.1.1 Multivibrator	31
4.1.2 Transistor	32
4.2 Hasil Percobaan Model <i>Prototipe</i> Rangkaian Inverter	33
4.2.1 Multivibrator	34
4.2.2 Transistor Darlington	35
4.2.3 <i>Amplifier</i> Kelas B + Filter LC.....	37
4.2.4 Common emitter	38
4.2.5 Rangkaian Inverter Keseluruhan.....	39
BAB 5 KESIMPULAN.....	46
DAFTAR ACUAN	47
DAFTAR PUSTAKA	48



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Blok diagram inverter secara umum.....	4
Gambar 2.2.	Rangkaian multivibrator astabil	5
Gambar 2.3.	IC-555 <i>timer</i> [3].....	6
Gambar 2.4.	(a) Mode kerja monostabil dan (b) Mode kerja astabil [3].....	6
Gambar 2.5.	Rangkaian Darlington [2]	7
Gambar 2.6.	Rangkaian <i>amplifier</i> kelas B [1].....	8
Gambar 2.7.	Rangkaian filter <i>band-pass</i> LC seri [8]	9
Gambar 2.8.	Simbol Op-Amp	10
Gambar 2.9.	Konfigurasi (a). Penguat inverting dan (b). Penguat non-inverting [10]	11
Gambar 3.1.	Diagram alir inverter	12
Gambar 3.2.	Rangkaian simulasi inverter berdasarkan diagram alir pada gambar 3.1	13
Gambar 3.3.	Rangkaian multivibrator 50 Hz	14
Gambar 3.4.	Rangkaian dalam IC-555	14
Gambar 3.5.	Gelombang persegi keluaran IC-555 <i>timer</i> 50 Hz.....	15
Gambar 3.6.	Konfigurasi penguat non-inverting.....	15
Gambar 3.7.	Gelombang hasil keluaran transistor Darlington	16
Gambar 3.8.	Spektrum yang menunjukkan harmonisa	17
Gambar 3.9.	Rangkaian <i>amplifier</i> kelas B	17
Gambar 3.10.	Cara kerja <i>amplifier</i> kelas B [1]	18
Gambar 3.11.	Rangkaian filter <i>band-pass</i> LC.....	18
Gambar 3.12.	Gelombang sebelum masuk rangkaian LC pada gambar 3.11	19
Gambar 3.13.	Gelombang setelah melalui proses filtering dengan filter pada gambar 3.11	19
Gambar 3.14.	Gelombang keluaran transformator dengan amplitudo 183.169 volt	20
Gambar 3.15.	Rangkaian percobaan transistor Darlington	21
Gambar 3.16.	Rangkaian percobaan <i>amplifier</i> kelas B + filter LC.....	23
Gambar 3.17.	<i>Amplifier</i> kelas B saat polaritas input positif.....	24
Gambar 3.18.	<i>Amplifier</i> kelas B saat polaritas input 0.....	24
Gambar 3.19.	Perbandingan (a). input dan (b). output dari <i>amplifier</i> kelas B + filter LC.....	26
Gambar 3.20.	Rangkaian percobaan penguat non-inverting	28
Gambar 3.21.	Perbandingan (a).input dan (b) output dari penguat non-inverting ...	29
Gambar 3.22.	Gelombang pada sekunder transformator.....	29
Gambar 4.1.	Rangkaian multivibrator 50 Hz menggunakan IC-555 dan <i>drivernya</i>	31
Gambar 4.2.	Rangkaian multivibrator astabil 50 Hz dengan menggunakan transistor dan <i>drivernya</i>	32
Gambar 4.3.	(a). Transistor 2N3055 (b). Transistor BF422.....	33
Gambar 4.4.	<i>Schematic</i> model <i>prototipe</i> inverter.....	34
Gambar 4.5.	Rangkaian multivibrator 50 Hz (a). <i>Schematic</i> dan (b). <i>board</i>	35
Gambar 4.6.	Output dari multivibrator 50 Hz	35
Gambar 4.7.	Rangkaian transistor darlington (a) <i>schematic</i> dan (b) <i>board</i>	36

Gambar 4.8.	Output <i>clock pulse</i> rangkaian Darlington	36
Gambar 4.9.	Rangkaian <i>amplifier</i> kelas B + filter LC	37
Gambar 4.10.	Output rangkaian <i>amplifier</i> kelas B + filter LC	38
Gambar 4.11.	Rangkaian <i>common emitter</i>	39
Gambar 4.12.	Output <i>common emitter</i>	39
Gambar 4.13.	Diagram alir model prototipe inverter menurut <i>schematic</i> gambar 4.4.....	40
Gambar 4.14.	<i>Prototipe</i> rangkaian inverter keseluruhan	40
Gambar 4.15.	Gelombang output rangkaian <i>prototipe</i> inverter saat beban 220 ohm.....	41
Gambar 4.16.	Baterai aki NAGOYA 12 volt	42
Gambar 4.17.	Bentuk gelombang saat beban 1 kohm.....	42
Gambar 4.18.	Bentuk gelombang saat beban 5.6 ohm.....	43
Gambar 4.19.	Transformator 6 ampere	43
Gambar 4.20.	lampu PHILIPS 220 volt 5 watt	44
Gambar 4.21.	Rangkaian percobaan inverter	44



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Variasi resistor <i>pull-down</i> dan pengaruhnya terhadap arus output.....	25
Tabel 3.2 Variasi besaran kapasitor dan pengaruhnya terhadap gelombang output.....	22



DAFTAR LAMPIRAN

Datasheet 2N3055 dan MJ2955.....	49
Datasheet IC-555.....	51
Datasheet BF422.....	54



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.

Kebutuhan akan energi listrik pada saat ini makin meningkat. Sedangkan kapasitas pembangkit yang tersedia saat ini belum mampu untuk mengimbangi kebutuhan akan energi listrik yang semakin meningkat secara pesat dari tahun ke tahun. Pasalnya pembangkit listrik yang umum digunakan khususnya di negara Indonesia saat ini sebagian besar menggunakan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui, seperti minyak bumi dan batu bara, yang di suatu saat jumlahnya akan habis.

Untuk mengatasi hal ini para ilmuwan menggunakan energi alternatif untuk sistem pembangkitan energi listrik, seperti energi air dan angin. Namun pada saat ini yang berkembang di Indonesia hanyalah pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air, sedangkan yang lainnya seperti pembangkit tenaga angin dirasa kurang cocok diterapkan di negeri ini.

Solusi selanjutnya adalah menggunakan tenaga panas bumi atau geothermal. Pembangkit jenis ini sangat cocok diterapkan di negara yang banyak memiliki aktivitas vulkanik seperti Indonesia, namun masalahnya adalah biaya pembangunan dan perawatan yang cukup mahal sehingga pemerintah baru membangun sarana ini di pulau Jawa saja.

Solusi terakhir adalah dengan menggunakan energi cahaya matahari. Selain mudah didapatkan, pembangkit cahaya matahari tidak mengotori lingkungan sama sekali dan renewable. Namun ada beberapa masalah pada pembangkitan melalui energi cahaya matahari. Selain itu, faktor cuaca juga sangat mempengaruhi proses pembangkitan. Di saat cuaca cerah pembangkitan dapat dilakukan secara optimal, namun saat cuaca sedikit saja mendung, maka tegangan yang dibangkitkan dapat menurun secara drastis. Oleh karena itulah panel surya saat ini belum dapat dijadikan sebagai pembangkit utama, hanya digunakan pada saat pembangkit utama mengalami gangguan.

Dalam sistem pembangkitan panel surya, dibutuhkan alat-alat khusus dalam meningkatkan penggunaannya. Di antaranya adalah voltage regulator, inverter, dan batere. Dalam hal ini penulis akan memfokuskan pembahasan pada inverter yang berfungsi untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan tinggi AC.

1.2 Tujuan Penulisan

Skripsi ini ditulis dengan tujuan untuk memberikan gambaran mengenai desain inverter yang digunakan untuk pembangkitan menggunakan panel surya dengan menggunakan IC-555 sebagai pembangkit gelombang, *amplifier* untuk menguatkan arus dan tegangan, serta filter untuk mengubah bentuk gelombang. Lalu pada tulisan ini akan dibahas mengenai simulasi menggunakan perangkat lunak yang telah ditentukan, dan akan dicoba model *prototipe*-nya pada rangkaian di PCB.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam skripsi ini pembahasan akan difokuskan pada simulasi penggunaan IC-555 *timer* sebagai penghasil sinyal atau oscillator dan rangkaian-rangkaian pendukung performa seperti *amplifier*, filter, dan transformator. Analisis yang digunakan adalah analisis rangkaian elektronika meliputi parameter-parameter tagangan, arus, daya, dan frekuensi. Setelah dilakukan simulasi, akan dibuat suatu *prototipe* yang memodelkan simulasi tersebut.

1.4 Sistematika Penulisan

Dalam skripsi ini terdapat 5 bab. Bab 1 merupakan pendahuluan yang berisi latar belakang masalah sampai metode penelitian. Bab 2 menerangkan dasar-dasar teori yang menjadi acuan penulis untuk menyusun skripsi ini. Sedangkan bab 3 berisi tentang simulasi rangkaian yang telah penulis desain beserta analisisnya. Bab 4 berisi tentang implementasi *prototipe* rangkaian yang telah penulis desain pada PCB dan perbandingan kinerjanya pada simulasi. bab 5 berisi penutup yang terdiri dari kesimpulan dan saran.

1.5 Metode Penelitian

Dalam menyusun skripsi ini, penulis menggunakan metode studi pustaka, kemudian dari teori-teori yang didapatkan melalui buku, jurnal dan juga artikel, penulis langsung mempraktekannya melalui simulasi di sebuah piranti lunak MULTISIM 11. Selanjutnya akan dibuat sebuah model *prototipe* sebagai realisasi dari simulasi. Setelah itu dilakukan analisis baik di simulasi maupun pada rangkaian model *prototipe* berskala daya rendah yang mewakili rangkaian simulasi yang telah di desain.

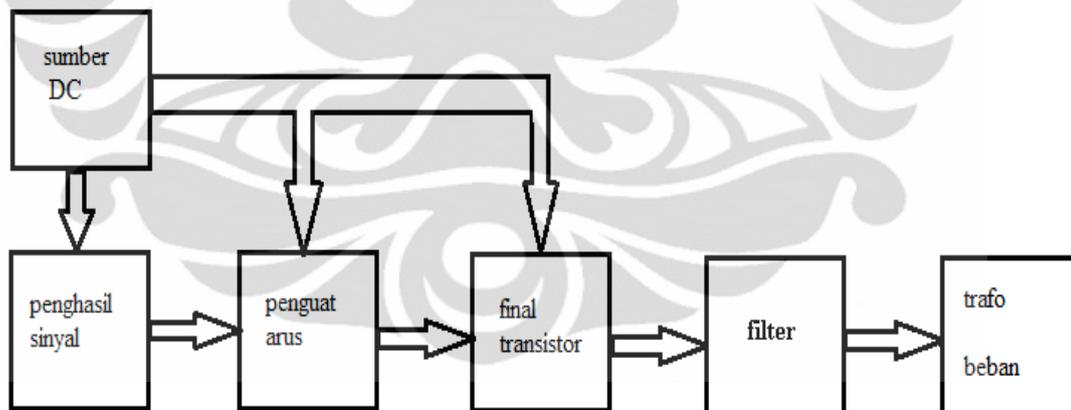


BAB 2 DASAR TEORI INVERTER

2.1 Gambaran Umum Inverter

Inverter adalah sebuah rangkaian listrik yang mengkonversi tegangan DC menjadi tegangan AC. Dalam tulisan ini akan difokuskan fungsi rangkaian inverter sebagai pengubah output DC pada baterai aki sel surya 12 volt menjadi tegangan AC 220 volt. Komponen-komponen utama yang digunakan pada tulisan ini adalah multivibrator, penguat arus, *amplifier* kelas B, dan filter LC,. Masing-masing komponen utama akan dijelaskan kemudian. Komponen-komponen utama tersebut digunakan untuk mendukung keluaran rangkaian inverter yang nantinya akan di naikkan tegangannya dengan memakai transformator.

Untuk lebih jelas dalam memahami tentang inverter, dapat dilihat dari block diagram pada gambar 2.1



Gambar 2.1. Blok diagram inverter secara umum

Selanjutnya akan dijelaskan masing-masing blok pada subbab-subbab berikutnya.

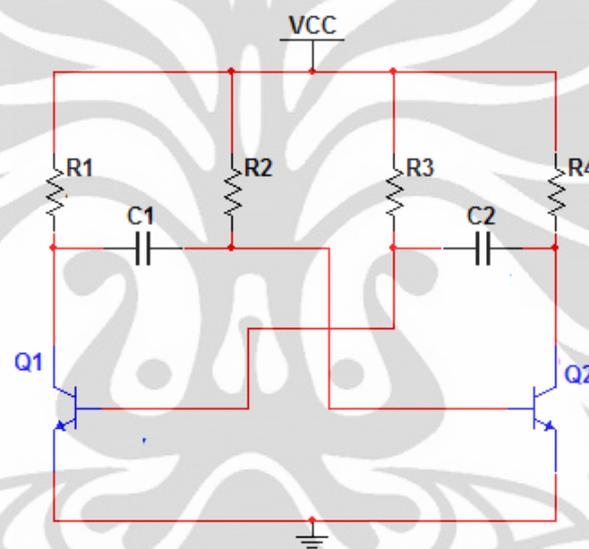
2.1.1 Penghasil Sinyal (Multivibrator)

Multivibrator adalah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk menghasilkan sinyal *clock pulse* atau gelombang persegi. Gelombang persegi

yang menjadi output dapat diatur besarnya menggunakan konfigurasi dari resistor dan kapasitor yang digunakan pada rangkaian.

Gelombang persegi hasil keluaran multivibrator juga dapat diatur besar *duty cycle*-nya. *Duty cycle* adalah perbandingan antara periode saat sinyal positif dengan periode keseluruhan sinyal.

Rangkaian multivibrator astabil yang paling umum digunakan terdiri atas kapasitor, resistor, dan sepasang transistor.

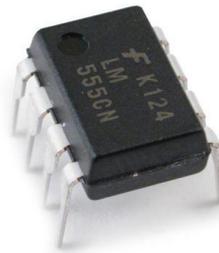


Gambar 2.2. Rangkaian multivibrator astabil

Untuk menentukan frekuensi osilasi dari multivibrator astabil dapat menggunakan rumus frekuensi:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,693R_2C_1 + 0,693R_3C_2} \quad [7] \quad (2.1)$$

IC-555 merupakan sebuah rangkaian terintegrasi yang berfungsi sebagai rangkaian *timer*. Rangkaian IC-555 biasa digunakan dalam fungsi multivibrator maupun oscillator.



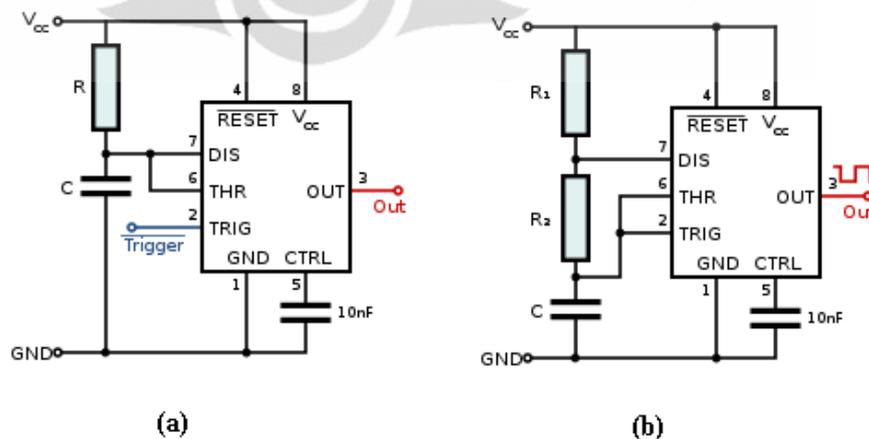
© Solarbotics Ltd. WWW.SOLARBOTICS.COM

Gambar 2.3. IC-555 timer [3]

Pada IC-555 memiliki beberapa mode operasi, yaitu: monostabil, bistabil, dan astabil. Pada mode operasi monostabil IC-555 akan menghasilkan sebuah pulsa. Pulsa akan digenarasi saat input trigger menerima sinyal yang besarnya ditentukan oleh muatan di kapasitor. Besar lebar pulsanya dapat ditentukan dengan menghitung konstanta waktu RC. Pulsa output akan berhenti saat muatan di kapasitor sama dengan $2/3$ besar tegangan suplai. Rumus konstanta waktu adalah:

$$t = RC \cdot \ln(3) [3] \quad (2.2)$$

Pada mode bistabil, IC-555 akan bekerja layaknya flip-flop. Sedangkan pada mode astabil, IC-555 akan menghasilkan tegangan dengan gelombangnya berbentuk persegi secara kontinyu. Dalam mode inilah IC-555 dapat diaplikasikan sebagai oscillator yang memproduksi gelombang persegi yang dibutuhkan dalam mendesain sebuah inverter.



Gambar 2.4. (a) Mode kerja monostabil dan (b) Mode kerja astabil [3]

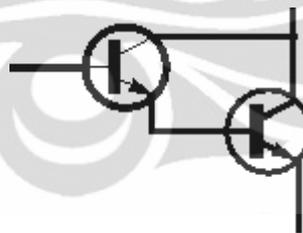
Dalam mode kerja astabil, kita dapat menentukan periode dan besar frekuensinya dapat ditentukan dari persamaan:

$$f = \frac{1}{\ln(2)C(R_1 + 2R_2)} \quad [4] \quad (2.3)$$

2.1.2 Penguat Arus (Dengan Menggunakan Transistor Darlington)

Transistor merupakan sebuah divais elektronika yang dapat diaplikasikan sebagai *switch* maupun *amplifier*. Jika transistor dikombinasikan pada mode rangkaian pasangan Darlington maka akan berfungsi sebagai *amplifier* arus. Cara merangkai pasangan Darlington adalah dengan cara menghubungkan kedua *collector* transistor pada VCC, sedangkan *emitter* transistor pertama dihubungkan pada *base* transistor kedua. *Base* transistor pertama menjadi input dan *emitter* transistor kedua dihubungkan pada output.

Bila transistor dikombinasikan ke rangkaian Darlington maka akan terjadi penguatan arus yang sangat besar. Karena penguatan arus akan sama dengan perkalian antara penguatan kedua transistor tersebut.



Gambar 2.5. Rangkaian Darlington [2]

$$A_i = hFE_1 \times hFE_2 \quad [2] \quad (2.4)$$

Selain memiliki penguatan arus yang sangat besar, transistor Darlington juga memiliki tegangan drop yang besarnya dua kali besarnya dari transistor biasa [2]. Hal ini berarti transistor Darlington dapat memiliki tegangan drop sebesar 1,4 volt, sedangkan biasanya transistor biasa hanya 0,7 volt.

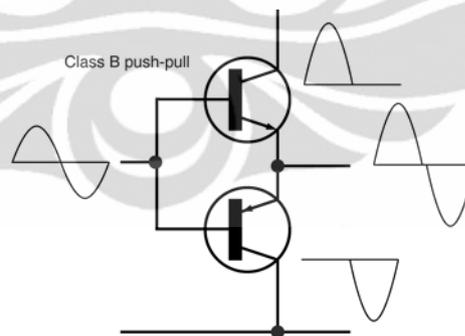
Transistor Darlington biasanya digunakan untuk aplikasi frekuensi rendah seperti pada sistem power suplai. Hal ini karena pada arus *base* nya tidak dapat di *shut off* secara cepat sehingga rangkaian ini kerjanya lambat dan tak efektif pada frekuensi tinggi

2.1.3 Final Transistor (*Amplifier* Kelas B)

Amplifier terdiri atas beberapa kelas, yaitu kelas A, kelas B dan kelas AB. Pada *amplifier* kelas A rangkaian hanya menggunakan satu buah transistor sehingga operasi kerjanya kurang efektif karena akan terjadi power loss pada transistor.

Pada *amplifier* B, rangkaian menggunakan prinsip konfigurasi *push pull* dengan menggunakan dua buah transistor yang saling komplemen. Mode kerja *amplifier* ini akan lebih efektif daripada *amplifier* B karena rangkaian ini memisahkan antara sinyal positif dan sinyal negatif sehingga kedua transistor tersebut dapat bekerja bergantian.

Saat input sinyal positif masuk, maka sinyal akan mengaktifkan transistor NPN dan transistor akan menguatkan sinyal tersebut. Sedangkan saat sinyal positif masuk, maka sinyal ini akan mengaktifkan transistor PNP dan akan menguatkan sinyal tersebut.



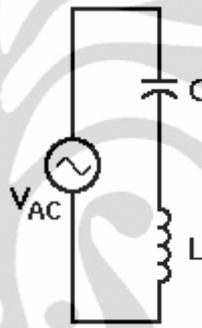
Gambar 2.6. Rangkaian *amplifier* kelas B [1]

Selain menguatkan tegangan, *amplifier* ini juga dapat menguatkan arus yang masuk melalui *base* transistor tersebut.

2.1.4 Filter LC

Pada rangkaian inverter, filter digunakan untuk menghaluskan bentuk gelombang tegangan dari output *amplifier* yang berbentuk sinyal persegi menjadi gelombang yang mendekati bentuk gelombang sinusoidal.

Rangkaian filter terdiri dari *low-pass*, *high-pass*, *band-pass*, dan *band-reject*. Sedangkan rangkaian yang penulis pakai pada rangkaian inverter adalah rangkaian filter *low-pass*. Rangkaian filter *low-pass* dibuat dari sebuah induktor yang disusun seri dengan kapasitor pada jalur output yang berasal dari rangkaian *amplifier*.



Gambar 2.7. Rangkaian filter *band-pass* LC seri [8]

Rangkaian filter juga terdiri atas rangkaian RC, RL, RLC, dan LC. Setiap rangkaian filter memiliki karakteristik masing-masing. Pada rangkaian inverter yang dibuat oleh penulis, dipakai rangkaian filter jenis *band-pass* LC.

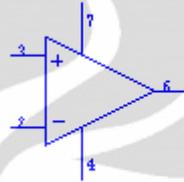
Rangkaian filter LC seri memiliki parameter frekuensi resonansi, yaitu frekuensi dimana impedansi total dari rangkaian LC sama dengan 0. Impedansi induktor dan impedansi kapasitor dalam hal ini disimbolkan dengan X_L dan X_C .

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.5)$$

Saat impedansi totalnya sama dengan 0, maka arus yang melewati rangkaian ini bisa sangat besar dan bisa terjadi arus lonjakan yang dapat merusak rangkaian. Oleh karena itu diusahakan agar frekuensi resonansi tidak terjadi.

2.1.5 Operational Amplifier

Operational amplifier atau yang sering disebut Op-Amp adalah suatu rangkaian terintegrasi (*Integrated Circuit*) yang berfungsi utama untuk menguatkan tegangan. Sebagai penguat tegangan, Op-Amp membutuhkan suatu tegangan suplai pendukung. Pada Op-Amp biasanya memiliki dua buah suplai, yaitu suplai positif dan suplai negatif. Selain itu, Op-Amp memiliki dua buah input, yaitu input inverting dan input non-inverting.

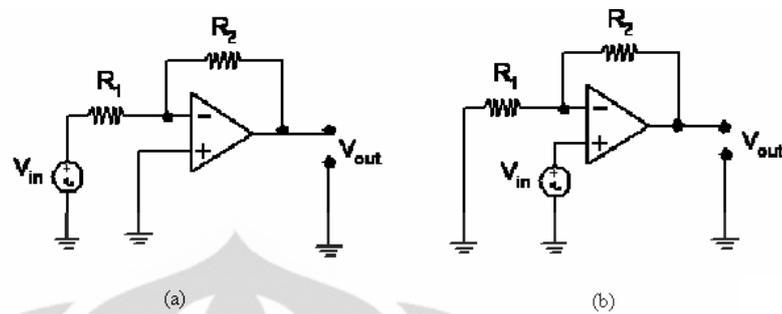


Gambar 2.8. Simbol Op-Amp

Op-Amp yang ideal biasanya memiliki karakteristik sebagai berikut [10]:

1. Resistansi input sama dengan tak hingga
2. resistansi output sama dengan nol
3. arus input sama dengan nol
4. beda tegangan antara input inverting dan non-inverting sama dengan nol
5. besar penguatan *open loop* pada Op-Amp sama dengan tak hingga

Secara umum, ada dua jenis konfigurasi penguat yang menggunakan Op-Amp yaitu penguat membalik (*inverting amplifier*) dan penguat tak-membalik (*non-inverting amplifier*). Gambar 2.9 (a) menunjukkan rangkaian *inverting amplifier* dan gambar 2.9 (b) menunjukkan rangkaian *non-inverting amplifier*.



Gambar 2.9. Konfigurasi (a). Penguat inverting dan (b). Penguat non-inverting [10]

Besarnya penguatan yang terjadi, ditentukan oleh nilai dan konfigurasi rangkaian umpan-balik yang dipasang antara output dan input Op-Amp tersebut. Pada penguat inverting, terjadi perbedaan fasa output terhadap input sebesar 180° . Sedangkan pada penguat non-inverting tidak terjadi perubahan beda fasa.

2.1.7 Daya dan Efisiensi

Daya listrik adalah suatu besaran yang menyatakan besarnya energi listrik yang terjadi pada setiap waktu tertentu. Daya disimbolkan dengan P . Dalam dunia listrik sendiri, daya dapat dirumuskan sebagai hasil perkalian antara tegangan dan arus.

$$P = V \times I \quad (2.7)$$

BAB 3

SIMULASI DAN ANALISIS RANGKAIAN INVERTER DENGAN METODE VARIABEL

3.1 Diagram Alir Inverter

Inverter yang penulis desain adalah sebuah rangkaian yang membuat input tegangan DC menjadi tegangan AC 220 volt 50 Hz. Caranya adalah input DC tersebut digunakan sebagai penyuplai multivibrator yang akan menghasilkan suatu sinyal berbentuk gelombang persegi.

Gelombang persegi tersebut kemudian dikuatkan tegangannya menggunakan konfigurasi Op-Amp penguat non-inverting. Penguat non-inverting tidak akan menggeser fasa dari gelombang input. Suplai positif dari Op-Amp dihubungkan langsung ke sumber DC, sedangkan suplai negatif dihubungkan ke ground.

Selanjutnya adalah proses penguatan arus yang dilakukan oleh pasangan transistor Darlington dan juga *amplifier* kelas B secara *push pull*. Setelah dilakukan penguatan, maka proses selanjutnya adalah proses filtering yaitu proses penghalusan sinyal gelombang persegi menjadi gelombang sinusoidal.

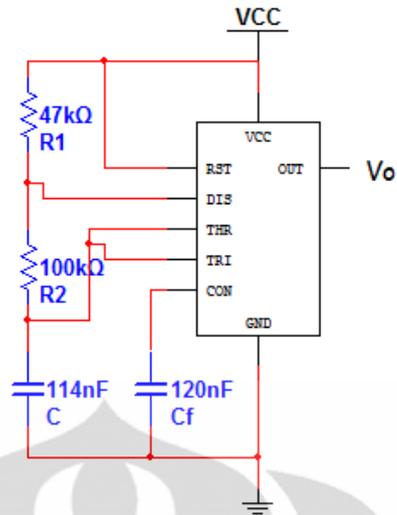


Gambar 3.1. Diagram alir inverter

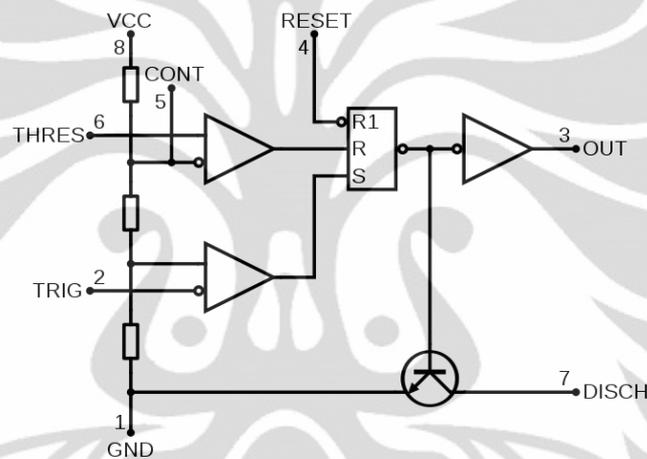
Setelah proses filtering maka sinyal sinusoidal siap untuk masuk ke dalam trafo dan dialirkan menuju beban.

3.2 Perangkat Lunak yang Digunakan Untuk Simulasi Rangkaian Inverter

Dalam skripsi ini, penulis menggunakan perangkat lunak MULTISIM 11 untuk melakukan segala bentuk simulasi pada rangkaian inverter. MULTISIM adalah perangkat lunak yang diproduksi oleh NATIONAL INSTRUMENT yang



Gambar 3.3. Rangkaian multivibrator 50 Hz



Gambar 3.4. Rangkaian dalam IC-555

Dengan menyesuaikan besar R_1 dan R_2 kita bisa menghasilkan frekuensi gelombang seperti yang kita inginkan. Kita bisa mengetahui frekuensi sinyal dengan persamaan 2.3 yang telah dijelaskan pada bab 2:

$$f = \frac{1}{\ln(2)C(R_1 + 2R_2)} \quad (2.3)$$

Dengan menentukan besar $R_1=47 \text{ k}\Omega$, $R_2=100 \text{ k}\Omega$, dan $C=114 \text{ nF}$, maka kita bisa menemukan sinyal gelombang persegi frekuensi sebesar 50 Hz.

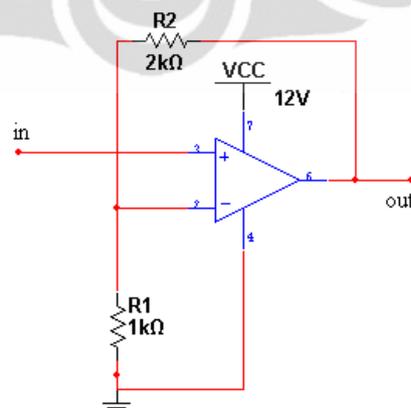


Gambar 3.5. Gelombang persegi keluaran IC-555 timer 50 Hz

Sinyal gelombang persegi yang dihasilkan IC-555 timer kemudian dialirkan ke rangkaian transistor pasangan Darlington. Gunanya adalah untuk menguatkan nilai arus agar IC-555 timer dapat menyuplai arus sesuai kemampuannya kemudian dikuatkan agar arus tersebut tidak drop saat masuk ke transformator.

Untuk mengatur *duty cycle* pada multivibrator, maka yang harus dilakukan adalah mengatur besaran resistor dan kapasitor yang juga mengatur frekuensi pada keluaran multivibrator. Pada multivibrator kali ini besar *duty cycle* yang diinginkan adalah 60%.

Output dari multivibrator astabil kemudian dialirkan ke penguat non-inverting untuk dikuatkan tegangannya. Tegangan *clock pulse* yang keluar dari multivibrator yang besarnya sekitar 6 volt dikuatkan menjadi 12 volt.



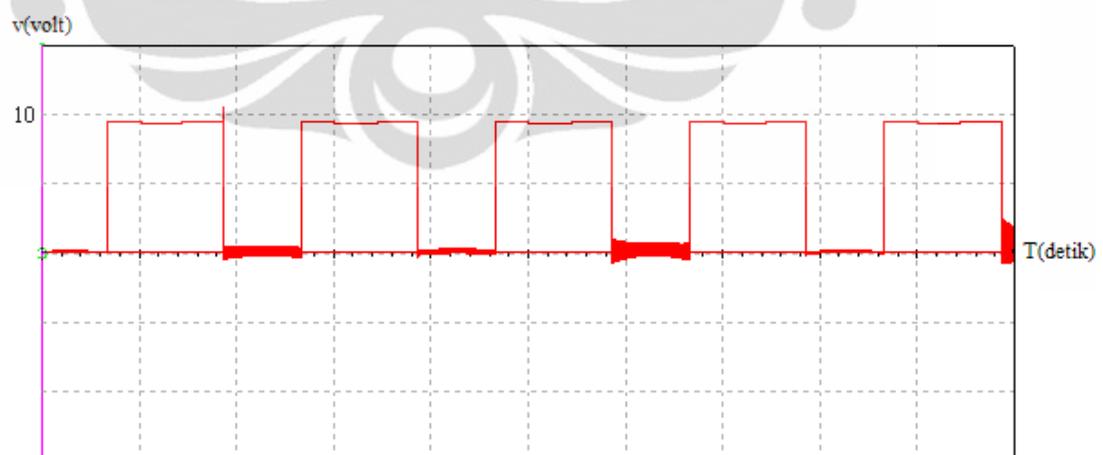
Gambar 3.6. Konfigurasi penguat non-inverting

Sinyal *clock pulse* keluaran dari penguat non-inverting dialirkan ke pasangan transistor Darlington yang kemudian akan terjadi penguatan arus. Penguatan arus diperlukana karena arus yang keluar dari IC-555 cukup kecil. Di rangkaian inverter arus yang terjadi sebelum lilitan primer harus besar agar arus tidak drop saat masuk ke beban.

Besar penguatan arus pada transistor pasangan Darlington dapat dihitung berdasarkan nilai β (*bheta*) atau hFE dari transistor. Besar penguatannya merupakan perkalian antara β kedua transistor yang dipasangkan ke rangkaian Darlington.

Transistor yang digunakan untuk membuat rangkaian Darlington adalah transistor tipe 2N3055, yaitu transistor yang didesain khusus untuk rangkaian arus tinggi. Berdasarkan *datasheet*, transistor ini memiliki hfe maksimal sebesar 50, dengan kekuatan terhadap arus hingga 15 ampere.

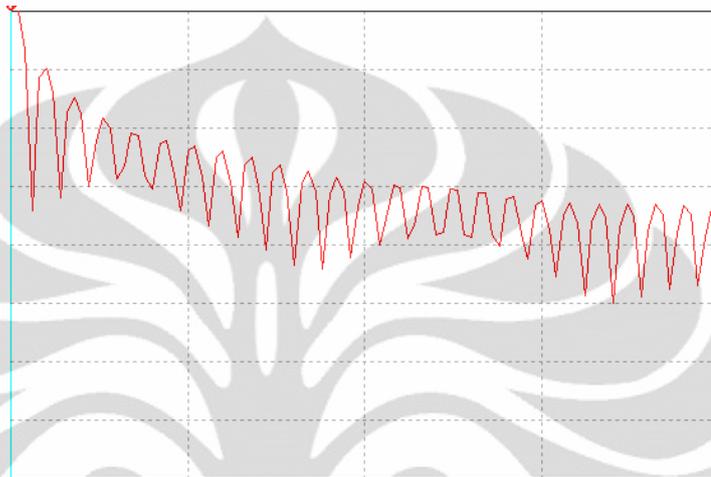
Hal ini berarti pada transistor dalington terdapat penguatan arus = $50 \times 50 = 2500$. Namun pada kenyataanya penguatan arus tidak sebesar itu. Pada arus input sebesar 40 mA, dikuatkan menjadi 612 mA. Berarti hanya terjadi penguatan kurang lebih sebesar 15.



Gambar 3.7. Gelombang hasil keluaran transistor Darlington

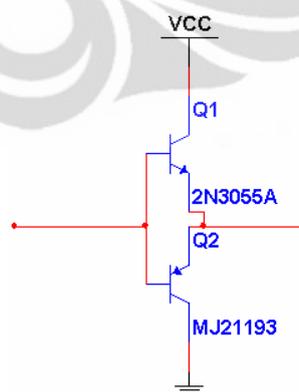
Namun pada rangkaian Darlington ini jadi terdapat gangguan pada bentuk gelombang persegi. Bisa dilihat bahwa dari gambar 3.7, terjadi *noise* yang

cukup signifikan pada gelombang. Hal ini disebabkan oleh efek harmonisa pada rangkaian tersebut. Efek harmonisa timbul karena prose *switching* pada kedua transistor 2N3055. Setiap proses *switching* akan menimbulkan respon transien sehingga output dari Darlington tidak selalu stabil.



Gambar 3.8. Spektrum yang menunjukkan harmonisa

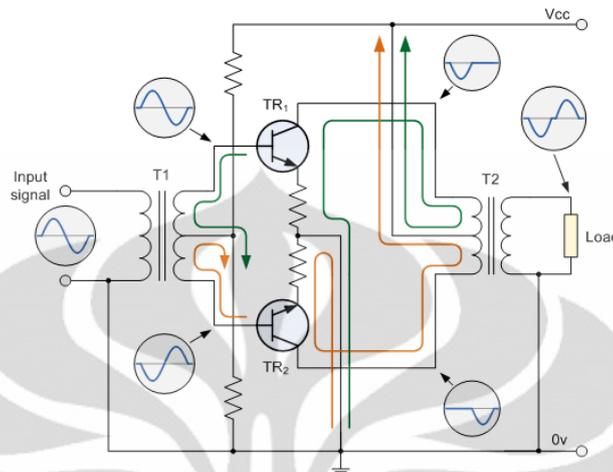
Setelah proses penguatan arus oleh rangkaian transistor Darlington, langkah selanjutnya adalah proses amplifikasi tegangan dengan menggunakan metode *push pull*. Untuk melakukan metode *push pull* dibutuhkan suatu rangkaian *amplifier* yaitu amplifie kelas B.



Gambar 3.9. Rangkaian *amplifier* kelas B

Amplifier kelas B adalah rangkaian yang menggunakan sepasang transistor yang saling berkomplemen, digunakan untuk amplifikasi tegangan

secara bergantian. Kelebihan rangkaian *amplifier* kelas B dibandingkan kelas A adalah efisiensinya.

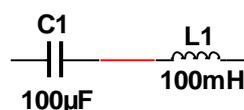


Gambar 3.10. Cara kerja *amplifier* kelas B [1]

Pada *amplifier* kelas A, transistor bekerja secara tunggal, sehingga akan menghasilkan lebih banyak panas di transistor tersebut. *Amplifier* ini memiliki efisiensi sekitar 30% [1].

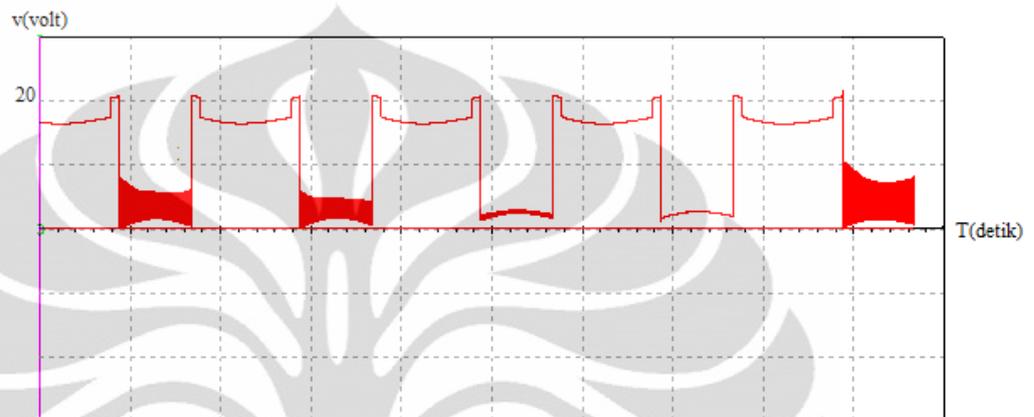
Sedangkan pada *amplifier* kelas B yang penulis pakai, lebih efektif karena kedua transistor yang saling komplementer bekerja bergantian tergantung polaritas inputnya, sehingga rangkaian ini akan lebih sedikit menghasilkan panas. *Amplifier* ini memiliki efisiensi sekitar 50% [1].

Setelah proses amplifikasi tegangan, langkah selanjutnya adalah penghalusan bentuk gelombang. Sinyal yang bentuknya gelombang persegi diubah bentuknya menjadi gelombang sinusoidal. Proses ini membutuhkan rangkaian filter *band-pass* LC yang terdiri dari induktor dan kapasitor yang disusun secara seri dengan output dari *amplifier* kelas B.

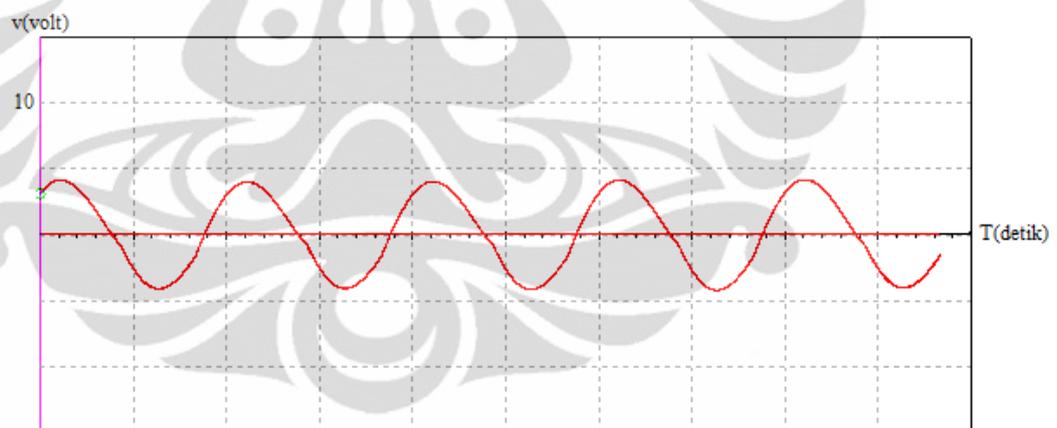


Gambar 3.11. Rangkaian filter *band-pass* LC

Sebelum difilter, gelombang terlebih dahulu diubah menjadi gelombang positif-negatif, dengan menggunakan sebuah kapasitor yang dinamakan kapasitor *block*. Kapasitor *block* akan membuat gelombang yang seluruhnya ada di atas sumbu x menjadi gelombang yang setengah tingginya ada di atas sumbu x dan setengah tingginya ada di bawah sumbu x.



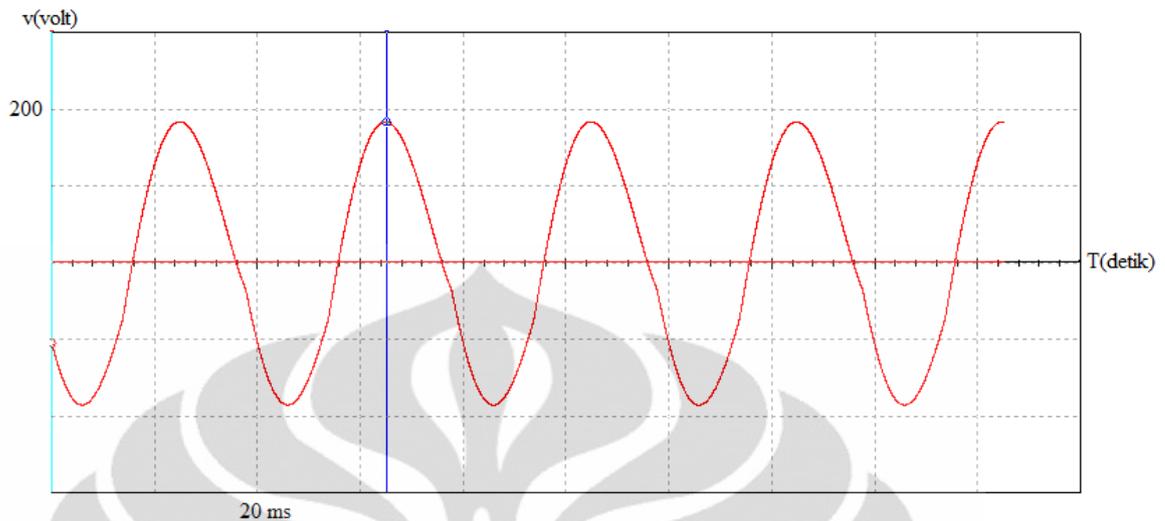
Gambar 3.12. Gelombang sebelum masuk rangkaian LC pada Gambar 3.11



Gambar 3.13. Gelombang setelah melalui proses filtering dengan filter pada Gambar 3.11

Setelah keluar dari rangkaian kapasitor *block* dan filter kita mendapatkan gelombang sinusoidal berfrekuensi 50 Hz dengan amplitude 4.053 volt.

Sinyal sinusoidal hasil filtering sudah siap untuk di transformasikan menjadi gelombang bertegangan tinggi sekitar 220 volt. Untuk menaikkan sinyal kita membutuhkan transformator yang memiliki rasio primer-sekunder 0.02.



Gambar 3.14. Gelombang keluaran transformator dengan amplitudo 183.169 volt

Di bagian sekunder diberikan suatu beban yang memiliki ohm yang tinggi. Semakin tinggi nilai hambatannya maka semakin besar pula potensi tegangan primer untuk diperbesar pada bagian sekunder. Hal ini karena pengaruh daya yang ditimbulkan pada bagian sekunder transformator.

3.4 Kelebihan dan Kekurangan Rangkaian Inverter

Rangkaian inverter yang penulis buat memiliki beberapa kelebihan, diantaranya adalah bentuk gelombang AC sinusoidal yang dihasilkan pada inverter mendekati sempurna dan sedikit cacat ataupun *noise*. Hal ini merupakan akibat dari prose filtering yang ada pada rangkaian.

Kelebihan kedua adalah frekuensi gelombang yang fleksibel atau dapat diubah-ubah. Nilai frekuensi dapat diubah dengan cara mengganti nilai kapasitansi yang ada pada kapasitor C. Bila nilai kapasitansi dinaikkan maka yang terjadi adalah frekuensi akan menurun. Begitupun sebaliknya. Hal ini sesuai dengan persamaan.

Rangkaian inverter ini juga memiliki kekurangan, diantaranya adalah terjadinya efek harmonisa di rangkaian *amplifier* yang menggunakan transistor akibat proses *switching*. Harmonisa akan menyebabkan penurunan kualitas daya dan menyebabkan alat menjadi cepat panas.

Kekurangan lainnya adalah pengaruh beban. Bila besaran beban berkurang maka tegangan yang keluar dari transformator juga ikut berkurang. Begitu pula sebaliknya.

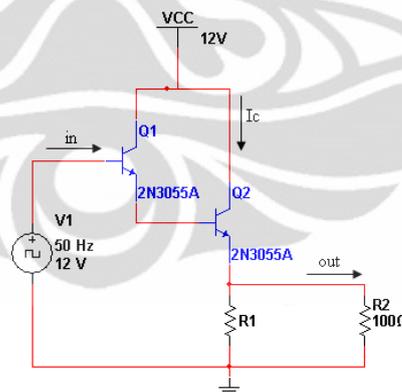
3.5 Analisis Blok-Blok Rangkaian Inverter dengan Metode Variabel

Di dalam subbab ini, penulis akan menganalisis berbagai parameter yang ada di rangkaian inverter. Penulis akan mencoba mengubah-ubah besaran resistor, kapasitor, dan lain-lain di perangkat lunak MULTISIM 11 untuk membandingkan output yang dihasilkan dan didapatkan hasil yang terbaik.

3.5.1 Rangkaian Pasangan Darlington

Rangkaian pasangan Darlington adalah rangkaian yang digunakan untuk menguatkan arus. Rangkaian ini memiliki input arus yang berasal dari multivibrator dan mendapat catu dari tegangan DC baterai

Di subbab ini penulis akan mencoba variasi dari besaran resistor *pull down* (R1) dan menjaga tetap besar pembebanan yang dimodelkan oleh resistor (R2) sebesar 220 ohm. Rangkaian transistor Darlington yang digunakan oleh penulis dapat dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.15. Rangkaian percobaan transistor Darlington

Pertama-tama, penulis memvariasikan resistor *pull-down* di R1. Kita tetapkan besaran awal R1 adalah 20 ohm. Sementara besar resistor beban di R2 dijaga tetap yaitu 100 ohm. Input rangkaian ini dimodelkan dengan sumber tegangan *clock pulse* 12 volt 50 Hz. Sedangkan DC dimodelkan dengan VCC 12 volt.

Tabel 3.1 Variasi resistor *pull-down* dan pengaruhnya terhadap arus output

R1 (ohm)	I in (mA)	Ic (mA)	I out (mA)
5	9.62	1690	80.3
15	13.4	624	81.4
25	14.2	409	81.7
35	13.8	316	81.9
45	12.2	264	82
55	12.3	231	82.1
65	11.8	209	82.1
75	11.8	192	82.2
85	11.9	179	82.2
95	11.6	169	82.2

Seperti terlihat pada tabel 3.1, saat besaran R1 dinaikkan maka akan terjadi penurunan arus secara drastis di collector transistor, namun arus output meningkat sedikit demi sedikit.

Secara teori, besar penguatan arus maksimum pada rangkaian transistor Darlington dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.4 pada bab 2:

$$A_i = \beta_1 \times \beta_2 \quad (2.4)$$

Simbol β atau hfe pada transistor menunjukkan penguatan arus maksimum yang dapat terjadi pada transistor tersebut. Pada BJT 2N3055, besar hfe maksimum yang diketahui dari *datasheet* adalah 70, sedangkan hfe minimum adalah 30. Berarti penguatan arus maksimum yang dapat terjadi pada rangkaian Darlington ini adalah 900 kali.

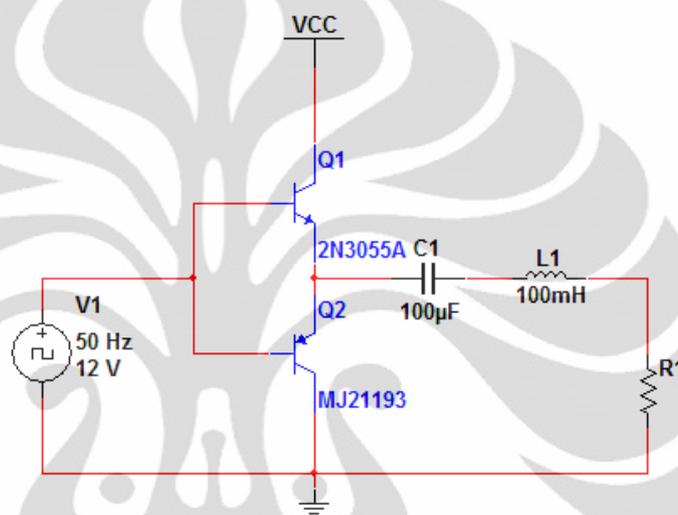
Dari percobaan ini bisa disimpulkan bahwa semakin kecil resistor *pull down* maka arus yang output yang diperoleh akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena arus *emitter* di Q10 yang mengalir dari VCC ke ground ditentukan besarnya oleh hambatan di R1.

3.5.2 Amplifier Kelas B + Filter *band-pass* LC

Amplifier kelas B dan filter *band-pass* LC merupakan satu paket rangkaian yang berfungsi untuk menguatkan arus dan merubah sinyal *clock pulse*

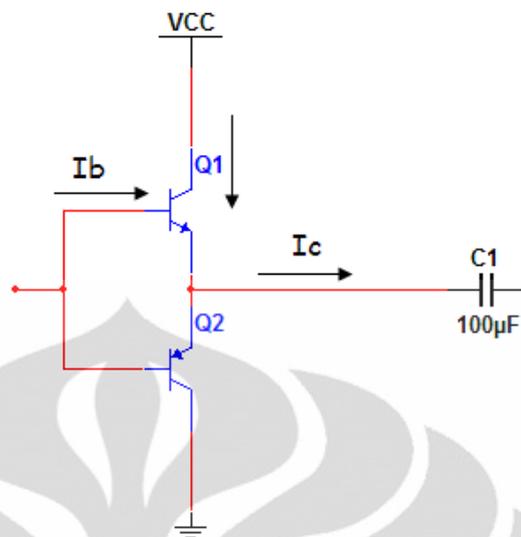
menjadi tegangan AC. Rangkaian *amplifier* kelas B menggunakan 2 buah transistor yang saling berkomplemen, dalam skripsi ini penulis menggunakan 2N3055 (NPN) dan komplemennya MJ2955 (PNP).

Gambar 3.16 menunjukkan rangkaian *amplifier* kelas B yang dipasang filter LC di outputnya. (MJ2955 diganti dengan MJ21193 karena karakteristiknya mirip).



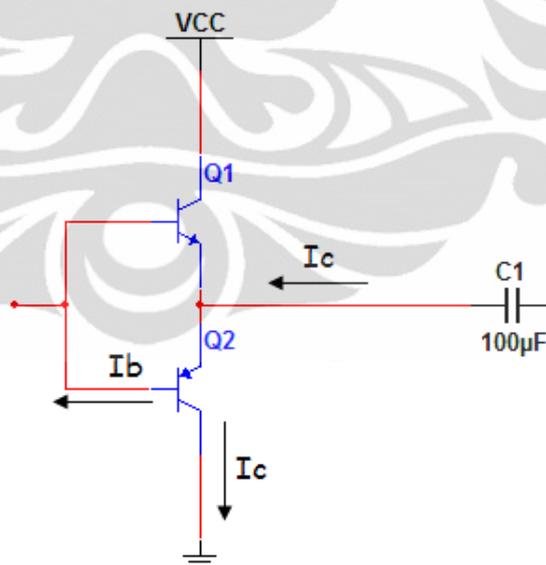
Gambar 3.16. Rangkaian percobaan *amplifier* kelas B + filter LC

Selain untuk mengubah bentuk sinyal *clock pulse* menjadi sinusoidal, kapasitor C1 juga berguna sebagai kapasitor *block*. Kapasitor *block* berfungsi untuk mengubah tegangan yang polaritasnya hanya positif saja (diatas sumbu x) menjadi tegangan yang memiliki polaritas positif dan polaritas negatif.



Gambar 3.17. *Amplifier* kelas B saat polaritas input positif

Saat polaritas tegangan input menunjukkan positif, maka arus I_b akan mengalir ke *base* Q1. I_b akan membuat transistor Q1 menjadi *short*, sehingga arus dari VCC dapat mengalir dan membuat kapasitor C1 menjadi *charge*. Proses inilah yang akan membuat polaritas output menjadi polaritas positif.



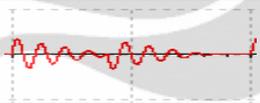
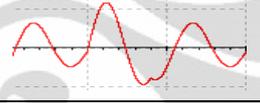
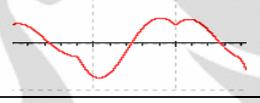
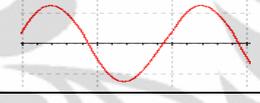
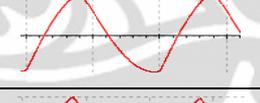
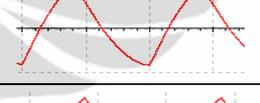
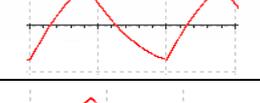
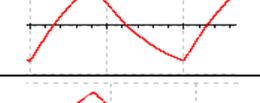
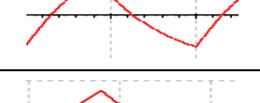
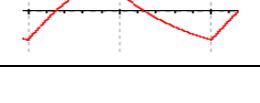
Gambar 3.18. *Amplifier* kelas B saat polaritas input 0

Saat polaritas input = 0, maka transistor PNP Q2 akan aktif, sementara itu kapasitor C1 melepaskan muatannya yang telah disimpan saat siklus positif ke

arah *amplifier* kelas B. Arus I_c kemudian mengalir dari kapasitor C1 menuju ground. Proses ini yang akan menjadikan polaritas tegangan output negatif.

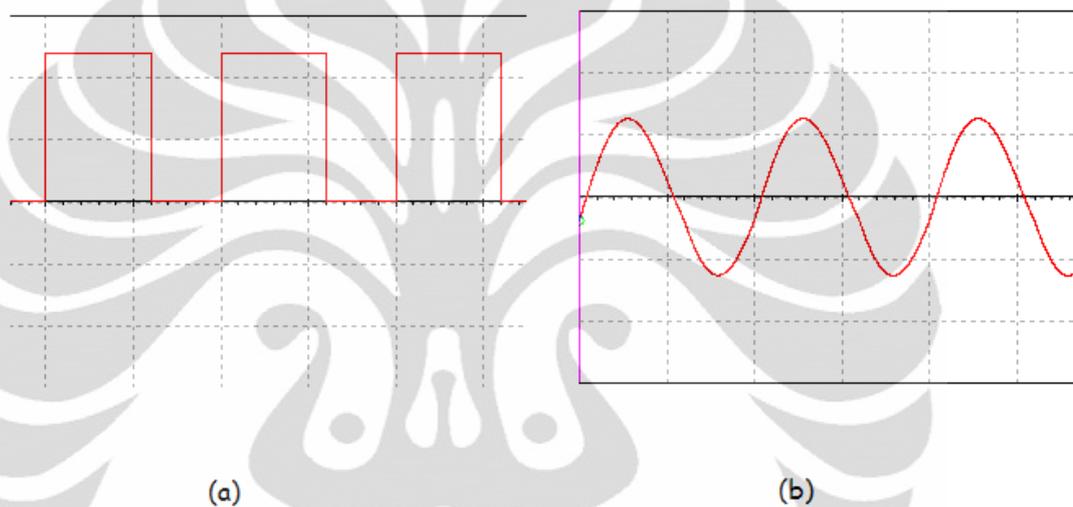
Proses selanjutnya setelah dualisasi polaritas adalah konversi bentuk gelombang *clock pulse* menjadi gelombang sinusoidal. Penulis dalam mencari pasangan induktor-kapasitor LC yang pas menggunakan metode variabel bebas dan variabel tetap.

Tabel 3.2 Variasi besaran kapasitor dan pengaruhnya terhadap bentuk gelombang output

C (μF)	L (mH)	gelombang
1	100	
22	100	
56	100	
100	100	
220	100	
300	100	
470	100	
560	100	
700	100	
1000	100	

Penulis menetapkan besar induktor adalah 100 mH. Sedangkan besar kapasitor dapat diubah-ubah tergantung dari kualitas gelombang sinusoidal yang didapatkan.

Setelah melakukan beberapa kali percobaan dengan metode variabel yang tercantum pada tabel 3.2, penulis mendapatkan pasangan induktor-kapasitor yang benar-benar pas dalam mengkonversi gelombang menjadi sinusoidal, yaitu kapasitor C1 100 μ F dan induktor L1 100 mH seperti pada percobaan ke-4.



Gambar 3.19. Perbandingan (a) input dan (b) output dari *amplifier* kelas B + filter LC.

Dalam proses mencari pasangan besaran induktor-kapasitor LC hingga mendapatkan besaran yang diharapkan, penulis mendapatkan fakta bahwa:

1. Saat besar kapasitansi C1 dinaikkan, maka bentuk gelombang makin mendekati bentuk gelombang segitiga atau *sawtooth*.
2. Saat besar kapasitansi C2 diturunkan, maka tegangan jatuh di kapasitor akan semakin tinggi sehingga tegangan output semakin kecil, karena $X_c = 1/\omega C$.
3. Saat besar induktansi L1 dinaikkan, maka tegangan jatuh di induktor akan semakin tinggi sehingga tegangan output semakin kecil, karena $X_L = \omega L$.

Rangkaian LC memiliki frekuensi resonansi, yaitu dimana impedansi kapasitor (X_C) dan impedansi induktor (X_L) memiliki nilai sama. Saat frekuensi resonansi terjadi, maka pada rangkaian LC tidak terdapat impedansi sama sekali sehingga rangkaian LC tidak berpengaruh apapun pada tegangan input karena rangkaian LC tidak memiliki impedansi saat resonansi. Nilai frekuensi resonansi dari rangkaian LC dapat diketahui dari persamaan 2.5 dari bab 2:

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.5)$$

Pada rangkaian LC yang dipakai penulis, besar kapasitansi yang dipakai adalah $C1 = 100 \mu\text{F}$ dan besar induktansi adalah $L1 = 100 \text{ mH}$. Dari besaran tersebut maka dapat dihitung bahwa frekuensi resonansi pada rangkaian LC adalah:

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{(100\text{mH}) \times (100\mu\text{F})}}$$

$$f_R = 50,3292\text{Hz}$$

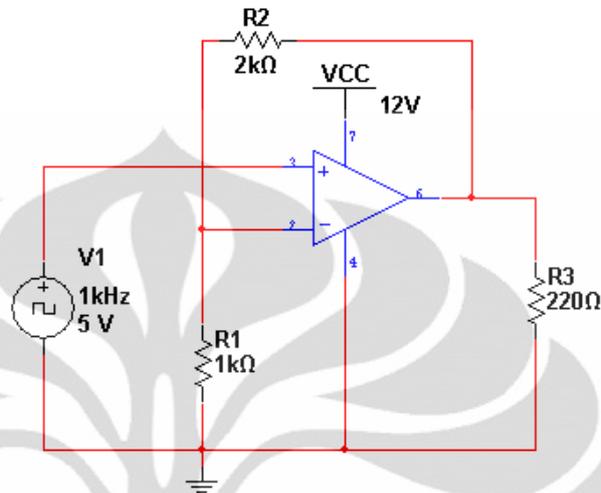
Dari persamaan (2.5) didapatkan bahwa frekuensi cut-off atau frekuensi resonansi yang terjadi pada rangkaian filter *band-pass* LC adalah sekitar 50 Hz. Hal ini berarti pada saat frekuensi tegangan input = 50 Hz tidak akan terjadi impedansi sehingga tidak mengalami tegangan jatuh. Oleh karena itu, pasangan LC ini sesuai untuk memfilterisasi gelombang selain 50 Hz.

Setelah rangkaian LC sudah dianggap pas, maka yang harus diketahui selanjutnya adalah penguatan arus. Setelah diperiksa, penulis mendapatkan arus input (RMS) sebesar 265 mA dan arus output sebesar 1.12 A. Berarti terjadi penguatan arus sebesar 4.23 kali.

3.5.3 Penguat Non-inverting

Penguat non-inverting menguatkan tegangan tergantung dari besar resistor yang ada di feedback dan juga yang ada di ground. Namun, penguatan maksimal pada Op-Amp tergantung besar dari tegangan suplainya. Besar

tegangan output pada Op-Amp tidak akan lebih besar daripada tegangan suplainya.



Gambar 3.20. Rangkaian percobaan penguat non-inverting

Penguatan tegangan pada Op-Amp dapat dihitung secara matematis dengan persamaan 3.1:

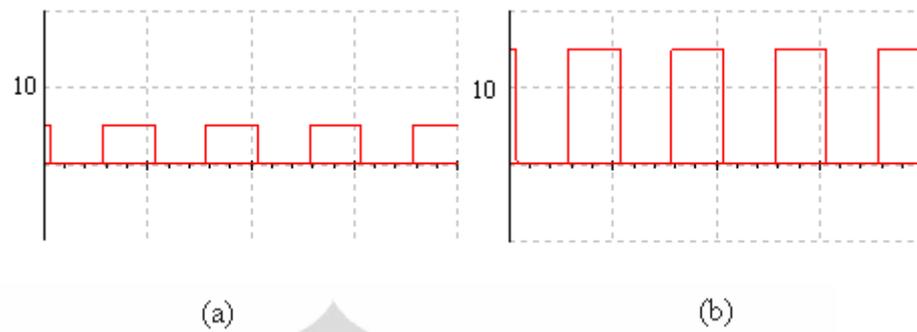
$$V_o = \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) V_i \quad [10] \quad (3.1)$$

Dengan menetapkan $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ dan $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$, maka secara matematis kita akan mendapatkan besar penguatan:

$$V_o = \left(\frac{2 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} + 1 \right) V_i$$

$$V_o = 3.V_i$$

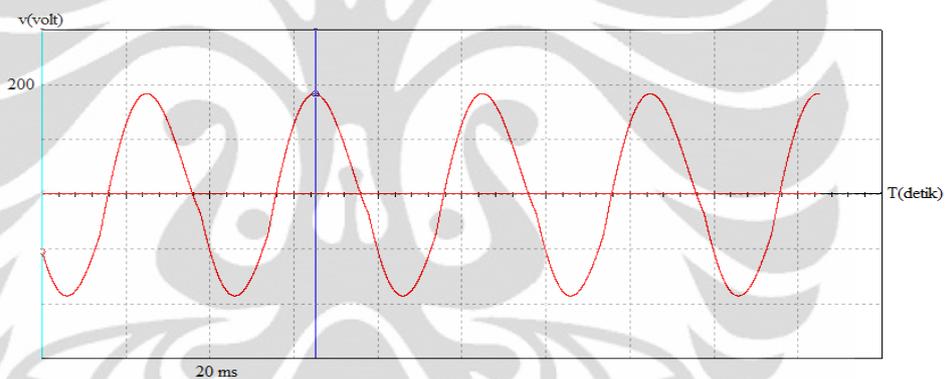
Konfigurasi penguat non-inverting ini dapat menguatkan sampai 3 kali tegangan input, sehingga bila tegangan input clock pulse yang berasal dari multivibrator astabil sebesar 5 volt, maka menurut perhiungan akan dikuatkan sampai 3 kalinya yaitu 15 volt. Hal ini bisa dilihat pada gambar 3.22. Namun VCC yang menjadi suplai pada Op-Amp hanya sebesar 12 volt. Sehingga tegangan output maksimal adalah tidak lebih besar dari suplai, yaitu 12 volt.



Gambar 3.21. Perbandingan (a) input dan (b) output dari penguat non-inverting

3.6 Analisis Output

Output pada rangkaian inverter simulasi dihubungkan ke transformator, yang sekundernya dihubungkan ke beban yang dimodelkan oleh lampu dengan range tegangan 180-220 volt berdaya 5 watt.



Gambar 3.22. Gelombang pada sekunder transformator

Setelah melalui proses step-up tegangan, penulis melihat gelombang hasil step-up transformator melalui osiloskop, yang dapat dilihat pada gambar 3.22. Setelah proses step-up maka lampu yang ada di beban dapat menyala.

Setelah melihat outputnya, penulis menghitung efisiensi yang dihasilkan pada rangkaian inverter ini. Daya pada input dihitung manual sedangkan daya pada output dilihat pada wattmeter

$$P_{IN} = V_{IN} \times I_{IN}$$

$$P_{IN} = 12V \times 2A$$

$$P_{IN} = 24watt$$

$$P_{OUT} = 5,6watt$$

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{5,6watt}{24watt} \times 100\%$$

$$\eta = 23,33\%$$

Maka, dapat diketahui bahwa efisiensi dari rangkaian inverter ini adalah sebesar 23,33 %.



BAB 4

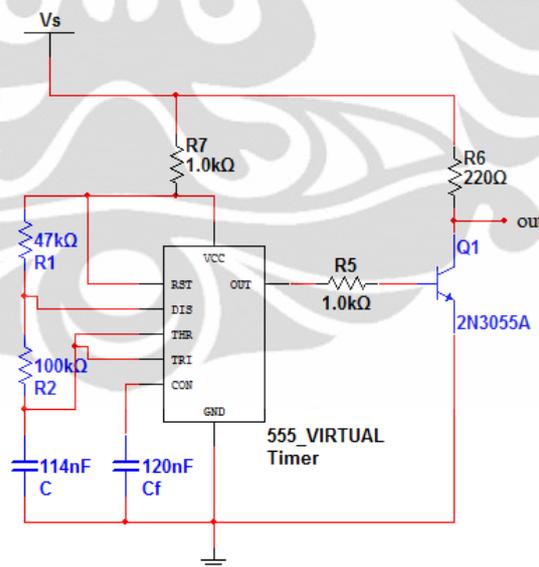
ANALISIS PEMILIHAN KOMPONEN DAN PERCOBAAN MODEL PROTOTIPE RANGKAIAN PADA PCB

4.1 Analisis Pemilihan Komponen

4.1.1 Multivibrator

Multivibrator pada rangkaian inverter memiliki fungsi yaitu sebagai penghasil gelombang utama pada rangkaian inverter (frekuensi 50 Hz)

Untuk penghasil gelombang utama, penulis mencoba untuk memakai IC-555 sebagai multivibrator. Dengan memakai IC-555, gelombang persegi yang dihasilkan akan terlihat murni dan memiliki sedikit *noise*. Namun untuk aplikasi daya tinggi, IC-555 memiliki tingkat kerapuhan yang tinggi. Bila terdapat kelebihan arus atau tegangan sedikit saja, maka IC-555 akan menjadi panas dan akhirnya tidak berfungsi. Untuk mengatasi hal ini digunakan *driver* berupa *common emitter* untuk mendukung tegangan dan arus keluaran dari multivibrator.

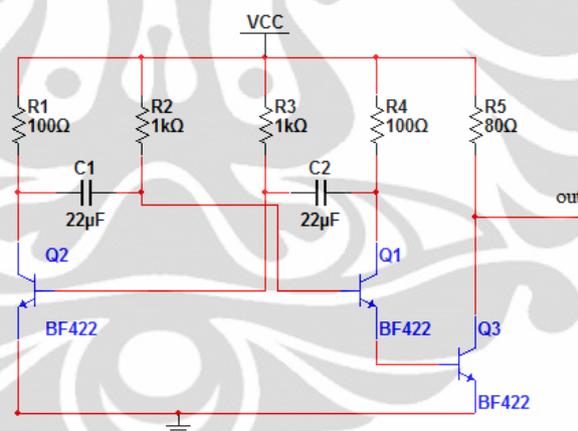


Gambar 4.1. Rangkaian multivibrator 50 Hz menggunakan IC-555 dan *drivernya*

Sebagai alternatif penghasil gelombang utama pada rangkaian inverter, penulis mencoba memakai multivibrator astabil yang menggunakan transistor yang memiliki ketahanan terhadap arus tinggi, yaitu transistor NPN 2N3055. dengan memakai multivibrator astabil dengan transistor 2N3055, gelombang persegi yang

dihasilkan kualitas bentuknya relatif lebih buruk dibandingkan dengan memakai IC-555. hal ini disebabkan oleh proses pengisian dan pengosongan pada kapasitor multivibrator yang memiliki grafik eksponensial. Namun rangkaian ini akan lebih tahan terhadap arus tinggi, karena digunakan transistor 2N3055 yang memiliki ketahanan arus sampai 15 ampere.

Untuk mengatasi bentuk gelombang multivibrator astabil yang relatif tidak bagus, digunakan rangkaian *driver common emitter*. Rangkaian *common emitter* disamping dapat menguatkan tegangan dan arus, juga dapat memperbaiki bentuk gelombang keluaran multivibrator astabil dengan cara komparasi, yaitu bila tegangan input adalah 0, maka output rangkaian adalah 0. sedangkan bila input rangkaian selain 0 maka di output yang terjadi adalah tegangan sebesar tegangan suplai rangkaian. Namun efek negatif dari rangkaian *driver* ini adalah terjadinya *noise* yang terjadi akibat efek harmonisa pada transistor.



Gambar 4.2. Rangkaian multivibrator astabil 50 Hz dengan menggunakan transistor dan drivernya

4.1.2 Transistor

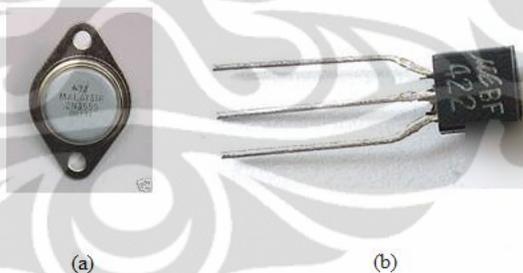
Transistor pada rangkaian inverter digunakan untuk berbagai aplikasi. Yang pertama adalah sebagai rangkaian penguat arus Darlington dan juga sebagai final transistor. Untuk aplikasi *amplifier*, transistor yang digunakan harus memiliki ketahanan terhadap arus yang tinggi. Oleh karena itu penulis memakai

transistor 2N3055 (komplemen MJ2955) yang menurut *datasheet* tahan terhadap arus hingga 15 ampere pada rangkaian ini.

Aplikasi transistor yang lain pada rangkaian inverter adalah sebagai rangkaian *amplifier*. *Amplifier* pada rangkaian inverter terdiri atas rangkaian Darlington, *amplifier* kelas B dan rangkaian *driver* yang terdiri atas *common collector* dan *common emitter*.

Untuk aplikasi Darlington, *amplifier* kelas B dan juga *common collector* juga membutuhkan transistor yang memiliki ketahanan arus *collector* yang tinggi, karena rangkaian inverter merupakan rangkaian yang dengan daya tinggi. Oleh karena itu, 2N3055 juga digunakan untuk aplikasi-aplikasi tersebut.

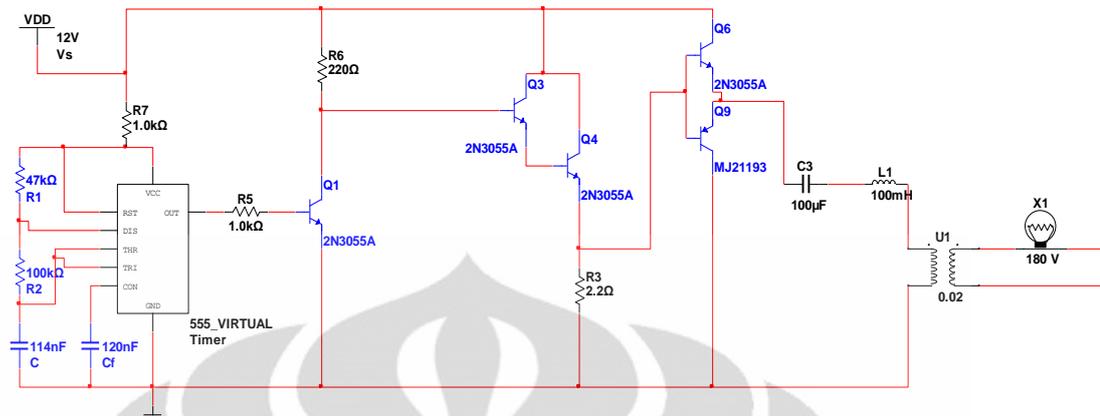
Aplikasi yang lain dari transistor adalah sebagai komponen utama dalam rangkaian multivibrator astabil. Untuk membuat rangkaian multivibrator astabil bisa digunakan transistor 2N3055 maupun BF422. Berdasarkan *datasheet*, BF422 adalah transistor yang ketahanan arusnya tidak sebesar 2N3055 namun dapat diaplikasikan terhadap tegangan tinggi hingga 250 volt.



Gambar 4.3. (a). Transistor 2N3055 (b). Transistor BF422

4.2 Hasil Percobaan Model *Prototipe* Rangkaian Inverter

Penulis membuat suatu model *prototipe* untuk menguji kerja dari rangkaian inverter yang telah dibuat di simulasi MULTISIM 11 dan membandingkan kinerjanya dengan rangkaian di simulasi.



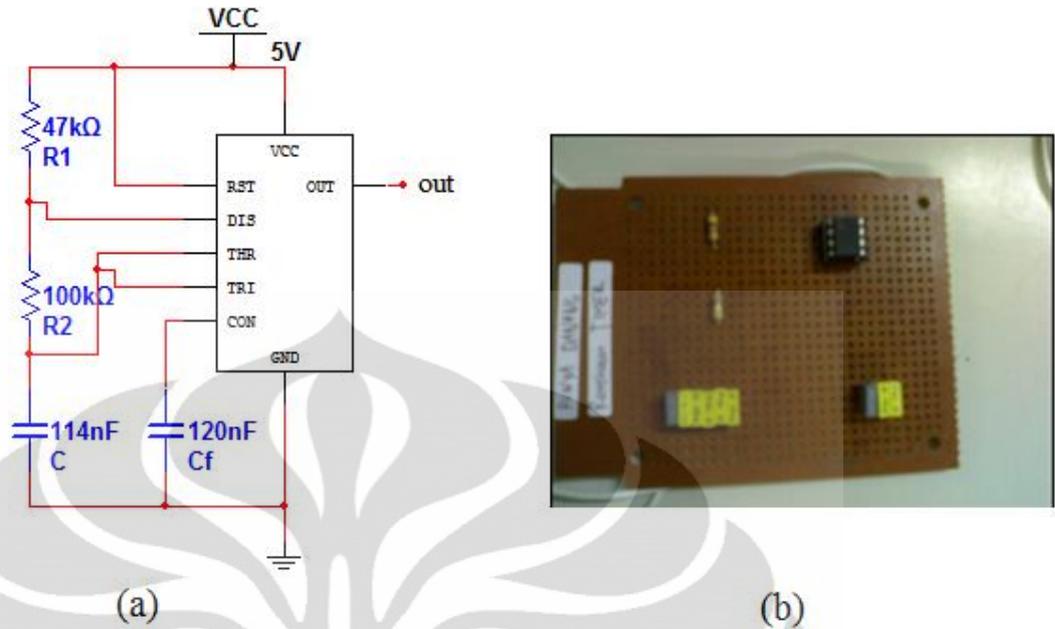
Gambar 4.4. Schematic model *prototype* inverter

Di rangkaian model *prototype* ini, penulis mencoba mengimplementasikan rangkaian inverter menjadi sebuah rangkaian pemodelan dengan memakai beban sebuah lampu AC 180 volt 5 watt. Rangkaian *prototype* ini berhasil jika lampu di beban dapat menyala.

Sebelum menguji rangkaian secara keseluruhan, penulis terlebih dahulu menguji satu persatu blok rangkaian yang digunakan pada *prototype* ini, yaitu generator sinyal (multivibrator), *common emitter*, transistor Darlington, dan *amplifier* kelas B beserta filter LC.

4.2.1 Multivibrator

Dalam melakukan percobaan multivibrator, penulis membuat sebuah multivibrator 50 Hz menggunakan IC-555. Rangkaian multivibrator diberi input DC dari *function generator* NETZGERAT sebesar 5 volt. Output multivibrator diperiksa menggunakan osiloskop HAMEG HM 303-6.



Gambar 4.5. Rangkaian multivibrator 50 Hz (a). *Schematic* dan (b). *board*

Setelah dilakukan percobaan rangkaian multivibrator, penulis mendapatkan output berbentuk sinyal *clock pulse* (gambar 4.6) yang memiliki amplitudo 5 volt. Sinyal *clock pulse* ini memiliki *duty cycle* sekitar 60%.



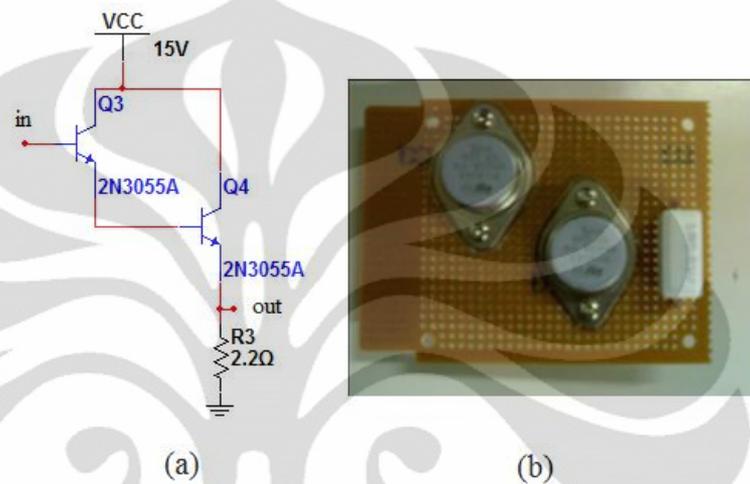
Gambar 4.6. Output dari multivibrator 50 Hz

4.2.2 Transistor Darlington

Dalam melakukan percobaan transistor Darlington, penulis ingin mengetahui apakah terjadi penguatan arus pada rangkaian ini dan juga memeriksa gelombang outputnya. Penulis menggunakan sinyal *clock pulse duty cycle* 50% dari *function generator* NETZEGRAT dengan amplitudo 6 volt sebagai sinyal

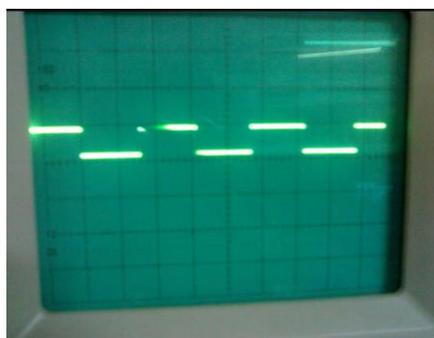
input rangkaian ini. Untuk tegangan VCC atau suplai, tegangan DC 15 volt yang juga dari NETZEGRAT dihubungkan ke collector.

Beban di rangkaian ini dimodelkan dengan resistor 220 ohm. Arus yang input dan arus yang melalui beban diperiksa dengan menggunakan amperemeter. Sedangkan sinyal output diperiksa menggunakan osiloskop HAMEG HM 303-6.



Gambar 4.7. Rangkaian transistor darlington (a) *schematic* dan (b) *board*

Setelah dilakukan percobaan, penulis mendapatkan bahwa dengan input *clock pulse* 6 volt seperti terlihat pada gambar 4.8, rangkaian ini menghasilkan output *clock pulse* 5 volt. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi tegangan jatuh 1 volt di rangkaian Darlington ini. Sedangkan untuk pengukuran arus, penulis mendapatkan arus input sebesar 2 mA dan arus output sebesar 50 mA. Hal ini menunjukkan bahwa penguatan arus di rangkaian ini dengan beban 220 ohm dapat mencapai 25 kali.

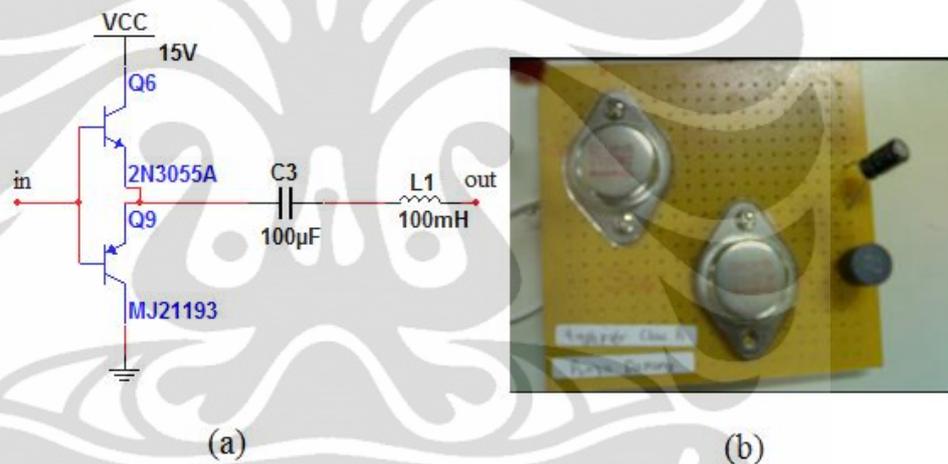


Gambar 4.8. Output *clock pulse* rangkaian Darlington

4.2.3 Amplifier Kelas B + Filter LC

Dalam melakukan percobaan *amplifier* kelas B penulis ingin mengetahui apakah terjadi penguatan arus dan juga mengetahui bentuk gelombang output setelah difilter. Input rangkaian ini adalah keluaran dari rangkaian transistor Darlington yaitu sinyal *clock pulse duty cycle* 50% dengan amplitudo gelombang sebesar 5 volt seperti terlihat pada gambar 4.8. Sedangkan VCC yang dihubungkan ke *collector* BJT 2N3055.

Beban di output dimodelkan dengan resistor 220 ohm. Arus input dan output diukur menggunakan amperemeter, sedangkan osiloskop yang sama digunakan untuk mengetahui gelombang output dan gelombang input.



Gambar 4.9. Rangkaian *amplifier* kelas B + filter LC

Setelah dilakukan percobaan, penulis mendapatkan bahwa arus output yang dihasilkan rangkaian ini tidak mengalami penguatan. Arus yang terukur di input adalah 2 mA, sedangkan arus yang terukur di output adalah 1,5 mA. Arus output yang kecil ini terjadi karena resistor di beban yang terlalu tinggi. Dengan mengganti resistor beban menjadi 22 ohm, maka arus output dapat meningkat menjadi 8 mA.

Setelah dilakukan pengukuran arus, langkah selanjutnya adalah memeriksa bentuk gelombang keluaran dan dibandingkan dengan gelombang masukan. Setelah dilakukan percobaan, gelombang keluaran yang dihasilkan

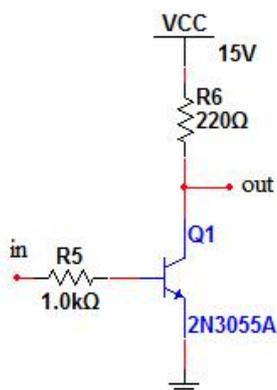
berbentuk seperti gambar 4.10. gelombang keluaran tersebut memiliki polaritas positif 2 volt dan polaritas negatif -2 volt. Sedangkan sinyal input yang masuk adalah *clock pulse* yang tidak memiliki polaritas negatif. Namun gelombang yang terbentuk belum menjadi sinusoidal seperti yang dihasilkan pada rangkaian simulasi dan tegangan jatuh yang terjadi di rangkaian ini mencapai 1 volt.



Gambar 4.10. Output rangkaian *amplifier* kelas B + filter LC

4.2.4 Common emitter

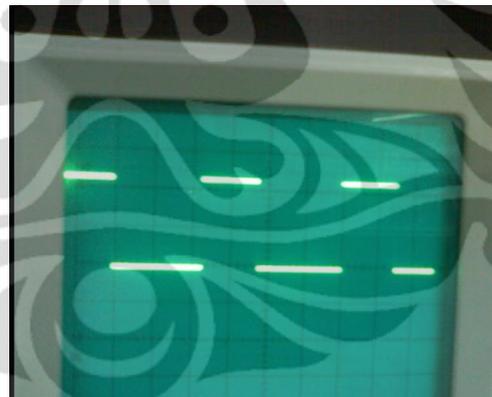
Rangkaian *common emitter* pada prototipe ini digunakan sebagai *driver* tegangan dan arus untuk rangkaian multivibrator sebagai ganti dari Op-Amp pada simulasi. Kegunaan utama rangkaian ini adalah menguatkan tegangan dan arus. Dalam melakukan percobaan ini penulis menggunakan input yang berasal dari keluaran multivibrator, yaitu sinyal *clock pulse duty cycle* 60% dengan amplitudo 5 volt seperti terlihat pada gambar 4.6. Untuk tegangan suplai, VCC 15 volt dari NETZEGRAT dihubungkan ke collector transistor.



Gambar 4.11. Rangkaian *common emitter*

Beban dimodelkan dengan resistor 220 ohm. Yang diperiksa di output rangkaian ini adalah bentuk gelombang dan amplitudo tegangan menggunakan osiloskop.

Setelah dilakukan percobaan, didapatkan gelombang seperti terlihat pada gambar 4.12, output dengan amplitudo sebesar 11 volt. Penguatan tegangan ini terjadi saat transistor dalam kondisi *off state*, sehingga tegangan VCC yang akan menyuplai beban. Selain itu, *duty cycle* dari gelombang tersebut menjadi 40%. *Duty cycle* mengalami pembalikan dari 60% menjadi 40%. Hal ini juga karena polaritas positif akan terjadi saat kondisi *off state*.



Gambar 4.12. Output *common emitter*

4.2.5 Rangkaian Inverter Keseluruhan

Setelah dilakukan pengujian terhadap masing-masing blok rangkaian, yang dilakukan selanjutnya adalah melakukan penggabungan seluruh blok rangkaian dan menghubungkan terminal outputnya dengan transformator. Beban dari rangkaian inverter ini digunakan sebuah lampu AC 170-220 volt dengan daya 11 watt.

Sebelum menghubungkan rangkaian *prototipe* ke transformator, penulis terlebih dahulu memeriksa output dari rangkaian inverter keseluruhan setelah menggabungkan keempat blok rangkaian, yaitu multivibrator, *common emitter*, transistor Darlington, dan *amplifier* kelas B + filter LC.



Gambar 4.13. Diagram alir model prototipe inverter menurut *schematic* gambar 4.4

Output dari rangkaian ini dihubungkan ke sebuah beban yang dimodelkan oleh resistor, yang besarnya dapat diubah-ubah untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik dan kualitas output dari rangkaian.



Gambar 4.14. *Prototipe* rangkaian inverter keseluruhan

Setelah melakukan percobaan, penulis mendapatkan bahwa besar tegangan output sangat dipengaruhi oleh besar beban yang dipasang di output. Saat beban yang dipasang sebesar 22 kohm, tegangan output yang terbaca pada osiloskop adalah 3 volt *peak-to-peak*. Sedangkan saat menggunakan beban 220 ohm, tegangan output (gambar 4.15) yang terbaca adalah 1 volt *peak-to-peak*.



Gambar 4.15. Gelombang output rangkaian *prototipe* inverter saat beban 220 ohm

Selain itu, penulis juga memeriksa bentuk gelombang output yang terjadi pada rangkaian *prototipe*. Terlihat seperti pada gambar 4.15, gelombang yang terbentuk tidak berbentuk sinusoidal seperti yang terjadi pada simulasi. Hal ini diakibatkan oleh karakteristik BJT yang memiliki tegangan jatuh dan *noise* yang tidak terdapat pada simulasi.

Bila kita melihat balik pada simulasi di bab 3, gelombang yang terbentuk setelah proses filtering berbentuk sinusoidal yang hampir sempurna. Sedangkan pada percobaan dengan model *prototipe*, terlihat bahwa bentuk gelombang hasil filtering sangat berbeda dari hasil simulasi. Hal ini diakibatkan oleh pengaruh *parasitic resistance* dan faktor toleransi di kapasitor dan induktor yang tidak diperhitungkan pada simulasi, namun pada kenyataannya berpengaruh pada output yang dihasilkan rangkaian.

Bila gelombang output yang terbentuk tidak sinusoidal, maka tegangan dari inverter tidak dapat di *step-up* dengan transformator dan dialirkan ke beban. Hal ini dikarenakan untuk menaikkan tegangan dengan transformator dibutuhkan fluks putar yang hanya bisa dihasilkan oleh tegangan AC sinusoidal.

Setelah melakukan percobaan rangkaian *prototipe* dengan *function generator* NETZEGRAT, penulis melakukan percobaan dengan menggunakan sumber langsung dari baterai aki 12 volt.

Dengan melakukan percobaan memakai baterai aki, diharapkan output dari rangkaian inverter akan jauh lebih memuaskan karena *function generator*

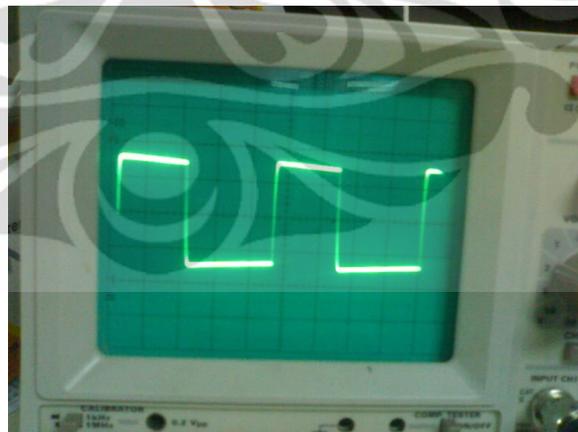
tidak dapat mendukung rangkaian inverter karena memiliki batasan terhadap arus yang dapat di suplai sehingga output dari prototipe menjadi jauh dari yang diharapkan.



Gambar 4.16. Baterai aki NAGOYA 12 volt

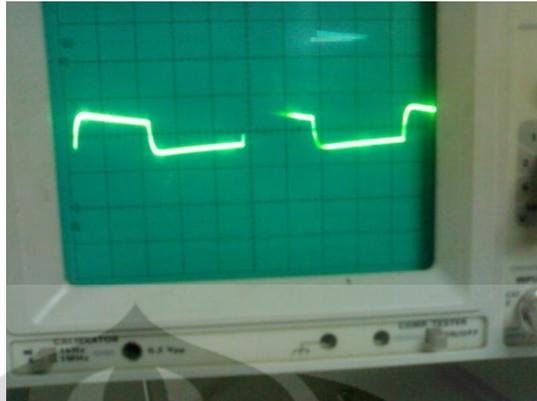
Saat melakukan percobaan menggunakan aki, penulis menggunakan sebuah beban yang dimodelkan dengan menggunakan resistor 10 watt dengan besaran 5,6 ohm dan 1 kohm. Penulis juga akan mengukur arus yang melewati beban dengan amperemeter.

Setelah melakukan percobaan dengan beban 1 kohm, penulis mendapatkan tegangan dengan bentuk seperti pada gambar 4.17, dimana amplitudonya mencapai 4 volt. Sedangkan arus yang terukur adalah 3 mA.



Gambar 4.17. Bentuk gelombang saat beban 1 kohm

Saat percobaan dengan menggunakan beban 5,6 ohm, bentuk tegangan yang terjadi adalah seperti pada gambar 4.18 dengan amplitudo 0,6 volt. Sedangkan arus yang terukur adalah 14 mA.



Gambar 4.18. Bentuk gelombang saat beban 5.6 ohm

Setelah melakukan percobaan dengan beban resistor, penulis mendapatkan fakta bahwa arus yang terukur di output terlalu kecil untuk diinput ke primer transformator, namun penulis tetap melakukan percobaan dengan menggunakan transformator 5 ampere seperti pada gambar 4.19.

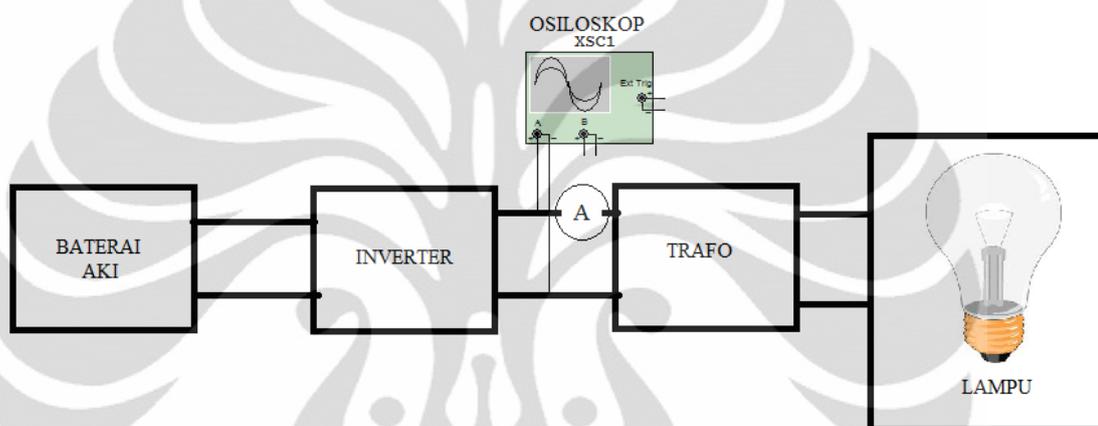


Gambar 4.19. Transformator 6 ampere

Sekunder dari transformator akan dihubungkan pada sebuah lampu PHILIPS 220 volt 5 watt seperti pada gambar 4.20. Sedangkan primer transformator dihubungkan ke rangkaian inverter, yang diseri dengan amperemeter dan diparalel dengan osiloskop HAMEG.



Gambar 4.20. lampu PHILIPS 220 volt 5 watt



Gambar 4.21. Rangkaian percobaan inverter

Setelah melakukan percobaan, didapatkan tegangan output seperti pada gambar 4.18, sedangkan arus yang terjadi pada primer transformator adalah 14 mA. Lampu beban yang terdapat pada sekunder tidak menyala. Hal ini terjadi akibat arus yang terjadi pada primer terlalu kecil, sehingga saat di sekunder arus yang terjadi akan sangat kecil sehingga tidak cukup kuat untuk menyalakan lampu.

Arus input yang terukur pada inverter adalah sebesar 100 mA, sedangkan arus yang keluar dari inverter hanya sebesar 14 mA. Berarti terdapat arus yang hilang sebesar 86 mA selama arus melewati inverter.

Penulis menyelidiki penyebab terlalu kecilnya arus output yang terjadi pada prototipe inverter, dan mendapatkan hipotesis bahwa:

1. Pada rangkaian common emitter, penguatan arus dipengaruhi oleh besar h_{FE} . Sedangkan pada common emitter yang dipakai pada prototipe ini tidak memakai konfigurasi feedback bias maupun voltage divider. Hal ini akan membuat besar h_{FE} pada transistor akan berubah-ubah sehingga akan menyebabkan penguatan arus menjadi tidak stabil.
2. Pada rangkaian Darlington, terdapat resistor *pull-down*, yang berfungsi untuk menarik arus collector pada transistor menjadi lebih besar. Resistor pull down ini terhubung langsung pada ground dan emitter. Jika besar hambatannya terlalu kecil maka arus collector akan lebih banyak terbuang ke ground, sehingga yang dialirkan menuju final transistor menjadi semakin kecil.

Selain itu, impedansi pada transformator pada percobaan prototipe ini tidak diperhitungkan. Padahal transformator juga memiliki besaran induktansi yang dapat mempengaruhi proses filtering pada filter *band-pass* LC. Impedansi pada transformator yang pada simulasi tidak diperhitungkan juga dapat membuat arus output menjadi lebih kecil dan tegangan jatuh pada transformator akan semakin besar.

Induktansi pada transformator juga dapat menggeser besaran frekuensi cut-off yang ada pada filter *band-pass* LC. Hal ini akan membuat proses konversi bentuk tegangan dari clock pulse ke sinusoidal menjadi tidak sempurna, karena induktansi pada filter bertambah.

Kesimpulan percobaan model prototipe ini adalah prototipe tidak sanggup melakukan suplai terhadap lampu, namun telah berhasil mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC.

BAB 5

KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian baik dengan simulasi maupun dengan rangkaian model, penulis mendapatkan kesimpulan sebagai berikut:

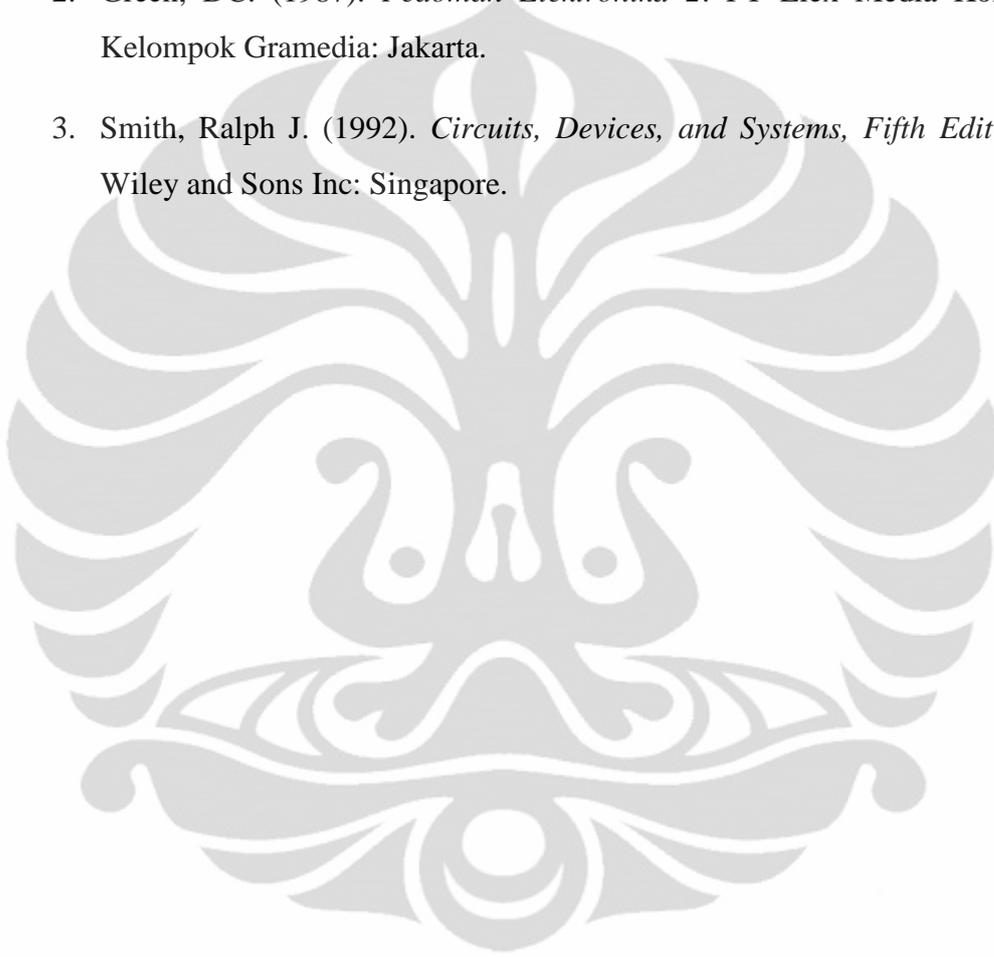
1. Pada simulasi, inverter dapat menghasilkan tegangan AC beramplitudo 220 volt dan berfrekuensi 50 Hz.
2. Output yang dihasilkan oleh model prototipe sangat berbeda dengan simulasi.
3. Gelombang keluaran model *prototipe* tidak berbentuk sinusoidal.
4. Prototipe inverter memiliki output arus yang sangat kecil sehingga tidak dapat menyalakan lampu di beban.

DAFTAR ACUAN

- [1]. Storr, Wayne. (2010). *Electronics Tutorial about Class B Amplifiers*.
http://www.electronics-tutorials.ws/amplifier/amp_6.html.
- [2]. Poole, Ian. (2010). *Transistor Darlington Pair*. <http://www.electronics-radio.com/Darlington-pair.php.htm>.
- [3]. Wikipedia. (2010). *555 timer IC*. http://en.wikipedia.org/wiki/555_timer_IC.
- [4]. Van Roon, Tony. (1995). *555 Timer Tutorial*.
<http://www.sentex.ca/~mec1995/gadgets/555/555.html>.
- [5]. Soni, Anita. (1999). *DC-DC Switching Boost Converter, Senior Design Final Report*.
- [6]. Hewes, John. (2010). *Transistor Circuits*.
<http://www.kpsec.freeuk.com/trancirc.htm#darlington>.
- [7]. Bridgen, D. (2007). *Transistor Astable Multivibrator*.
<http://www.davidbridgen.com/astable.htm>.
- [8]. Bigelow, Ken. (2009). *Series LC Circuits*. http://www.play-hookey.com/ac_theory/ac_lc_series.html
- [9]. Wikipedia. (2010). *Boost Converter*.
http://en.wikipedia.org/wiki/Boost_converter
- [10]. (2011). *Modul Praktikum Rangkaian Elektronika*. Laboratorium Elektronika Teknik Elektro Universitas Indonesia

DAFTAR PUSTAKA

1. Boylestad, Robert L. (2002). *Electronic Devices and Circuit Theory, Ninth Edition*. Prentice Hall.
2. Green, DC. (1987). *Pedoman Elektronika 2*. PT Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia: Jakarta.
3. Smith, Ralph J. (1992). *Circuits, Devices, and Systems, Fifth Edition*. John Wiley and Sons Inc: Singapore.



LAMPIRAN

Datasheet 2N3055 dan MJ2955



2N3055
MJ2955

COMPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS

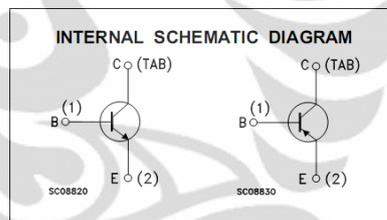
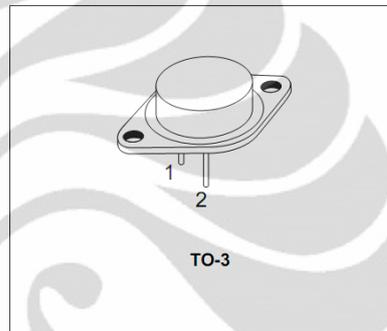
- STMicroelectronics PREFERRED SALESTYPES
- COMPLEMENTARY NPN-PNP DEVICES

DESCRIPTION

The 2N3055 is a silicon Epitaxial-Base Planar NPN transistor mounted in Jedec TO-3 metal case.

It is intended for power switching circuits, series and shunt regulators, output stages and high fidelity amplifiers.

The complementary PNP type is MJ2955.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value		Unit
		NPN	2N3055	
V_{CBO}	Collector-Base Voltage ($I_E = 0$)		100	V
V_{CER}	Collector-Emitter Voltage ($R_{BE} \leq 100\Omega$)		70	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage ($I_B = 0$)		60	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)		7	V
I_C	Collector Current		15	A
I_B	Base Current		7	A
P_{tot}	Total Dissipation at $T_c \leq 25^\circ\text{C}$		115	W
T_{stg}	Storage Temperature		-65 to 200	$^\circ\text{C}$
T_J	Max. Operating Junction Temperature		200	$^\circ\text{C}$

For PNP types voltage and current values are negative.

August 1999

1/4

2N3055 / MJ2955**THERMAL DATA**

$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	1.5	°C/W
----------------	----------------------------------	-----	-----	------

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25\text{ °C}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CEX}	Collector Cut-off Current ($V_{BE} = -1.5V$)	$V_{CE} = 100 V$ $V_{CE} = 100 V$ $T_J = 150\text{ °C}$			1 5	mA mA
I_{CEO}	Collector Cut-off Current ($I_B = 0$)	$V_{CE} = 30 V$			0.7	mA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current ($I_C = 0$)	$V_{EB} = 7 V$			5	mA
$V_{CE(sus)*}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ($I_B = 0$)	$I_C = 200\text{ mA}$	60			V
$V_{CE(sus)*}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ($R_{BE} = 100\ \Omega$)	$I_C = 200\text{ mA}$	70			V
$V_{CE(sat)*}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 4\text{ A}$ $I_B = 400\text{ mA}$ $I_C = 10\text{ A}$ $I_B = 3.3\text{ A}$			1 3	V V
V_{BE*}	Base-Emitter Voltage	$I_C = 4\text{ A}$ $V_{CE} = 4\text{ A}$			1.8	V
h_{FE*}	DC Current Gain	$I_C = 4\text{ A}$ $V_{CE} = 4\text{ A}$ $I_C = 10\text{ A}$ $V_{CE} = 4\text{ A}$	20 5		70	
f_T	Transition frequency	$I_C = 0.5\text{ A}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$	3			MHz
$I_{S/B*}$	Second Breakdown Collector Current	$V_{CE} = 40\text{ V}$	2.87			A

* Pulsed: Pulse duration = 300 μs , duty cycle 1.5%
For PNP types voltage and current values are negative.

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

DESCRIPTION

The 555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays, or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200 mA.

FEATURES

- Turn-off time less than 2 μ s
- Max. operating frequency greater than 500 kHz
- Timing from microseconds to hours
- Operates in both astable and monostable modes
- High output current
- Adjustable duty cycle
- TTL compatible
- Temperature stability of 0.005% per $^{\circ}$ C

APPLICATIONS

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation

PIN CONFIGURATION

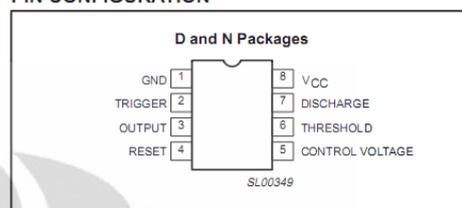


Figure 1. Pin configuration

BLOCK DIAGRAM

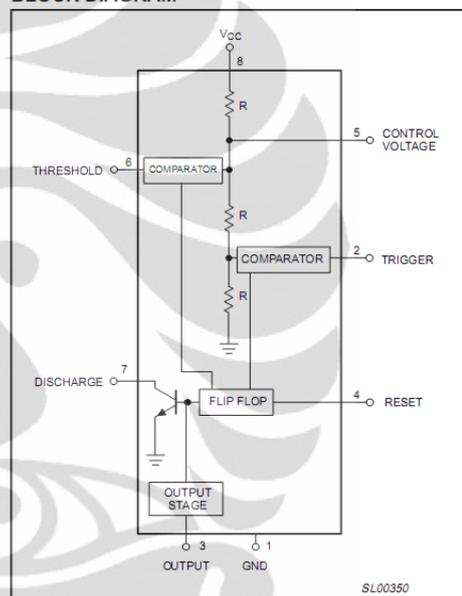


Figure 2. Block Diagram

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to +70 $^{\circ}$ C	NE555D	SOT96-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70 $^{\circ}$ C	NE555N	SOT97-1
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40 $^{\circ}$ C to +85 $^{\circ}$ C	SA555D	SOT96-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40 $^{\circ}$ C to +85 $^{\circ}$ C	SA555N	SOT97-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55 $^{\circ}$ C to +125 $^{\circ}$ C	SE555CN	SOT97-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55 $^{\circ}$ C to +125 $^{\circ}$ C	SE555N	SOT97-1

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

EQUIVALENT SCHEMATIC

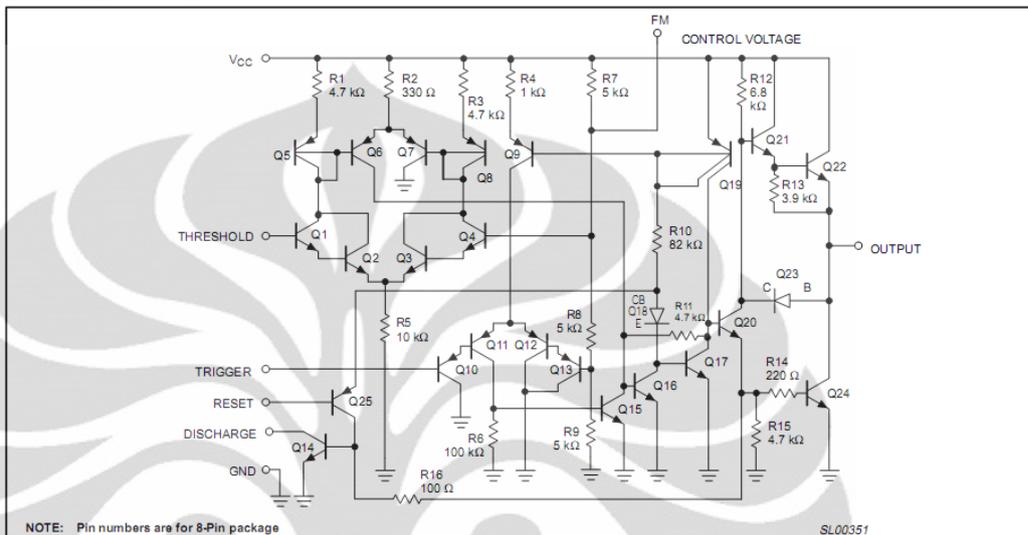


Figure 3. Equivalent schematic

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V _{CC}	Supply voltage		
	SE555	+18	V
	NE555, SE555C, SA555	+16	V
P _D	Maximum allowable power dissipation ¹	600	mW
T _{amb}	Operating ambient temperature range		
	NE555	0 to +70	°C
	SA555	-40 to +85	°C
	SE555, SE555C	-55 to +125	°C
T _{stg}	Storage temperature range	-65 to +150	°C
T _{SOLD}	Lead soldering temperature (10 sec max)	+230	°C

NOTE:

- The junction temperature must be kept below 125 °C for the D package and below 150°C for the N package. At ambient temperatures above 25 °C, where this limit would be derated by the following factors:
 D package 160 °C/W
 N package 100 °C/W

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

DC AND AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

T_{amb} = 25 °C, V_{CC} = +5 V to +15 V unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE555			NE555/SA555/SE555C			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V _{CC}	Supply voltage		4.5		18	4.5		16	V
I _{CC}	Supply current (low state) ¹	V _{CC} = 5 V, R _L = ∞ V _{CC} = 15 V, R _L = ∞		3 10	5 12		3 10	6 15	mA mA
t _M Δt _M /ΔT Δt _M /ΔV _S	Timing error (monostable) Initial accuracy ² Drift with temperature Drift with supply voltage	R _A = 2 kΩ to 100 kΩ C = 0.1 μF		0.5 30 0.05	2.0 100 0.2		1.0 50 0.1	3.0 150 0.5	% ppm/°C %/V
t _A Δt _A /ΔT Δt _A /ΔV _S	Timing error (astable) Initial accuracy ² Drift with temperature Drift with supply voltage	R _A , R _B = 1 kΩ to 100 kΩ C = 0.1 μF V _{CC} = 15 V		4 0.15	6 500 0.6		5 0.3	13 500 1	% ppm/°C %/V
V _C	Control voltage level	V _{CC} = 15 V V _{CC} = 5 V	9.6 2.9	10.0 3.33	10.4 3.8	9.0 2.6	10.0 3.33	11.0 4.0	V V
V _{TH}	Threshold voltage	V _{CC} = 15 V V _{CC} = 5 V	9.4 2.7	10.0 3.33	10.6 4.0	8.8 2.4	10.0 3.33	11.2 4.2	V V
I _{TH}	Threshold current ³			0.1	0.25		0.1	0.25	μA
V _{TRIG}	Trigger voltage	V _{CC} = 15 V V _{CC} = 5 V	4.8 1.45	5.0 1.67	5.2 1.9	4.5 1.1	5.0 1.67	5.6 2.2	V V
I _{TRIG}	Trigger current	V _{TRIG} = 0 V		0.5	0.9		0.5	2.0	μA
V _{RESET}	Reset voltage ⁴	V _{CC} = 15 V, V _{TH} = 10.5 V	0.3		1.0	0.3		1.0	V
I _{RESET}	Reset current Reset current	V _{RESET} = 0.4 V V _{RESET} = 0 V		0.1 0.4	0.4 1.0		0.1 0.4	0.4 1.5	mA mA
V _{OL}	LOW-level output voltage	V _{CC} = 15 V I _{SINK} = 10 mA I _{SINK} = 50 mA I _{SINK} = 100 mA I _{SINK} = 200 mA		0.1 0.4 2.0 2.5	0.15 0.5 2.2		0.1 0.4 2.0 2.5	0.25 0.75 2.5	V V V V
		V _{CC} = 5 V I _{SINK} = 8 mA I _{SINK} = 5 mA		0.1 0.05	0.25 0.2		0.3 0.25	0.4 0.35	V V
V _{OH}	HIGH-level output voltage	V _{CC} = 15 V I _{SOURCE} = 200 mA I _{SOURCE} = 100 mA		13.0	12.5 13.3		12.5 13.3		V V
		V _{CC} = 5 V I _{SOURCE} = 100 mA		3.0	3.3		2.75 3.3		V
t _{OFF}	Turn-off time ⁵	V _{RESET} = V _{CC}		0.5	2.0		0.5	2.0	μs
t _R	Rise time of output			100	200		100	300	ns
t _F	Fall time of output			100	200		100	300	ns
	Discharge leakage current			20	100		20	100	nA

NOTES:

- Supply current when output high typically 1 mA less.
- Tested at V_{CC} = 5 V and V_{CC} = 15 V.
- This will determine the max value of R_A+R_B, for 15 V operation, the max total R = 10 MΩ, and for 5 V operation, the max. total R = 3.4 MΩ.
- Specified with trigger input HIGH.
- Time measured from a positive-going input pulse from 0 to 0.8×V_{CC} into the threshold to the drop from HIGH to LOW of the output. Trigger is tied to threshold.

Datasheet BF422



BF422

NPN Silicon Transistor

Descriptions

- High voltage application
- Monitor equipment application

Features

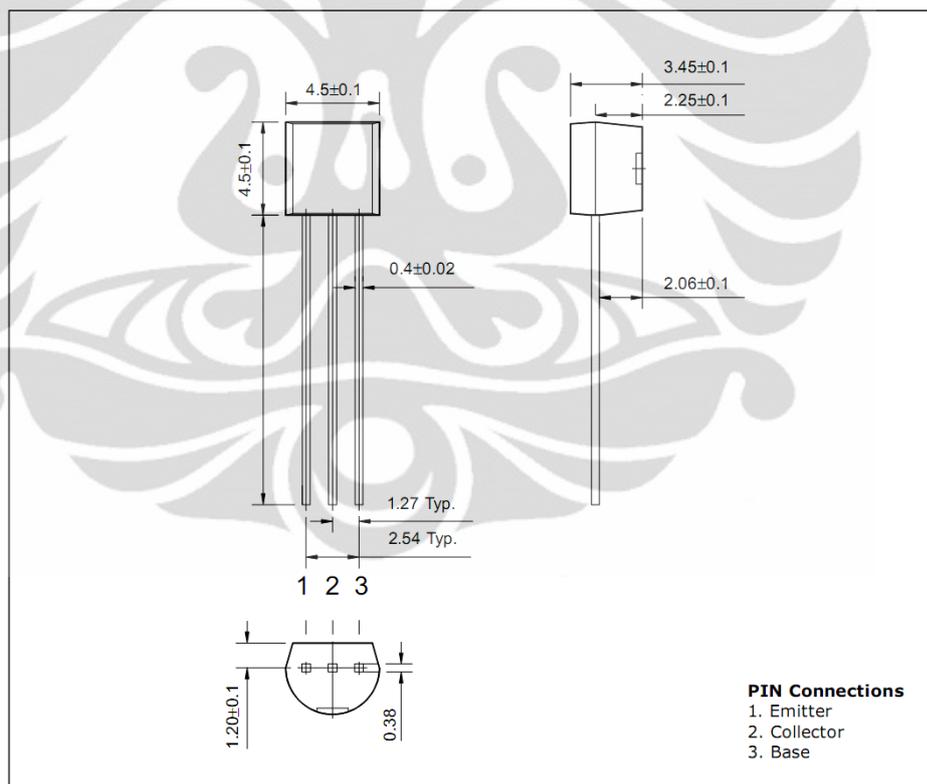
- Collector-Emitter voltage : $V_{CE0}=250V$
- Complementary pair with BF423

Ordering Information

Type NO.	Marking	Package Code
BF422	BF422	TO-92

Outline Dimensions

unit : mm



KST-9065-000

1

BF422**Absolute maximum ratings**

Characteristic	Symbol	Ratings	Unit
Collector-Base voltage	V_{CBO}	250	V
Collector-Emitter voltage	V_{CEO}	250	V
Emitter-base	V_{EBO}	5	V
Collector current	I_C	100	mA
Collector dissipation	P_C	625	mW
Junction temperature	T_j	150	°C
Storage temperature	T_{stg}	-55~150	°C

Electrical Characteristics

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Collector-Emitter breakdown voltage	BV_{CEO}	$I_C=1mA, I_B=0$	250	-	-	V
Collector cut-off current	I_{CBO}	$V_{CB}=200V, I_E=0$	-	-	100	nA
Emitter cut-off current	I_{EBO}	$V_{EB}=5V, I_C=0$	-	-	100	nA
DC current gain	h_{FE}	$V_{CE}=20V, I_C=25mA$	50	-	-	-
Collector-Emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_C=30mA, I_B=5mA$	-	-	0.6	V
Transistor frequency	f_T	$V_{CE}=20V, I_C=10mA, f=100MHz$	-	100	-	MHz
Collector output capacitance	C_{ob}	$V_{CB}=20V, I_E=0, f=1MHz$	-	1	-	pF