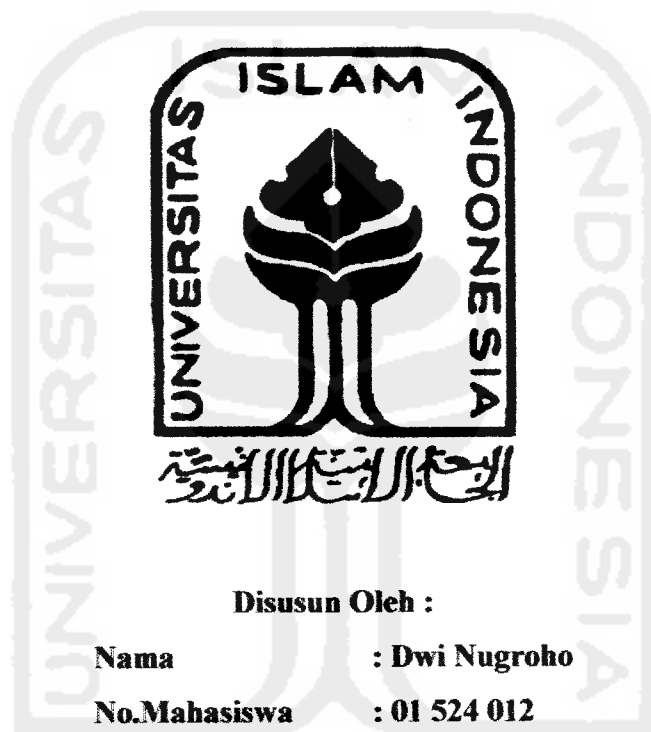


PERANCANGAN *SOLAR HOME SYSTEM* 200 WATT

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Disusun Oleh :

Nama : Dwi Nugroho

No.Mahasiswa : 01 524 012

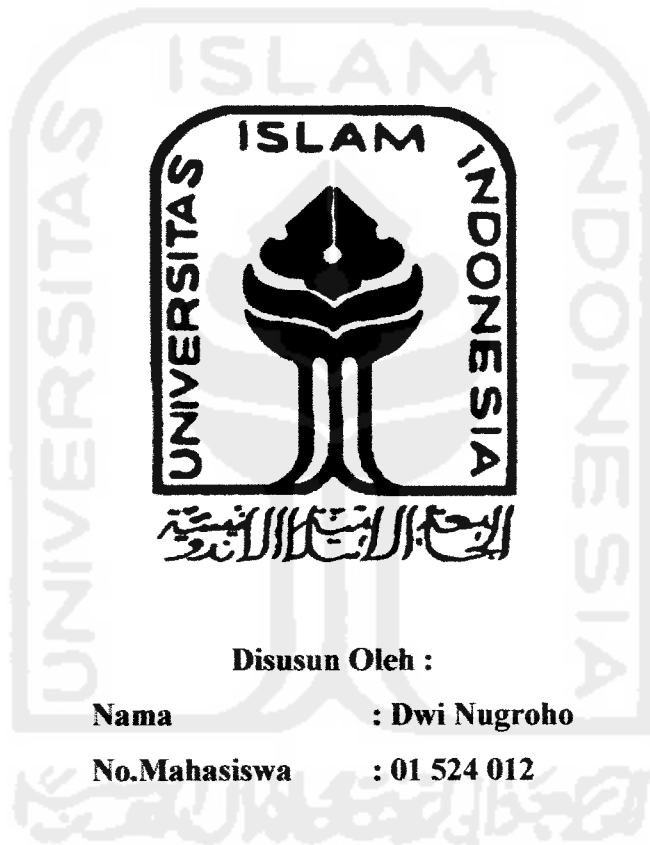
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2007

PERANCANGAN *SOLAR HOME SYSTEM* 200 WATT

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Disusun Oleh :

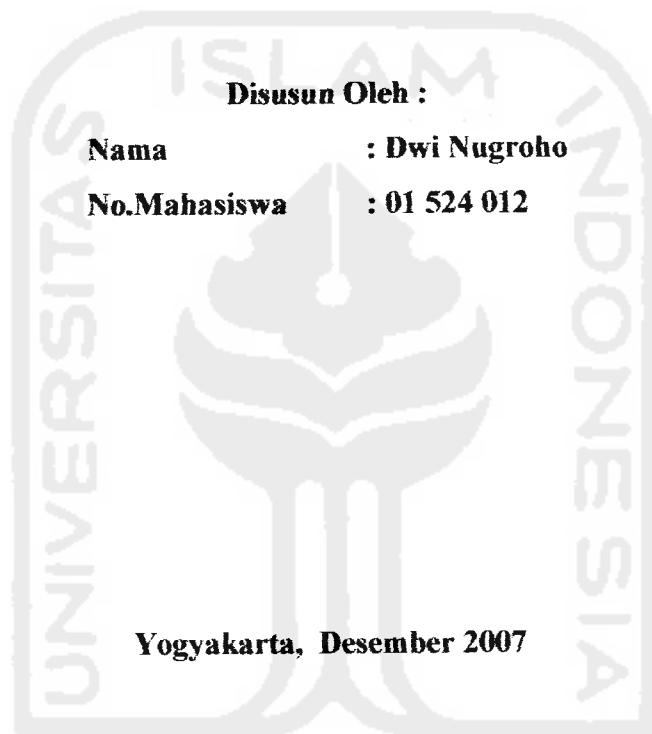
Nama : Dwi Nugroho

No.Mahasiswa : 01 524 012

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2007

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR
PERANCANGAN SOLAR HOME SYSTEM 200 WATT



Disusun Oleh :

Nama : Dwi Nugroho

No.Mahasiswa : 01 524 012

Yogyakarta, Desember 2007

Dosen Pembimbing I

(Wahyudi Budi Pramono, ST.)

Dosen Pembimbing II

(Yusuf Aziz Amrullah, ST.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI
TUGAS AKHIR
PERANCANGAN SOLAR HOME SYSTEM 200 WATT

Disusun Oleh :

Nama : Dwi Nugroho

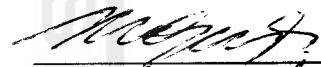
No.Mahasiswa : 01 524 012

**Telah Dipertahankan Di Depan Sidang Penguji, Sebagai Salah Satu
Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro,
Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia**

Tim Penguji

Tanda tangan

1. **Wahyudi Budi Pramono, ST.**



2. **Yusuf Aziz Amrullah, ST.**



3. **RM. Sisdarmanto Adinandra, ST., M.Sc.**



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



(Hito Yuwono, ST., M.Sc.)

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Karya ini ananda persembahkan untuk :

Ayahanda Tercinta,

Atas bimbingan, ketauladanan, ketaqwaan, kerja keras, pengorbanan, kesabaran, tanggung jawab dan do'a ayahanda merupakan motivasi dalam hidupku.

Ibunda tersayang,

Wujud kasih sayangmu, kesabaran dan ketabahan serta do'a restu yang telah ibunda berikan telah mendewasakanmu

Kakakku serta adikku yang aku sayangi

Semua keluarga besar yang selalu memberikan bimbingan, do'a serta motivasinya.

Tak lupa seluruh saudaraku, dan teman-temanku
Saran serta do'a kalian merupakan bimbingan dan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini, Terima Kasih.

Akhirnya Kupersembahkan,

"Atas nama perjuangan dan masa depanku"

MOTTO

“Tiada suatu kepayahan, kesakitan, kesedihan, kesusahan, penderitaan dan kesukaran sampai pun duri yang menyakitkan itu menimpa kepada seorang mu’min melainkan dengan itu semua Allah akan menutupi dosa-dosanya”

(HR. Bukhari dan Muslim)

“Sungguh bersama kesukaran pasti ada kemudahan”

(QS. Asy Syarh : 5)

“Perjuangan Tak Akan Berakhir Sampai Titik Darah Terakhir”

“Semakin banyak berbuat salah semakin banyak pula ilmu yang akan didapatkan”

“Jangan pernah merasa telah menjadi orang pintar,
karena itu akan membuat orang tersebut menjadi malas belajar,
tetapi apabila kita pintar dan selalu merasa bodoh maka akan selalu berusaha
untuk belajar”

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, karena ridho-Nya lah penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“PERANCANGAN SOLAR HOME SYSTEM 200 WATT”** dan tidak lupa juga kita berikan salam dan salawat pada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW yang membawa kita dari alam kegelapan menuju ke alam yang terang benerang dengan adanya dinul Islam.

Adapun maksud dari penyusunan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi kurikulum S1 Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Disamping itu untuk menambah pengalaman dan pengetahuan serta juga sebagai perbandingan ilmu-ilmu yang telah diperoleh dibangku kuliah secara teoritis dengan keadaan yang sebenarnya didalam dunia industri.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini banyak memerlukan arahan, bimbingan, dorongan, tenaga, pikiran dan waktu dari berbagai pihak. Dengan berakhirnya tugas akhir ini, maka pada kesempatan ini ijinilah Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Fathul Wahid, ST., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Tito Yuwono, ST., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Wahyudi Budi Purnomo, ST. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Yusuf Aziz Amrullah, ST. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak RM. Sisdarmanto Adinandra, ST., M.Sc. selaku Dosen Penguji yang telah banyak memberikan masukan bagi penulis dalam hal penulisan tugas akhir ini.

6. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Terima kasih atas bimbingan dan ilmunya selama duduk dibangku kuliah.
7. Mbak Umi, Mas Agung, Civitas Akademik, seluruh karyawan dan sahabat security, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Terima kasih atas segala bantuannya, tanpa kalian mahasiswa tidak akan menjadi sarjana.
8. Bapak Sutarno, yang telah menjadi orang tua serta selalu menjadi inspirasi dan selalu memberikan motivasi selama ini.
9. Ayahanda Sugiyo dan Ibunda Sularmi tercinta yang tidak pernah lelah memberikan dukungan moril maupun materil dan juga atas segala do'a serta kasih sayangnya selama ini.
10. Kakakku, adikku, keponakanku dan abang iparku beserta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan semangat, do'a dan motivasi untuk perjuanganku selama ini.
11. Mbak Ayu, Mika, Kibot (Ricky), Dewi "*my lovely*", mbak Yanti, Rozi, kang mudrik, Hajer, Momo, Japari, Febri, Adang, Fitri, Yuli, Himawan yang tidak pernah lelah memberikan dukungan serta doa dan telah memberikan banyak warna untuk perubahan dalam hidup ini
12. Semua teman-teman satu perjuangan di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, khususnya angkatan 2001 dan semua angkatan pada umumnya, maupun teman-teman di luar Jurusan Teknik Elektro. Terima kasih atas ilmu, kekompakan dan kebersamaan yang tidak pernah luntur.
13. Semua pihak lain yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan, karena kesalahan hanya milik manusia dan kebenaran hanya milik Allah SWT. Oleh karena itu, kritik serta saran yang bersifat membangun akan selalu penulis terima dengan segala kerendahan hati dan keikhlasan yang tulus.

Akhirnya, harapan penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amien, sekian dan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Desember 2007

Penulis

Dwi Nugroho



ABSTRAK

Salah satu ancaman serius yang akan dihadapi di masa mendatang adalah krisis energi. Di Indonesia tegangan listrik fase netral pada umumnya adalah 220 V_{AC} dengan frekuensi 50 Hz. Jika krisis energi ini tidak segera diantisipasi maka suatu ketika cadangan energi kita benar-benar habis.. Salah satu sumber energi yang sangat besar tapi belum diolah dan dimanfaatkan secara maksimal adalah matahari (surya). Energi ini perlu dikembangkan karena bisa dijadikan sumber energi alternatif yang tidak mencemari lingkungan.

Dengan memanfaatkan energi matahari maka penulis melakukan perancangan *solar home system 200 watt* untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga. *Solar home system* membutuhkan beberapa alat pendukung seperti pengisi baterai DC ke DC, inverter DC ke AC dan baterai. Pengisi baterai DC ke DC berfungsi sebagai kontrol arus pengisian ke baterai agar tidak terjadi *feedback* yang dapat merusak solar modul. Inverter DC ke AC berfungsi sebagai alat untuk mengubah tegangan searah menjadi bolak balik dengan gelombang yang dihasilkan adalah kotak dan memiliki daya output mencapai 200 watt. Baterai termasuk bagian terpenting dalam perancangan *solar home system* karena berfungsi sebagai penyimpan tegangan apabila tidak ada beban yang digunakan.

Dari perancangan *solar home system 200 watt* didapatkan arus keluaran pada solar modul sebesar 3,4 ampere dan keluaran pada inverter DC ke AC adalah gelombang kotak dengan frekuensi 50 Hz dan output 200 watt dengan tegangan 220 V_{AC}.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
MOTTO.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	1
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penulisan.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II. DASAR TEORI	
2.1. <i>Solar Cell</i>	5
2.2. Pengisi Baterai	8
2.2.1. Pengubah <i>Push-Pull</i>	10

2.2.2. Op-Amp.....	10
2.3. Inverter DC ke AC.....	13
2.3.1 <i>Digital Clock Oscillator</i>	16
2.3.2 Transformator.....	17
2.3.3. Transistor.....	22
2.4 Baterai.....	23
BAB III. PERANCANGAN SISTEM	
3.1. Modul Surya.....	27
3.2. Pengisi Baterai.....	27
3.3. Baterai.....	29
3.4. Inverter DC ke AC.....	29
BAB IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1. Pengamatan dan Pengukuran.....	32
4.2. Proses Pengisian <i>Baterai</i>	32
4.2.1. Arus Pengisian Tanpa Beban.....	33
4.2.2. Arus Pengisian Dengan Beban.....	34
4.3. <i>Charging</i> dan <i>Discharging</i> Pada Baterai.....	35
4.3.1. <i>Charging</i>	36
4.3.2. <i>Discharging</i>	37
4.4. Bentuk Gelombang Dengan Berbagai Beban.....	38
BAB V. PENUTUP	
5.1. Kesimpulan.....	40
5.2. Saran.....	40

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



Gambar 4.3. Grafik tegangan keluaran pada inverter saat *charging*.....37
Gambar 4.4. Grafik tegangan keluaran pada inverter saat *discharging*.....38



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Bangsa Indonesia sedang mengalami krisis energi listrik yang akan di berikan atau didistribusikan kepada masyarakat luas, maka dituntut harus bisa mencari energi alternatif yang dapat menutupi kekurangan tersebut. *Solar Home System* merupakan teknologi yang dapat dikembangkan. Energi fosil yang telah dipergunakan selama puluhan tahun untuk memenuhi kebutuhan energi listrik ternyata berdampak terhadap pemanasan global, oleh karena itu dibutuhkan energi alternatif yang ramah lingkungan. Didaerah yang tidak mendapatkan distribusi energi listrik dari pemerintah dapat merasa lega karena salah satu tata surya dapat menghasilkan energi listrik yang bisa membantu memenuhi kebutuhan listrik.

Indonesia merupakan negara yang berpotensi untuk menjadikan *solar sel* sebagai salah satu sumber energi masa depan, mengingat posisi Indonesia pada katulistiwa yang memungkinkan sinar matahari dapat optimal diterima di permukaan bumi di hampir seluruh Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat ditarik suatu rumusan masalah “Bagaimana membuat suatu sistem dengan memanfaatkan energi surya yang bisa dijadikan sumber energi untuk rumah tangga”.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dibatasi pada :

1. Perancangan difokuskan pada alat pengisi baterai dan alat pengubah tegangan DC ke AC.
2. Daya maksimal yang digunakan pada keluaran akhir adalah 200 watt.
3. Keluaran dari *inverter* DC ke AC adalah gelombang kotak dengan tegangan 220 V_{AC} dan frekuensi 50 Hz.
4. Perancangan menggunakan solar modul jenis monokristal dengan output 12 V_{DC} 50 Wp.
5. Kestabilan tegangan, pengaruh pembebanan serta gangguan frekuensi pada sumber utama tidak dibahas.

1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah mengaplikasikan *solar cell* sebagai energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Menerapkan teori yang didapat dibangku kuliah untuk diterapkan ke dalam sebuah karya nyata.
 - b. Memperoleh pengetahuan dan pemahaman yang lebih luas mengenai energi alternatif beserta alat pendukungnya.

- c. Memperoleh pengalaman dalam perancangan dan proses pembuatan alat pendukung penggunaan *solar cell*.
2. Bagi Lembaga Pendidikan

Dapat mendorong munculnya ide-ide baru untuk mencari metode terbaik dalam proses pembuatan *solar cell* beserta perangkat pendukungnya.
 3. Bagi Masyarakat dan Industri
 - a. Bagi masyarakat dapat diaplikasikan sebagai sarana alternatif dalam penyediaan energi listrik.
 - b. Bagi masyarakat pedalaman ataupun pegunungan yang belum dilalui oleh jaringan listrik komersil yang disediakan oleh PLN dapat menerapkan *solar cell* sebagai alat penerangan yang sangat efektif.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam melakukan penulisan ini, maka sistematika penulisannya terdiri dari lima bab yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini berisi tentang teori-teori yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan peralatan.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bab ini berisi tentang perancangan sistem dan desain perangkat kerasnya.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil dari pengujian alat yang dibuat dan akan dibandingkan dengan teori yang digunakan.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan-kesimpulan dari peralatan yang dibuat dan saran-saran guna pengembangan di masa yang akan datang.



BAB II

DASAR TEORI

Energi listrik yang berasal dari energi surya pertama kali digunakan untuk penerangan rumah tangga dengan sistem desentralisasi yang dikenal dengan *solar home system (SHS)*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sampai tahun 94 jumlah pemakaian sistem fotovoltaik di Indonesia sudah mencapai berkisar 2,5-3 MWp. Yang pemakaiannya meliputi kesehatan 16%, hibrida 7%, pompa air 5%, penerangan pedesaan 13%, radio komunikasi 46,6% dan lainnya 11,8%. Pemakaian fotovoltaik di Indonesia 5-10 tahun mendatang akan mencapai 100 MW terutama untuk penerangan di pedesaan. “(Brian Yulianto, peneliti ISTECS)”.

Indonesia sangat berpotensi untuk menjadikan *solar sel* sebagai salah satu sumber energi masa depan mengingat posisi Indonesia pada katulistiwa yang memungkinkan sinar matahari dapat optimal diterima di permukaan bumi di hampir seluruh Indonesia. Rangkaian perancangan *solar home system* 200 watt ini dibangun dari beberapa komponen elektronika dan untuk membangun rangkaian tersebut diperlukan beberapa kajian teori pendukung.

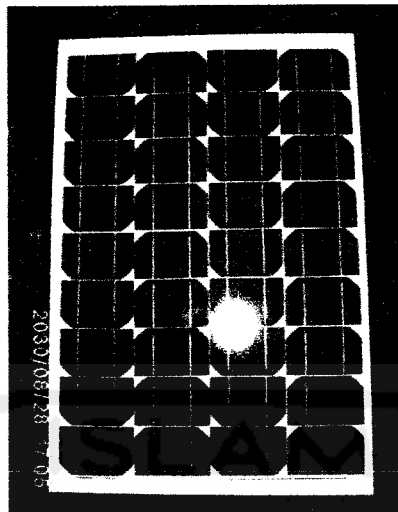
Beberapa komponen dan rangkaian yang dapat digunakan untuk menguraikan rangkaian ini meliputi beberapa bagian yaitu:

2.1 Solar Cell

Modul surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Panel surya disebut sel fotovoltaik , fotovoltaik dapat diartikan

sebagai cahaya-listrik. Sel surya atau sel fotovoltaik bergantung pada efek fotovoltaik untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan. Sel surya atau sel *photovoltaic*, adalah sebuah alat semikonduktor yang terdiri dari sebuah wilayah besar dioda *p-n junction*, di mana cahaya matahari mampu menciptakan energi listrik yang dapat dimanfaatkan. Pada dasarnya sel surya fotovoltaik merupakan suatu dioda semikonduktor yang berkerja dalam proses tak seimbang dan berdasarkan efek fotovoltaik. Dalam proses itu sel surya menghasilkan tegangan 0,5 - 1 volt tergantung intensitas cahaya dan zat semikonduktor yang dipakai. Sementara itu intensitas energi yang terkandung dalam sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi besarnya sekitar 1000 watt. Tapi karena daya guna konversi energi radiasi menjadi energi listrik berdasarkan efek fotovoltaik baru mencapai 25%, maka produksi listrik maksimal yang dihasilkan sel surya baru mencapai 250 watt per m². Hal ini terlihat dari radiasi harian yaitu sebesar 4,5 kwh/m²/hari. Berarti prospek penggunaan fotovoltaik di masa mendatang cukup cerah. Untuk itulah perlu diusahakan menekan harga fotovoltaik misalnya dengan cara sebagai berikut. Pertama menggunakan bahan semikonduktor lain seperti *kadmium sulfat* dan *galium arsenik* yang lebih kompetitif dan yang kedua dengan meningkatkan efisiensi sel surya dari 10% menjadi 15%.

Untuk penggunaan secara luas dalam bentuk arus bolak-balik dan dapat dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan energi rumah tangga, masih diperlukan peralatan tambahan seperti inverter, baterai penyimpanan dan alat-alat pendukung lainnya.



Gambar 2.1. Bentuk *real* modul surya

Modul surya ini berfungsi sebagai penyerap cahaya matahari dan memiliki tegangan 12 V_{DC} 50 Wp . Modul surya yang digunakan sebagai pengujian memiliki sel sebanyak 36 buah yang telah digabungkan. Kemajuan dari penelitian akan material semikonduktor sebagai bahan inti sel surya, telah menjadi faktor kunci bagi pengembangan teknologi ini. Dalam teknologi sel surya, terdapat berbagai pilihan penggunaan material intinya. Kristal tunggal silikon sebagai *pioneer* dari sel surya memang masih menjadi pilihan, karena teknologinya yang sudah mapan sehingga bisa mencapai efisiensi lebih dari 20 % untuk skala riset. Sedangkan modul atau panel surya kristal silikon yang sudah di produksi mencapai efisiensi sekitar 12 %. Sehingga untuk penggunaan secara besar-besaran harus dilakukan usaha untuk mempertipis lapisan silikonnya dari ketebalan sekarang yang mencapai ratusan mikron.

Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang

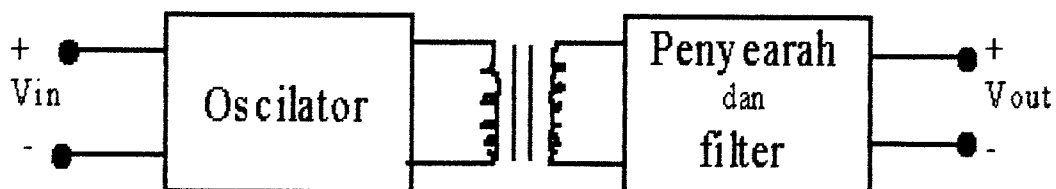
tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan *photon*. Penemuan ini pertama kali diungkapkan oleh Einstein pada tahun 1905. Energi yang dipancarkan oleh sebuah cahaya dengan panjang gelombang λ dan frekuensi *photon* V dirumuskan dengan persamaan:

$$E=h \cdot c / \lambda \quad (2.1)$$

Dengan h adalah konstanta *Plancks* (6.62×10^{-34} J.s) dan c adalah kecepatan cahaya dalam vakum (3.00×10^8 m/s). Persamaan di atas juga menunjukkan bahwa *photon* dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu. “(Brian Yulianto, peneliti *ISTECS*)”.

2.2 Pengisi Baterai

Pengisi baterai bekerja dengan mengubah tegangan DC ke DC dengan nilai tegangan yang sama ataupun berbeda. Jika mempunyai rangkaian dengan tegangan sumber +12 V, dapat dikembangkan dengan menggunakan pengubah DC ke DC untuk menghasilkan tegangan sumber + 12 V. Rangkaian dasar untuk mendapatkan sebuah DC ke DC dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Rangkaian dasar DC ke DC

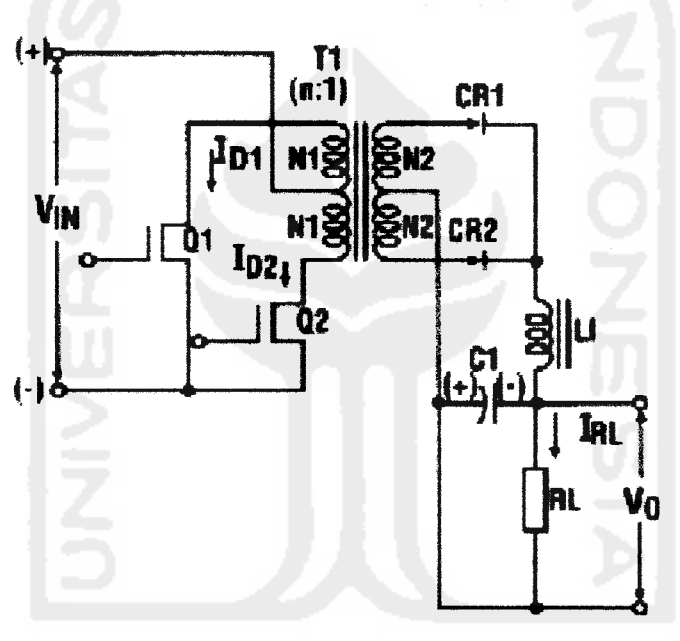
Dalam pengubah DC ke DC, tegangan input DC yang dihubungkan ke sebuah *oscillator* yang menghasilkan gelombang kotak dan keluarannya diteruskan ke transformator, seperti terlihat pada Gambar 2.2. Frekuensi yang dihasilkan oleh *oscillator* biasanya antara 1 Hz dan 100 KHz. Frekuensi inilah yang tertinggi, sedangkan yang terendah pada transformator dan komponen filter. Jika frekuensi ini terlalu tinggi, maka akan sulit menghasilkan gelombang kotak dengan sudut vertikal.

Dengan menentukan perbandingan yang berbeda akan mendapatkan tegangan sekunder yang terkecil atau terbesar. Untuk mengembangkan atau menghasilkan yang efisien, harus digunakan transformator khusus. Ciri khasnya mempunyai sebuah inti toroida dengan pelilitan kabel atau kawatnya berbentuk empat persegi panjang (*rectangular hysteristic loop*). Ini akan menghasilkan tegangan sekunder yaitu gelombang kotak, kemudian tegangan sekunder disearahkan dan disaring (*filter*) untuk mendapatkan gelombang keluaran DC.

Dalam sistem digital, tegangan +5V adalah tegangan *supply* standar untuk IC pada umumnya, sedangkan IC yang menggunakan tegangan +15V hanya sedikit misalkan IC untuk Op-Amp. Dalam beberapa kasus pengubah DC ke DC dengan daya rendah untuk menghasilkan +15V dan -15V. Ada dua jenis cara untuk merancang pengubah DC ke DC yaitu dengan pengubah DC ke DC *step up* dan *step down*. Untuk cara yang pertama yaitu mengubah tegangan DC yang lebih rendah ke tegangan DC yang lebih tinggi. Sedangkan cara yang kedua mengubah tegangan DC rendah ke tegangan DC yang lebih tinggi. Hal lain yang perlu diperhatikan yaitu arus beban maksimum dan faktor-faktor lainnya.

2.2.1. Pengubah *Push-Pull*

Pada *Push-Pull*, persamaan tegangan yang dipakai sama dengan persamaan untuk *full bridge*, namun bila dilihat dari rangkaiannya, hanya dua switch yang digunakan. Dengan demikian *push-pull* merupakan alternatif yang lebih murah dari *full bridge* pada aplikasi tegangan masukan yang rendah. Sama halnya dengan *full bridge*, pengubah *push-pull* memiliki tegangan keluaran yang rendah tingkat *ripplenya*, namun cukup tinggi *ripple* pada arus masukannya.



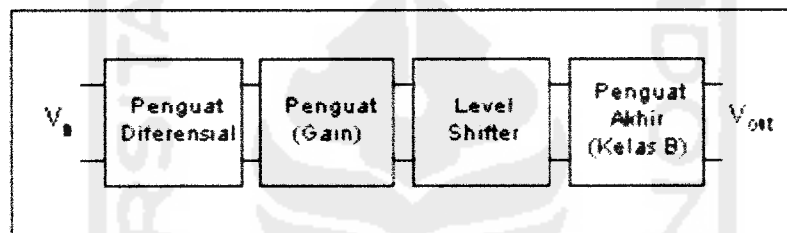
Gambar 2.3. Pengubah *push-pull*

2.2.2. Op-Amp

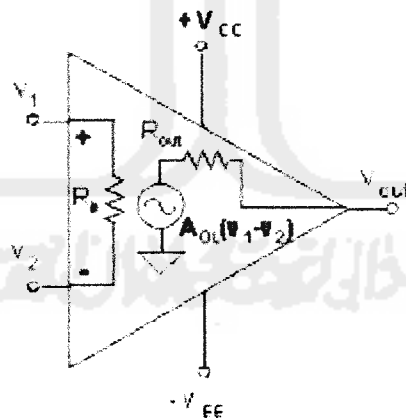
Operational amplifier atau lebih dikenali sebagai op-amp adalah sejenis penguat yang berprestasi tinggi dengan mempunyai masukan *inverting* dan *Noninverting*. Prinsip kendalinya adalah sama dengan prinsip kendali penguat *differential amplifier*. Dengan menyambungkan beberapa perintang kepada IC op-

amp akan dapat mengubah pengandaan voltan, lebar jalur frekuensi serta galangan (*impedance*).

Pada tahun 1965, Fairchild Semikonduktor memperkenalkan $\mu A709$ IC pertama yang menggunakan *monolithic* op-amp. Kini banyak pabrikaan yang mengeluarkan IC tersebut dengan nomor seri 741. Sebagai contoh Motorola mengeluarkan MC1741, National Semikonduktor mengeluarkan LM741, Texas Instrumen mengeluarkan SN72741. Semua penguat ini adalah sama karena memiliki *specifications* yang sama.



Gambar 2.4. Diagram blok op-amp



Gambar 2.5. Diagram skematik simbol op-amp

Operational amplifier terdiri atas bagian *differensial amplifier*, *common emitter amplifier* dan bagian *push pull amplifier*. Bagian output op-amp ini biasanya dikendalikan dengan umpan balik negatif (*negative feedback*) karena

nilai *gain* nya yang tinggi. Keuntungan dari penggunaan op-amp adalah karena komponen ini memiliki penguatan (A) yang sangat besar, *Impedansi input* yang besar, ($Z_{in} \gg$) dan *Impedansi output* yang kecil ($Z_{out} \ll$). Selain dari itu, kemampuan interval frekuensi dari komponen ini sangat lebar. Op-amp memiliki sifat - sifat sebagai berikut :

a. *Input Offset Voltage.*

Adalah perbedaan voltan yang perlu dibekalkan pada masukan *inverting* atau *noninverting* supaya *output offset voltage* adalah kosong. Nilainya adalah sangat rendah sebagai contoh IC LM741C mempunyai nilai 2mV (*Input Offset Voltage* boleh jadi negatif atau positif).

b. *Input Bias Current.*

Adalah arus perata yang mengalir pada puncak masukan *inverting* dan *noninverting* nilainya adalah sangat rendah sebagai contoh IC LM741C mempunyai nilai 80nA.

c. *Input Offset Current.*

Adalah perbedaan arus pada puncak masukan suatu penguat op-amp. Nilainya adalah kecil sebagai contoh LM741C mempunyai nilai 20nA.

d. *AC Output Compliance.*

Adalah nilai maksimal voltan keluaran op-amp tanpa herotan.

e. *CMRR (Common Mode Rejection Ratio).*

Adalah salah satu sifat paling penting dari kelebihan op-amp. CMRR boleh diibaratkan sebagai penguat isyarat yang berbeda voltanya, diantara

noninverting dan *inverting* berbanding isyarat sama voltan dan mempunyai nilai yang tinggi contohnya LM741C mempunyai nilai 90dB pada frekuensi rendah.

f. Short Circuit Output Current

Adalah nilai maksimal arus keluaran pada op-amp. Sebagai contoh nilai maksimal IC 741C adalah 25mA, nilai perintang lebih kecil daripada galangan keluaran op-amp maka akan mengeluarkan voltan keluaran yang besar walaupun penguat yang dihasilkan mempunyai gandaan yang besar dan nilai voltan masukan yang arus keluarannya maksimal pada IC 741C adalah 25mA.

g. Frequency Response.

Adalah frekuensi penerimaan sesuatu penguat op-amp.

h. Slew Rate.

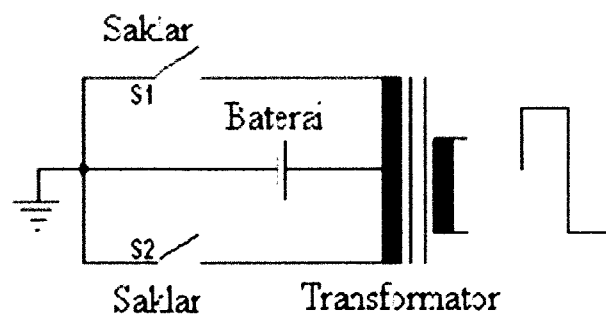
Adalah sejenis herotan yang berlaku pada penguat op-amp.

2.3 Inverter DC ke AC

Konverter DC ke AC dinamakan inverter. Fungsi sebuah inverter adalah mengubah tegangan input DC menjadi tegangan output AC simetris dengan besar dan frekuensi yang diinginkan. Tegangan outputnya bisa tertentu dan bisa juga diubah-ubah dengan frekuensi tertentu atau frekuensi yang diubah-ubah. Tegangan output variabel didapat dengan mengubah-ubah tegangan input DC agar *gain* inverter konstan. Disisi lain, apabila tegangan input DC adalah tertentu dan tidak bisa diubah-ubah, bisa didapatkan tegangan output yang variabel dengan mengubah-ubah *gain* dari inverter. *Gain* inverter didefinisikan sebagai rasio tegangan output AC terhadap tegangan input DC.

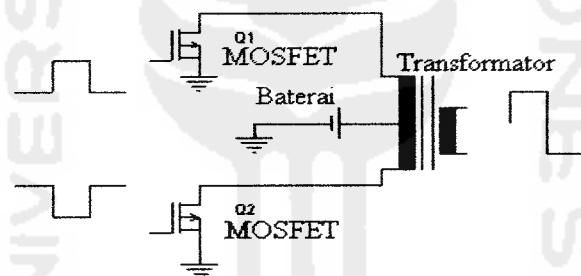
Bentuk gelombang tegangan output inverter ideal adalah sinus. Tetapi kenyataannya bentuk gelombang tegangan output inverter tidaklah sinus dan mengandung harmonisa tertentu. Untuk penerapan dengan daya rendah dan menengah, gelombang kotak simetri ataupun tidak simetri bisa digunakan, sedangkan untuk penerapan dengan daya tinggi dibutuhkan untuk gelombang sinus dengan sedikit distorsi. Dengan kemampuan piranti semikonduktor daya kecepatan tinggi yang tersedia, kandungan harmonisa dalam bentuk gelombang output bisa dikurangi dengan teknik penyaklaran (switching). Transformator berfungsi sebagai pembalik polaritas serta menaikkan tegangan yang semula kecil menjadi besar dan bersifat AC. Terdapat tiga jenis keluaran dari *inverter* yaitu gelombang kotak, gelombang berundak dan gelombang sinus. Ketiga jenis keluaran tersebut bersifat bolak balik

Jenis inverter berdasarkan sistem fasa dibedakan menjadi satu fasa atau tiga fasa. Sedangkan jenis inverter berdasarkan masukan yang digunakan meliputi: VSI(*Voltage Source Inverter*) sumber masukan berupa tegangan dan CSI(*Current Source Inverter*) sumber masukan berupa arus. Piranti *switching* seperti BJT, MOSFET, IGBT, atau Thyristor.

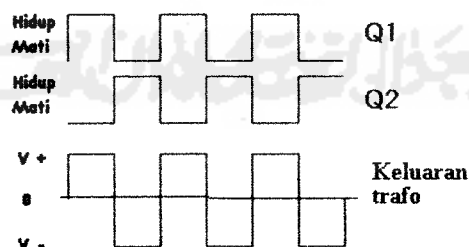


Gambar 2.6. Prinsip dasar inverter DC ke AC

Proses pengubahan dari DC ke AC adalah dengan pensaklaran tegangan maupun arusnya dimana memakai transistor daya maupun thyristor. Gambar 2.6 merupakan prinsip dasar *inverter* DC ke AC yaitu dengan mensaklarkan tegangan maupun arus dari baterai secara bergantian melalui saklar 1 (S1) dan saklar 2 (S2). Perlu diketahui untuk pensaklaran yang menggunakan thyristor akan lebih rumit karena sifat dari thyristor yang sulit dimatikan walaupun tegangan pemicunya telah dihilangkan. Untuk pensaklaran dengan transistor daya tidak serumit thyristor karena dapat diatur waktu hidup maupun matinya dengan tegangan pemicunya.



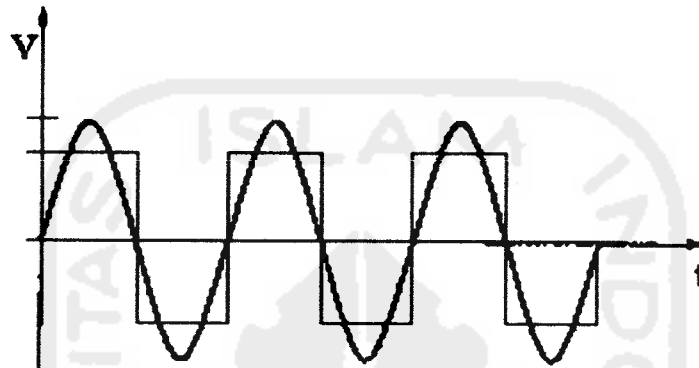
Gambar 2.7. Inverter dengan MOSFET



Gambar 2.8. Pulsa pemicu MOSFET dan gelombang keluaran trafo

Gambar 2.8 merupakan dasar pensaklaran MOSFET yang mana Q1 dan Q2 diberi tegangan picu secara bergantian Kondisi MOSFET akan mati dan hidup

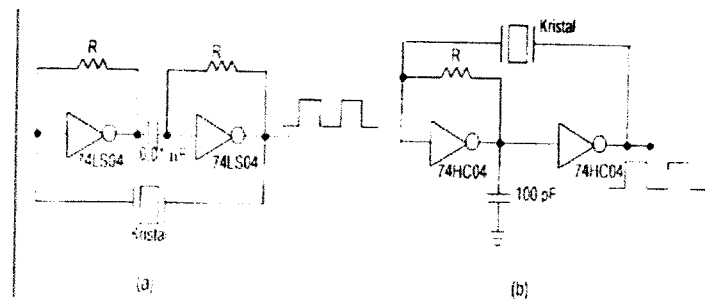
seperti sebuah saklar biasa yang mensaklarkan arus maupun tegangan dari baterai. Ini menyebabkan transformator terinduksi oleh pulsa – pulsa tersebut dan akan dihasilkan tegangan bersifat AC karena memiliki pulsa positif dan pulsa negatif seperti Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Gelombang sinus dan gelombang kotak

2.3.1 Digital Clock Oscillator

Pembangkitan *clock* dengan menggunakan rangkaian R dan C mempunyai kelemahan, yaitu ke tidak akuratan frekuensi *clock* yang dihasilkan. Kelemahan ini dapat diatasi dengan menggunakan komponen kristal *quartz*, yang mempunyai stabilitas dan akurasi tinggi. Sebuah kristal dapat dipotong dalam bentuk dan ukuran tertentu sehingga menghasilkan *vibrasi* (resonansi) tertentu yang sangat stabil terhadap perubahan temperatur. Jika sebuah kristal diletakkan dalam konfigurasi rangkaian tertentu, maka akan dihasilkan osilasi pada frekuensi yang sama dengan frekuensi resonansi kristal. Nilai R dan C sendiri sangat rentan terhadap perubahan temperatur. Sehingga dengan perubahan nilai R dan C akan mengubah frekuensi dari *clock* yang dihasilkan. Pembangkitan dengan R dan C ini juga tidak efisien untuk mendapatkan *clock* frekuensi tinggi.



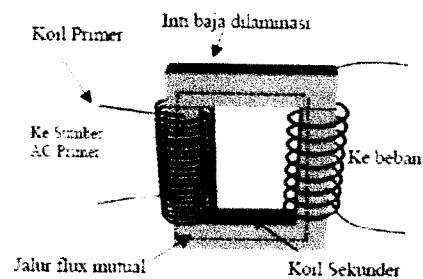
(a) Dengan inverter TTL

(b) dengan inverter CMOS

Gambar 2.10. Rangkaian *clock oscillator*

2.3.2 Transformator

Transformator adalah alat statis yang digunakan untuk mentransfer energi dari suatu rangkaian AC ke rangkaian yang lain. Transfer energi tersebut kemungkinan menaikkan atau menurunkan tegangan, namun frekuensinya akan sama pada kedua rangkaian. Jika transformasi terjadi dengan kenaikan tersebut disebut transformator *step up*. Apabila tegangan diturunkan disebut transformator *step down*. Tanpa transformator distribusi daya listrik yang luas menjadi tidak praktis. Transformator dapat membangkitkan daya pada tegangan yang cocok, menaikkan sampai tegangan yang sangat tinggi untuk transmisi jarak jauh, dan kemudian menurunkan pada distribusi yang praktis, ditunjukkan pada Gambar 2.11.

**Gambar 2.11.** Transformator dasar

Arus daya AC yang bervariasi diperlukan untuk menghasilkan fluks magnet yang bervariasi pada inti besi sehingga energi listrik dari suatu kumparan ditransfer ke kumparan yang lain. Kumparan yang menerima daya dari pensuplai disebut kumparan primer, sedangkan kumparan yang memberikan daya pada beban disebut kumparan sekunder. Frekuensi AC dari primer menginduksikan frekuensi yang sama pada sekunder. Selain sebagai pengubah tegangan, transformator juga dapat digunakan untuk mengisolasi rangkaian, mengatur tegangan atau arus dan untuk pengukuran serta rangkaian pelindung.

Prinsip kerja transformator didasarkan pada induksi bersama. Induksi bersama terjadi ketika medan magnet disekitar satu penghantar memotong melintang penghantar yang lain. Yang menginduksikan tegangan didalamnya. Efek ini dapat ditingkatkan dengan membentuk penghantar-penghantar menjadi lilitan dan kumparan pada inti magnet bersama. Apabila kumparan primer transformator dihubungkan pada tegangan AC, akan ada arus pada kumparan primer yang disebut arus penguat. Arus penguat tersebut menimbulkan fluks yang berubah-ubah yang mencakup lilitan-lilitan dan menginduksikan tegangan pada kedua kumparan. Tegangan yang diinduksikan dari induksi sendiri pada primer adalah tegangan lawan, berlawanan polaritas, dan hampir sama magnitudenya dengan tegangan yang disuplaikan. Tegangan lawan yang tinggi ini membatasi arus penguatan pada nilai yang sangat rendah. Tegangan yang diinduksikan pada kumparan sekunder adalah akibat dari induktansi bersama. Karena daya transformator umumnya mempunyai fluks gabungan hampir sebesar 100 % maka tegangan yang sama akan terinduksi pada tiap lilitan kumparan. Oleh karena itu,

tegangan total yang diinduksikan akan berbanding lurus dengan lilitan pada kumparan.

Bagian-bagian terpenting dari transformator:

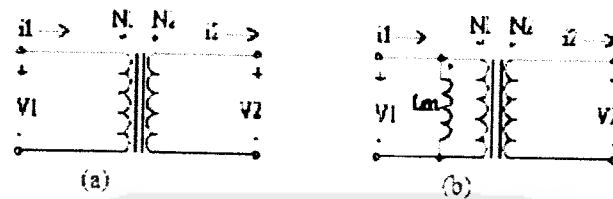
- a) Inti/teras/kern.
- b) Gulungan primer, dihubungkan dengan sumber listrik.
- c) Gulungan sekunder, dihubungkan dengan beban.

Hubungan antara daya, tegangan dan arus adalah Transformator menaikkan, menurunkan tegangan atau menyamakan tegangan antara kumparan primer dan sekunder tanpa rugi daya yang besar. Output daya transformator = input daya transformator – kerugian internal dan merupakan hasil kali tegangan dan arus.

Tidak ada keuntungan atau kerugian energi pada transformator ideal. Energi yang ditransfer dari rangkaian primer ke rangkaian sekunder ini adalah tegangan yang dikalikan dengan arus rangkaian primer sama dengan tegangan dikalikan arus rangkaian sekunder. Dengan perkataan lain, pada transformator ideal output daya harus sama dengan input daya. Ada beberapa kerugian daya transformator dalam praktek, tetapi rata-rata efisiensi transformator tidak lebih baik 90 %. Kerugian inti yang disebabkan oleh induksi arus Eddy pada bahan inti, dan kerugian histerisis atau gesekan molekuler yang disebabkan oleh perubahan dalam polaritas oleh arus yang diberikan.

Transformator mempunyai dua fungsi yaitu sebagai konversi tegangan step up atau step down dan menyediakan isolasi elektrik antara input dengan output. Model transformator ideal tampak pada Gambar 2.12 dimana antara input dengan output mempunyai hubungan.

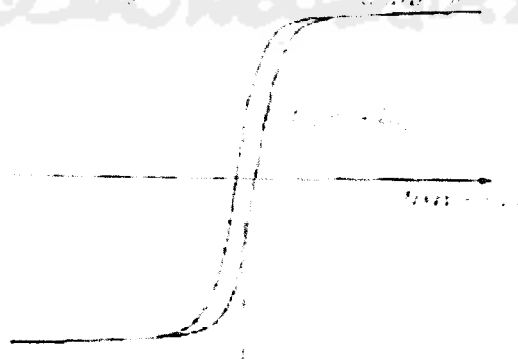
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \text{dan} \quad \frac{i_1}{i_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad (1-)$$



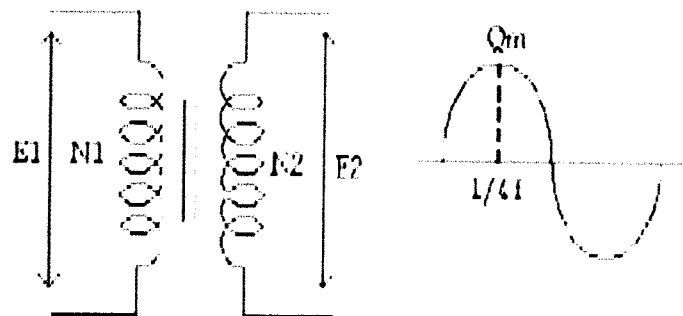
Gambar 2.12. Transformator ideal

Tanda titik (*dotted sign*) digunakan untuk menunjukkan polaritas antara dua lilitan. Jika tegangan pada terminal titik pada salah satu lilitan positif, maka tegangan pada terminal titik lilitan yang lain juga positif. Jika arus masuk pada terminal titik salah satu lilitan, maka arus keluar juga pada terminal titik pada lilitan yang lain.

Pada sisi primer transformator ideal terdapat sebuah induktor paralel yang disebut *magnetizing inductance*. Karakteristik induktor *magnetizing* dapat dijelaskan dengan karakteristik B-H pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13. Karakteristik B-H pada inti besi transformator.



Gambar 2.14. Hubungan trafo dan tegangan puncak trafo.

Keterangan :

N_1 adalah Jumlah lilitan primer

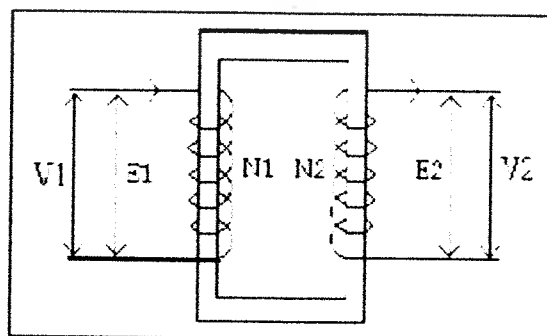
N_2 adalah Jumlah lilitan sekunder

E_1 adalah Tegangan induksi primer (volt)

E_2 adalah Tegangan induksi sekunder (volt)

M_f adalah Maksimum fluks dalam inti (weber)

Dari Gambar 2.14. terlihat, dibawah pertambahan harga fluks dari nol sampai harga maksimum terjadi dalam $\frac{1}{4} f$ atau $\frac{1}{4} T$ dimana f adalah frekuensi dan T adalah periode. Tegangan induksi didefinisikan sebagai kecepatan perubahan fluks per lilit.



Gambar 2.15. Transformator

Untuk trafo ideal dalam keadaan tanpa beban $V_1 = E_1$ dan $V_2 = E_2$ dimana V_1 dan V_2 adalah tegangan ujung terminal trafonya. Dari persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = K$$

(2.15)

Jika $K > 1$ maka trafo tersebut beroperasi sebagai trafo *step up*

Jika $K < 1$ maka trafo tersebut beroperasi sebagai trafo *step down*

2.3.3 Transistor

Transistor adalah komponen yang memiliki tiga sambungan, diantaranya yaitu basis, kolektor dan emitter. Transistor pada hakekatnya merupakan penggabungan dua buah dioda yg dirangkai seri, penggabungan kaki-kaki dioda pada kutub yang sama dan hasil penggabungannya disebut kaki basis, sedangkan kaki-kaki lainnya disebut kaki kolektor dan emitter. Ada dua jenis transistor yang terdapat dipasaran yaitu jenis NPN dan jenis PNP.



Gambar 2.16. Simbol transistor NPN dan PNP

Fungsi dari transistor diantaranya sebagai penguat, pemotong (*switching*), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau fungsi-fungsi lainnya. Transistor bekerja seperti kran listrik dimana arus keluaran diatur oleh arus yang masuk pada kaki basis, dengan kata lain arus pada kolektor tidak akan mengalir jika pada basis

tidak diberikan arus listrik yang cukup untuk memicunya jika transistor digunakan sebagai saklar elektronik dan masukan arus yang kecil pada basis menyebabkan perubahan arus yang besar pada kolektor jika transistor digunakan sebagai penguat. Transistor adalah komponen yang sangat penting dalam dunia elektronik modern. Dalam rangkaian analog, transistor digunakan sebagai amplifier atau penguat, rangkaian analog melingkupi penguat suara, sumber listrik stabil, dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa transistor juga dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai gerbang logika, memori, dan komponen-komponen lainnya.

Sebuah transistor memiliki empat daerah operasi yang berbeda yaitu daerah aktif, daerah *saturasi*, daerah *cutoff* dan daerah *breakdown*. Jika transistor digunakan sebagai penguat, transistor bekerja pada daerah aktif. Jika transistor digunakan pada rangkaian digital atau sebagai saklar elektronik, transistor biasanya beroperasi pada daerah saturasi atau jenuh dan *cutoff*. Daerah *breakdown* biasanya dihindari karena resiko transistor menjadi rusak lebih mudah.

2.4 Baterai

Baterai digunakan untuk menyimpan dan memberikan tenaga listrik dimana arus yang tersimpan adalah arus DC. Baterai mampu mengubah tenaga kimia menjadi tenaga listrik dan dikenal dua jenis elemen yang merupakan sumber arus searah dc dari proses kimiawi, yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer terdiri dari elemen basah dan elemen kering. Reaksi

kimia pada elemen primer yang menyebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif (katoda) ke elektroda positif (anoda) tidak dapat dibalik arahnya. Maka jika muatannya habis, maka elemen primer tidak dapat dimuati kembali dan memerlukan penggantian bahan pereaksinya (elemen kering). Contoh elemen primer adalah batu baterai (*dry cells*). Elemen sekunder dalam pemakaiannya harus diberi muatan terlebih dahulu sebelum digunakan, yaitu dengan cara mengalirkan arus listrik (secara umum dikenal dengan istilah disetrum). Akan tetapi, tidak seperti elemen primer, elemen sekunder dapat dimuati kembali berulang kali. Elemen sekunder ini lebih dikenal dengan baterai. Dalam sebuah baterai berlangsung proses elektrokimia yang *reversibel* (bolak-balik) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia *reversibel* yaitu di dalam baterai saat dipakai berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (*discharging*). Sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (*charging*). Besar ggl yang dihasilkan satu sel baterai adalah 2 volt. Pada proses pengisian tenaga listrik diubah menjadi tenaga kimia, pada pembuangan muatan tenaga kimia yang tersimpan tersebut diubah menjadi tenaga listrik kembali. Kapasitas baterai diukur dalam amper-jam (Ah). Yang dimaksud dengan kapasitas adalah jumlah Ah yang dapat diberikan oleh sebuah sel yang berisi muatan sampai tegangannya turun pada batas yang telah ditentukan. Sebuah baterai dengan kapasitas 100 Ah dapat memberikan arus 25 A selama 4 jam. Kapasitas ini tergantung dari besar arus pembuangan muatan. Semakin kecil arus yang dibuang maka semakin besar kapasitasnya begitu sebaliknya. Karena itu untuk baterai-baterai buatan pabrik diberikan jaminan

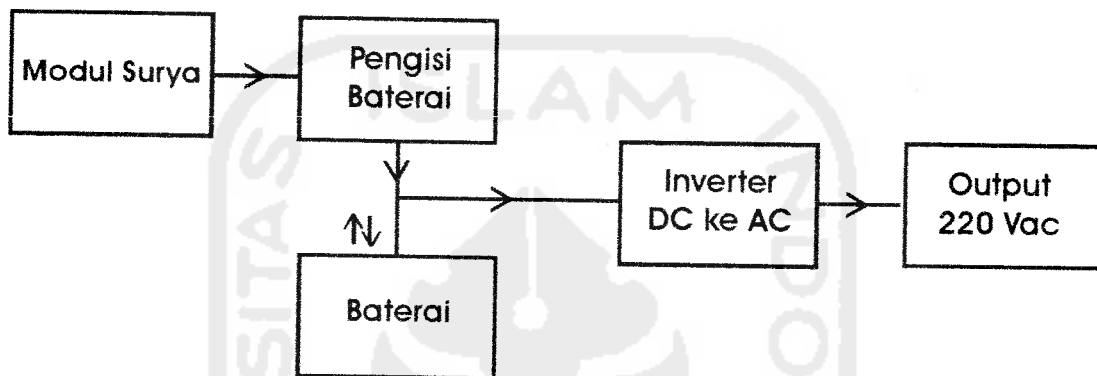
kapasitas tertentu untuk pembuangan arus tertentu. Umur baterai tergantung cara pengisiannya sesuai petunjuk pabrik dan pemeliharaannya. Untuk pengisian baterai harus digunakan arus DC dan dijaga agar jumlah muatan yang ditentukan pabrik tidak dilampaui. Biasanya laju arus pengisian arus muatan = $1/10$ harga kapasitasnya kecuali telah ditentukan oleh pabrikan.



BAB III

PERANCANGAN SISTEM

Perancangan *solar home system* 200 watt dapat lebih jelas dan lengkapnya dilihat dari blok diagram berikut :



Gambar 3.1. Blok diagram *solar home system* 200 watt

Blok diagram pada Gambar 3.1. merupakan prinsip dasar *solar home system*, dimana modul surya merupakan penampang untuk menangkap sinar matahari yang akan berubah menjadi energi listrik, karena modul surya merupakan alat semi konduktor. Pengisi baterai berfungsi sebagai *charger* dan pengaman untuk baterai agar tidak terjadi arus balik yang dapat merusak baterai maupun modul surya, dan baterai ini digunakan untuk menampung energi listrik yang telah dihasilkan oleh modul surya melalui pengisi baterai. Sedangkan inverter DC ke AC berfungsi sebagai perubah tegangan arus searah (DC) menjadi tegangan arus bolak balik (AC) dengan frekuensi 50 Hz, agar dapat digunakan untuk peralatan rumah tangga.

3.1 Modul Surya

Modul surya yang digunakan pada perancangan ini adalah modul surya yang di produksi oleh “Solar World AG” Germany dan memiliki *Performance* tegangan output 12 V_{dc} 50 Wp 3,4 amper. Modul surya yang di gunakan sebagai pengujian memiliki sel sebanyak 36 buah yang telah digabungkan dalam satu papan berukuran ±816mm x 536 mm dan berat mencapai 5,5 Kg. Keluaran yang dimiliki oleh berbagai merek modul surya dengan tegangan 12 V 50 Wp, hampir memiliki kesamaan dalam hal *performance*. Perawatan adalah hal penting yang harus dilakukan untuk menjaga kestabilan dari modul surya tersebut.

a. Spesifikasi solar modul :

Performance under standar test conditions (STC)

Peak power : 50 Wp

Maximum power point Voltage (Vmpp) : 16.2 V

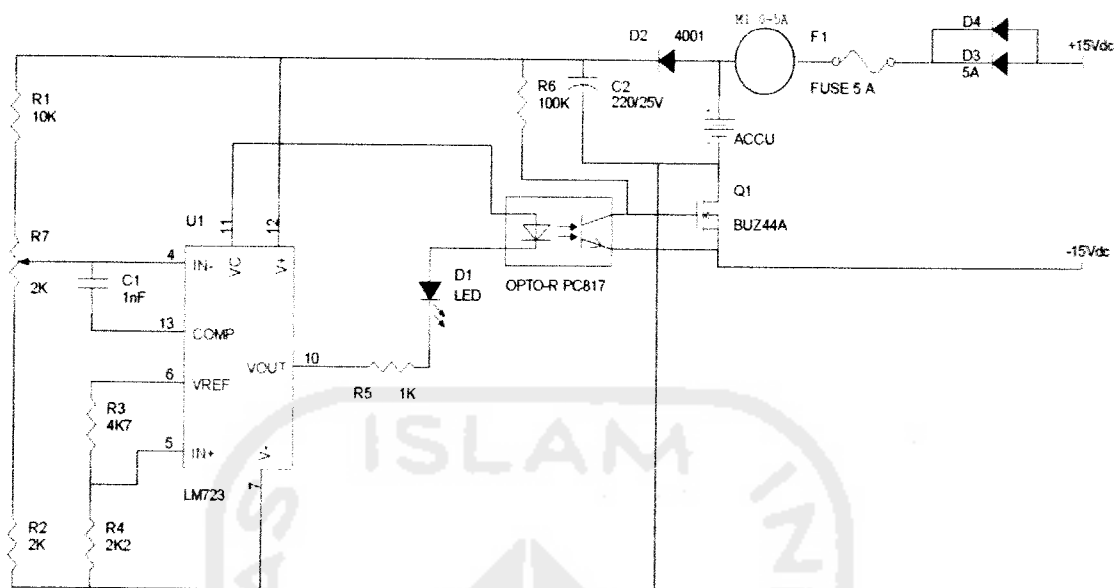
Maximum power point current (Impp) : 3.10 A

Open circuit Voltage (Voc) : 19.7 V

Short Circuit Current (Isc) : 3.40 A

3.2 Pengisi Baterai

Pengisi baterai berfungsi sebagai kontrol tegangan yang tersimpan dalam baterai, agar tidak terjadi arus balik yang dapat merusak baterai dan juga solar modul. Pada saat baterai kosong alat ini akan *on* dan akan *off* pada saat baterai sudah penuh. Pada bagian ini digunakan tegangan input 12 V_{DC} dengan arus 3,4 amper *fluktuatif*.



Gambar 3.2. Rangkaian pengisi baterai

Keterangan komponen :

R1 = 10 K	R7 = 2 K	C2 = 220/25V
R2 = 2 K	D1 = LED	IC = LM723
R3 = 4 K7	D2 = N4001/1A	TR = Buzz44
R4 = 2 K 2	D3 = 5A	M1 = 5 A DC Ampere Meter
R5 = 1 K	D4 = 5A	F1 = 5 A Fuse
R6 = 100 K	C1 = 1nF	Opto-R = PC817

Cara kerja dari rangkaian tersebut yaitu, tegangan yang dihasilkan melalui penampang *solar cell* sebesar 12 V_{dc} 3,4 amper secara *fluktuatif* akan mengalir melalui dioda D3 dan D4. Dipasanginya dioda ini agar tidak terjadi arus balik yang akan merusak solar cell. LM723 bekerja sebagai op-amp, yaitu apabila resistor dan kapasitor yang menjadi input LM723 dalam keadaan *low* maka outputnya akan *high*, LED akan mati dan OPTO akan *cut off* serta buzz44 akan tertutup, sehingga akan terjadi pengisian pada baterai. Sebaliknya apabila resistor dan

kapasitor yang menjadi input dalam keadaan *high* maka outputnya akan *low*, LED akan hidup dan *optocoupler* akan *cut off* serta *buzz44* akan terbuka, sehingga tidak terjadi pengisian pada baterai. Setiap siklus pengisian akan selalu terkontrol melalui ampere meter dan akan ditandai dengan menyalnya D1 bahwa tegangan dalam *baterai* sudah penuh. Kegunaan dari *optocoupler* dan *buzz44* adalah sebagai saklar otomatis.

3.3 Baterai

Baterai berfungsi untuk menyimpan daya yang dihasilkan dari modul surya, dimana daya tersebut yang nantinya akan digunakan sebagai kebutuhan listrik masyarakat. Untuk menghemat biaya maka digunakan satu buah baterai basah 12 volt 32 Ah. Tegangan baterai pada kondisi kosong adalah 10 volt dan dalam kondisi penuh adalah 12.8 volt untuk kebutuhan pada rangkaian *inverter* serta beban yang akan digunakan.

a. Spesifikasi Baterai

Tegangan *Minimum* : 10 volt

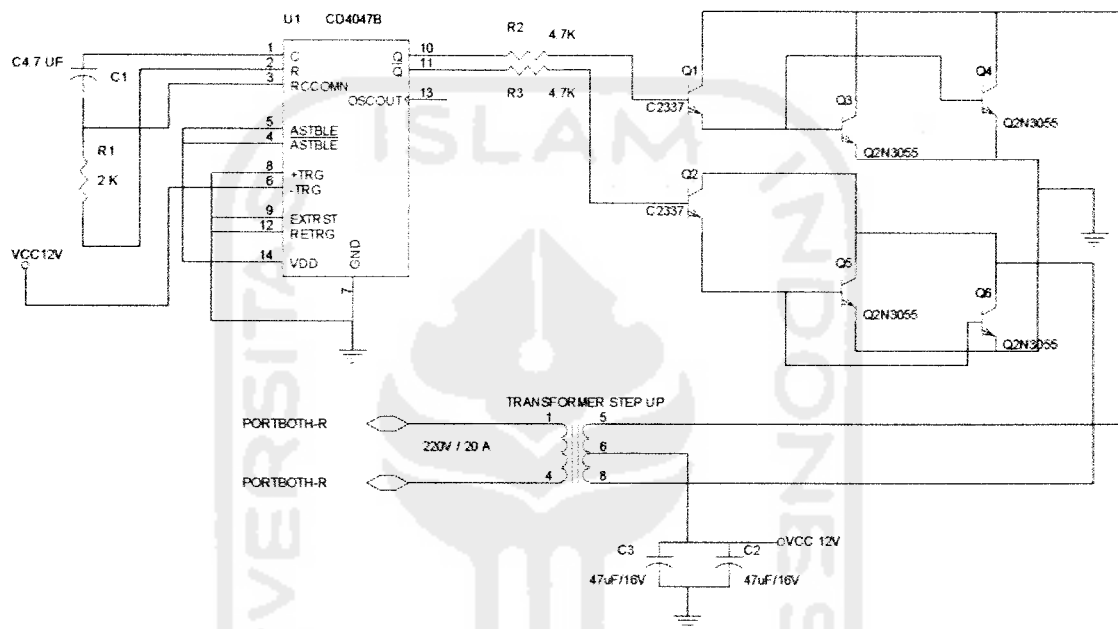
Tegangan *Maximum* : 12.8 volt

Tipe baterai : Basah, 12 V, 32 AH

3.4 Inverter DC ke AC

Pada bagian ini berfungsi untuk mengubah tegangan DC yang berasal dari baterai menjadi tegangan AC. Dari tegangan 12 volt DC menjadi 220 V_{AC} dengan frekuensi 50 Hz sesuai standar agar dapat digunakan untuk mensupply peralatan

elektronik. Rangkaian ini menggunakan trafo *step-up* yang akan menaikkan tegangan menjadi 220 Vac yang dikemudikan oleh *oscillator* gelombang kotak dengan frekuensi 50 Hz sehingga didapat keluaran pulsa – pulsa DC yang dapat digunakan memenuhi kebutuhan listrik sementara.



Gambar 3.3. Rangkaian inverter DC ke AC

Keterangan komponen :

R1 = 2K

R2 = 4.7K

R3 = 4.7K

C1 = 4.7UF

C2 = 47uF/16V

C3 = 47uF/16V

IC = CD4047B

Transistor C2337 = 2 buah

Transistor N3055 = 4 buah

Trafo step up = 220V/20A

Cara kerja dari rangkaian tersebut adalah apabila IC CD4047B yang berfungsi sebagai pembangkit gelombang dan *clock* mendapatkan tegangan 12 volt. Keluaran dari gerbang 10 dan 11 yang dimiliki oleh IC CD4047B berupa

gelombang kotak akan menjalankan Q1 dan Q2 melalui basis. Q1 dan Q2 berfungsi sebagai driver yang akan memberikan sinyal masukan pada Q3, Q4 dan Q5, Q6 yang dipasang secara paralel yang berfungsi sebagai penguat akhir. Gerbang 10 dan 11 akan memberikan keluaran gelombang secara bergantian tergantung dari gerbang mana yang mencapai gelombang puncak. Trafo *step up* berfungsi untuk menaikkan tegangan yang dihasilkan oleh penguat akhir hingga mencapai tegangan 220 volt, karena tegangan yang dihasilkan oleh penguat akhir adalah 12 volt.



BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Tujuan pengamatan ini adalah untuk mengetahui kinerja dari rangkaian yang telah dibuat yang meliputi kinerja tiap bagian maupun kinerja rangkaian secara keseluruhan, apakah rangkaian ini sudah bekerja sebagaimana mestinya, yaitu dapat melakukan proses pengisian secara optimal. Adapun peralatan dan bahan yang digunakan untuk pengambilan data yaitu 1 unit solar modul, *charger* baterai, inverter DC ke AC, baterai, rangkaian lampu pijar 200 watt dan multimeter.

4.1 Pengamatan dan Pengukuran

Pengamatan dan pengukuran pada bab ini dilakukan dengan mengamati kondisi amperemeter yang terletak pada rangkaian pengisi baterai yang telah dirangkai secara otomatis pada saat dengan beban ataupun pada saat tanpa beban. Beban disini adalah 5 buah lampu pijar dengan berbagai macam daya. Pengukuran ditekankan pada arus yang dihasilkan oleh solar modul pada saat matahari terik maupun pada saat kondisi mendung.

4.2 Proses Pengisian Baterai

Berdasarkan spesifikasi baterai dan solar modul yang digunakan untuk membangun seperangkat alat dan diamati pada tanggal 20 November 2007 hingga

tanggal 6 Desember 2007 serta berlokasi di halaman depan kampus Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

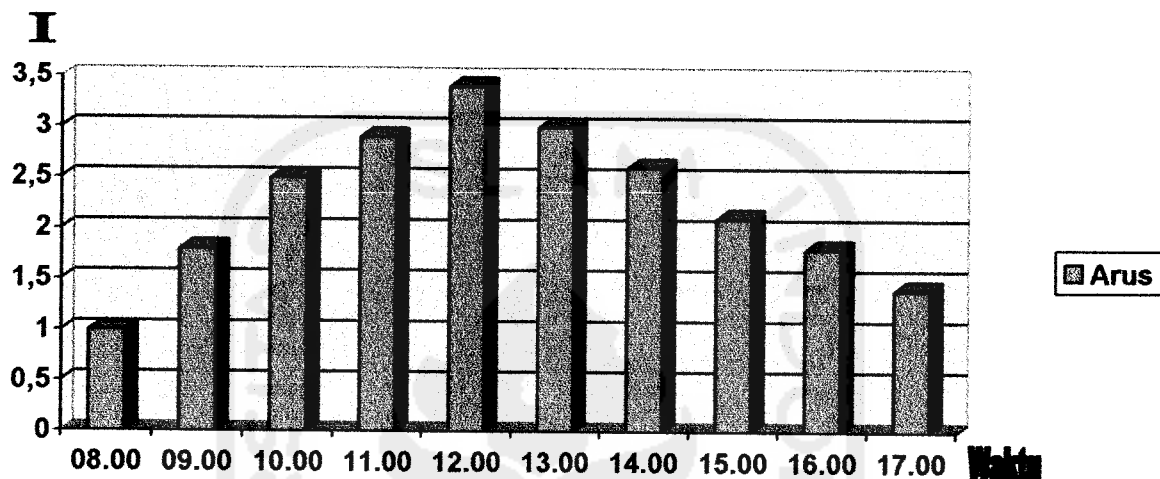
4.2.1 Arus Pengisian Tanpa Beban

Pengukuran arus pengisian baterai ditekankan pada arus yang mengalir pada saat mendung maupun pada saat matahari terik. Pengukuran arus masuk untuk mengisi baterai yang melalui rangkaian pengisi baterai dan telah dipasangkan suatu indikator amperemeter agar mempermudah pengamatan yang dilakukan. Data pengukuran yang diperoleh ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil pengamatan arus pengisian baterai tanpa beban

WAKTU	TEGANGAN PADA BATERAI	ARUS PENGISIAN	KETERANGAN
08.00	10 V	1 A	Matahari belum terik
09.00	10.2 V	1.8 A	Matahari belum terik
10.00	10.5 V	2.5 A	Matahari belum terik
11.00	10.9 V	2.9 A	Matahari terik
12.00	11 V	3.4 A	Matahari terik
13.00	12.5 V	3.0 A	Matahari terik
14.00	12.0 V	2.6 A	Matahari terik
15.00	12.5 V	2.1 A	Matahari tidak terik
16.00	12.6 V	1.8 A	Matahari tidak terik
17.00	12.8 V	1.4 A	Matahari tidak terik
18.00	12.8 V	0 A	Matahari tidak terik

Proses pengisian baterai pada pengamatan, bahwa arus yang mengalir dari solar modul akan sangat besar apabila matahari terik dan akan sangat cepat proses pengisian baterainya. Proses pengisian hingga baterai penuh terproses selama 10 jam dengan arus *fluktuatif*.



Gambar 4.1. Grafik arus pengisian baterai tanpa beban

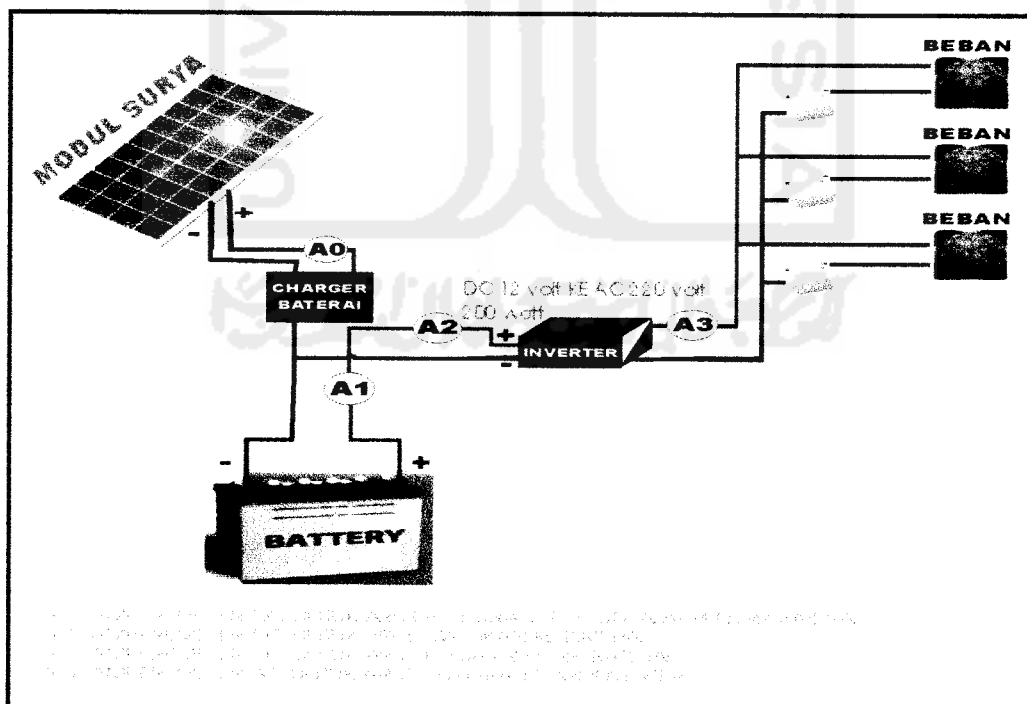
4.2.2 Arus Pengisian Dengan Beban

Hasil pengamatan yang didapat pada saat pengisian baterai dengan diberikan beban langsung melalui inverter DC ke AC adalah ketika solar modul bekerja dan langsung diberikan beban maka tidak terjadi proses *charging* pada baterai, karena arus yang masuk langsung dipergunakan oleh beban dan kondisi tegangan yang telah tersimpan dalam baterai pun akan ikut terpakai apabila beban yang diberikan menyampai 180 watt, ini mengakibatkan tegangan pada baterai semakin menurun. Tetapi apabila beban yang digunakan kurang dari 40 watt maka tegangan pada baterai akan stabil pada tegangan awal sebelum proses terjadi.

Pada kondisi mendung dalam proses *charging* terhadap baterai yang masih dalam kondisi kosong atau pada tegangan 10 volt dan diberikan beban hingga 180 watt maka tegangan pada baterai akan turun hingga 5 volt, ini mengakibatkan tegangan pada inverter turun hingga 70 volt.

4.3 *Charging dan Discharging pada Baterai*

Baterai atau baterai yang digunakan membutuhkan suatu siklus *charging* (pengisian) dan *discharging* (pengosongan), dimana dengan adanya siklus ini maka akan membuat umur dari baterai semakin tahan lama. Proses *charging* dilakukan dengan menggunakan solar modul serta melalui alat pengisi baterai yang telah dipasangkan *dioda bridge* agar tidak terjadi arus balik yang akan merusak solar modul.



Gambar 4.2. Pengamatan proses *charging* dan *discharging*

4.3.1 Charging

Berdasarkan pada Gambar 4.2 maka pengukuran dan pengamatan arus yang mengalir pada saat baterai pada saat proses *charging* dapat dilihat melalui Tabel 4.2 untuk proses *charging* ketika diberi beban dan tabel 4.3 ketika proses *charging* tanpa beban.

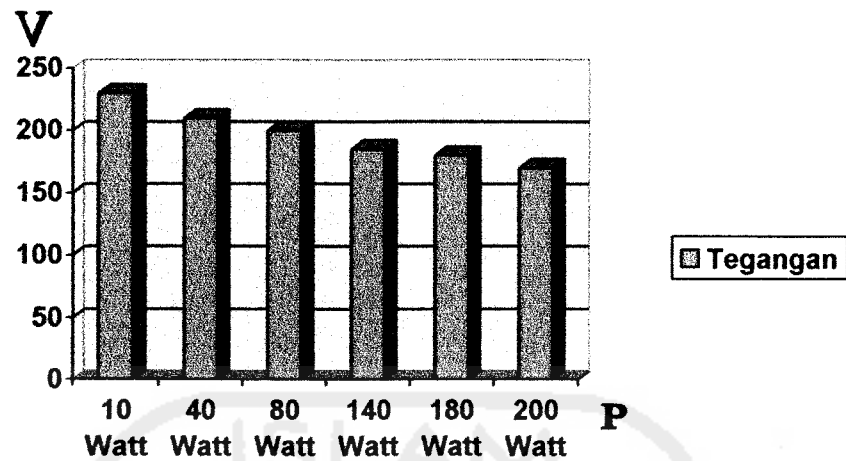
Tabel 4.2 Hasil pengamatan *charging* baterai diberi beban

Baterai	BEBAN											
	10 Watt				40 Watt				80 Watt			
	A0	A1	A2	A3	A0	A1	A2	A3	A0	A1	A2	A3
10 V	3.0 A	0.1 A	1 A	0 A	3.2 A	0.1 A	2.4 A	0.1 A	3.2 A	0.1 A	4 A	0.28 A
11 V	2.9 A	0.8 A	1.5 A	0 A	2.9 A	0.8 A	2.6 A	0.18 A	3.0 A	0.8 A	4.5 A	0.32 A
12 V	3.2 A	2.2 A	2 A	0 A	3.4 A	2.2 A	3 A	0.2 A	3.2 A	2.2 A	5 A	0.34 A
Baterai	BEBAN											
	140 Watt				180 Watt				200 Watt			
	A0	A1	A2	A3	A0	A1	A2	A3	A0	A1	A2	A3
10 V	3.0 A	0.1 A	6.5 A	0.47 A	3.4 A	0.1 A	7.5 A	0.58 A	2.4 A	0.1 A	8.5 A	0.68 A
11 V	3.4 A	0.8 A	7.5 A	0.55 A	3.0 A	0.8 A	9 A	0.65 A	3.4 A	0.8 A	10.5 A	0.75 A
12 V	3.2 A	2.2 A	8 A	0.58 A	2.6 A	2.2 A	10 A	0.68 A	3.0 A	2.2 A	11.5 A	0.78 A

Tegangan keluaran dari inverter ketika baterai diberikan beban pada saat proses *charging* dijelaskan pada Gambar 4.3. dibawah ini.

Tabel 4.3 Hasil pengamatan *charging* baterai tanpa beban

Baterai	TANPA BEBAN		
	A1	A2	A3
10 V	0.1 A	1 A	0 A
11 V	0.15 A	1.2 A	0 A
12 V	2.1 A	1 A	0 A



Gambar 4.3. Grafik tegangan keluaran pada inverter saat *charging*

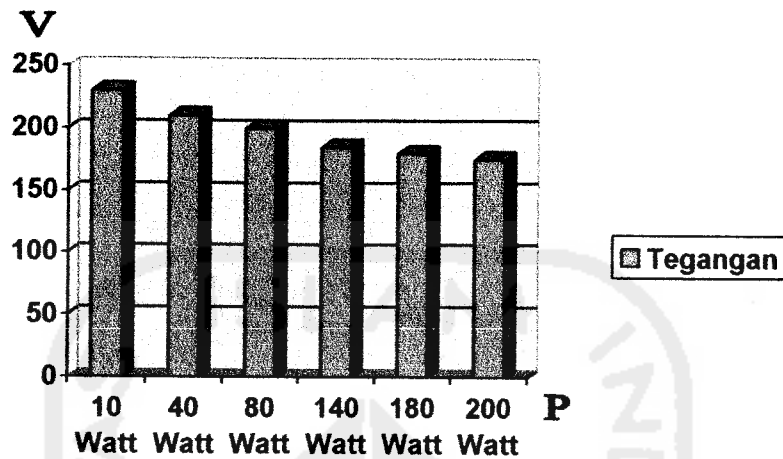
4.3.2 *Discharging*

Berdasarkan pada Gambar 4.2 maka pengukuran dan pengamatan arus yang mengalir pada saat baterai pada saat proses *discharging* dapat dilihat melalui Tabel 4.4 untuk proses *discharging* ketika diberi beban dan tabel 4.5 ketika proses *discharging* tanpa beban.

Tabel 4.4 Hasil pengamatan *discharging* baterai diberi beban

Baterai	BEBAN											
	10 Watt				40 Watt				80 Watt			
	A0	A1	A2	A3	A0	A1	A2	A3	A0	A1	A2	A3
10 V	3.4 A	0 A	1 A	0 A	3.2 A	0 A	2.4 A	0.1 A	3.0 A	0 A	4 A	0.28 A
11 V	3.4 A	0 A	1.5 A	0 A	3.0 A	0 A	2.6 A	0.18 A	2.9 A	0 A	4.5 A	0.32 A
12 V	3.0 A	0 A	2 A	0 A	3.4 A	0 A	3 A	0.2 A	3.4 A	0 A	5 A	0.34 A
Baterai	BEBAN											
	140 Watt				180 Watt				200 Watt			
	A0	A1	A2	A3	A0	A1	A2	A3	A0	A1	A2	A3
10 V	3.0 A	0 A	6.5 A	0.47 A	2.8 A	0 A	7.5 A	0.58 A	2.6 A	0 A	8.5 A	0.68 A
11 V	3.0 A	0 A	7.5 A	0.55 A	3.0 A	0 A	9 A	0.65 A	3.0 A	0 A	10.5 A	0.75 A
12 V	3.2 A	0 A	8 A	0.58 A	3.4 A	0 A	10 A	0.68 A	2.8 A	0 A	11.5 A	0.78 A

Tegangan keluaran dari inverter ketika baterai diberikan beban pada saat proses *discharging* dijelaskan pada Gambar 4.4. dibawah ini.



Gambar 4.4. Grafik tegangan keluaran pada inverter saat *discharging*

Tabel 4.5 Hasil pengamatan *discharging* baterai tanpa beban

Baterai	TANPA BEBAN		
	A1	A2	A3
10 V	0.3 A	0.5 A	0 A
11 V	0.8 A	1.2 A	0 A
12 V	1.8 A	1 A	0 A

4.4 Bentuk Gelombang Dengan Berbagai Beban

Pengamatan pada tegangan keluaran pada inverter masih berupa gelombang kotak. Dengan diberikannya berbagai macam beban maka gelombang tersebut dapat dilihat melalui gambar pada lampiran A. Tegangan output dan arus output pada inverter adalah :

1. Tanpa beban: Tegangan outputnya 230 volt dan arusnya 0 A. Gambar keluarannya dapat dilihat pada lampiran A.

2. Beban lampu pijar 10 watt: Tegangan outputnya 220 volt dan arusnya 0,1 A. Gambar keluarannya dapat dilihat pada lampiran A.
3. Beban lampu pijar 40 watt: Tegangan outputnya 180 volt dan arusnya 0,2 A. Gambar keluarannya dapat dilihat pada lampiran A.
4. Beban lampu pijar 80 watt: Tegangan outputnya 170 volt dan arusnya 0,34 A. Gambar keluarannya dapat dilihat pada lampiran A.
5. Beban lampu pijar 140 watt: Tegangan outputnya 140 volt dan arusnya 0,54 A. Gambar keluarannya dapat dilihat pada lampiran A.
6. Beban lampu pijar 180 watt: Tegangan outputnya 160 volt dan arusnya 0,64 A. Gambar keluarannya dapat dilihat pada lampiran A.
7. Beban lampu pijar 200 watt: Tegangan outputnya 170 volt dan arusnya 0,74 A. Gambar keluarannya dapat dilihat pada lampiran A.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Perancangan *Solar Home System* 200 watt untuk digunakan sebagai energi alternatif dalam kehidupan manusia, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada saat proses *charging* dengan diberikan beban 200 watt maka arus yang dihasilkan dari solar modul akan langsung terpakai oleh beban dan tidak terjadi pengisian terhadap baterai.
2. Bentuk gelombang yang dihasilkan oleh inverter DC ke AC adalah gelombang kotak.
3. Arus maksimal yang dihasilkan oleh solar modul 12 volt 50 Wp adalah 3,4 amper pada saat matahari sangat terik.
4. Pengisi baterai dapat bekerja secara otomatis pada saat baterai kosong dan akan berhenti bekerja pada saat baterai sudah penuh.

5.2 Saran

Rangkaian Solar Cell Converter ini mempunyai banyak kemungkinan untuk dikembangkan sehingga dapat diperoleh hasil yang lebih optimal agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat.

Pengembangan-pengembangan tersebut diantaranya adalah :

1. Pada inverter, gelombang yang digunakan saat ini adalah gelombang kotak. Maka masih memiliki kemungkinan untuk melakukan

pengembangan untuk merubah gelombang tersebut menjadi sinus. Agar bisa digunakan untuk seluruh perangkat rumah tangga.



DAFTAR PUSTAKA

Brian Yulianto, *Alternatif Sumber Energi Masa Depan di Indonesia*, peneliti

ISTECS, Artikel Iptek, 2006

Heres Deny Wasito, *Sepede Sumber Status Sebagai Energi Untuk Peralatan*

Rumah Tangga, Proyek Akhir, 2005

Suryatmo, 1997, *Teknik Listrik Arus Searah*, Bina Aksara, Jakarta.

Sutanto, 1997, *Rangkaian Elektronika Analog*, UI Press, Jakarta.

<http://www.alldatasheet.com>

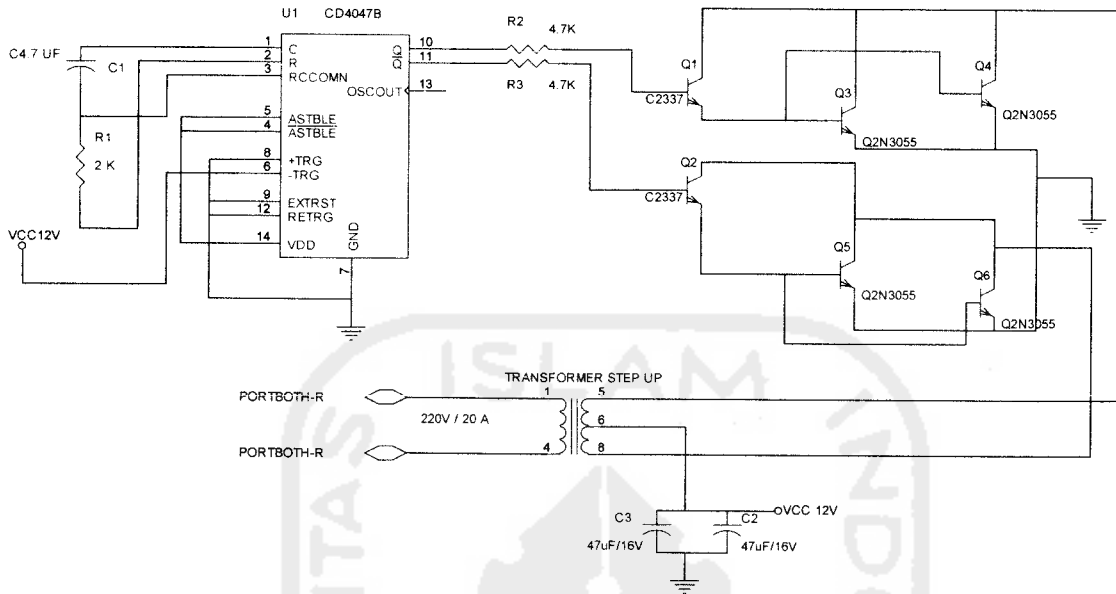
<http://www.ensc.sfu.ca/reference/data-sheets.html>



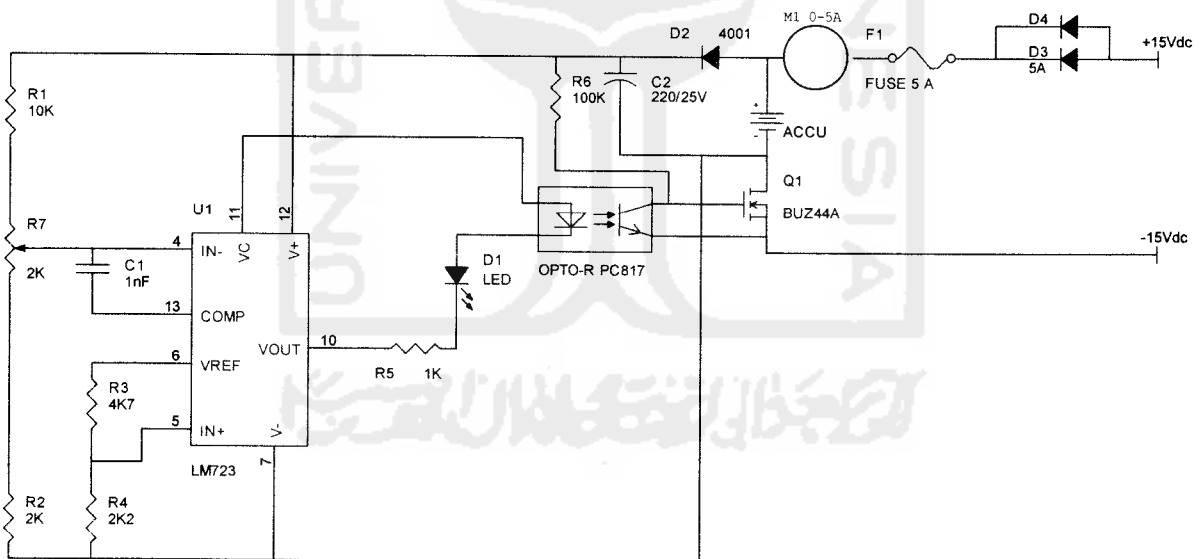
LAMPIRAN A



Rangkaian Inverter DC to AC

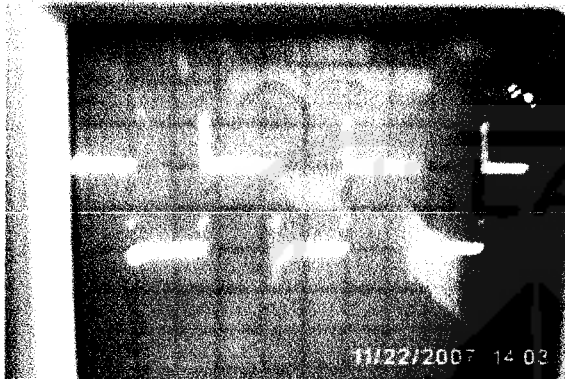


Rangkaian Pengisi Baterai



Lampiran A

Tanpa beban



volt/div : 5 x 45 volt

Time/div : 5 mS

F : 50 Hz

Beban lampu 10 Watt

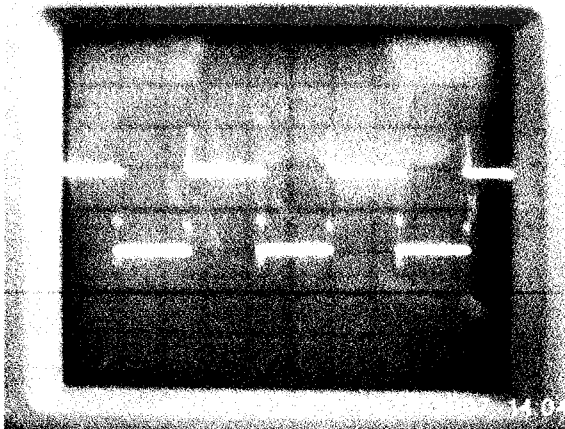


volt/div : 5 x 45 volt

Time/div : 5 mS

F : 50 Hz

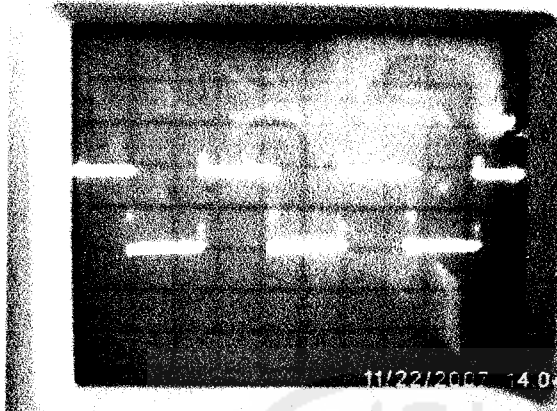
Beban lampu 40 Watt



volt/div : 5 x 45 volt

Time/div : 5 mS

F : 50 Hz

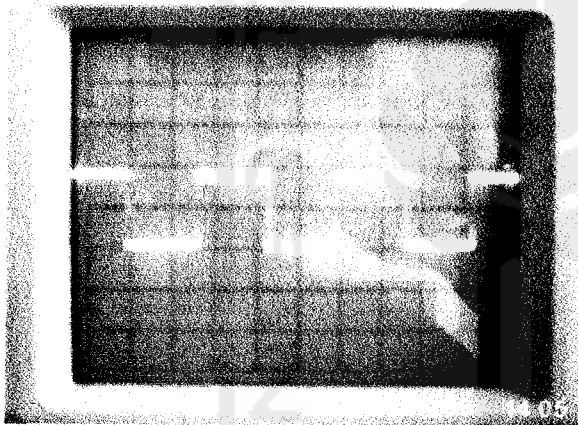


Beban lampu 80 Watt

volt/div : 5 x 45 volt

Time/div : 5 mS

F : 50 Hz

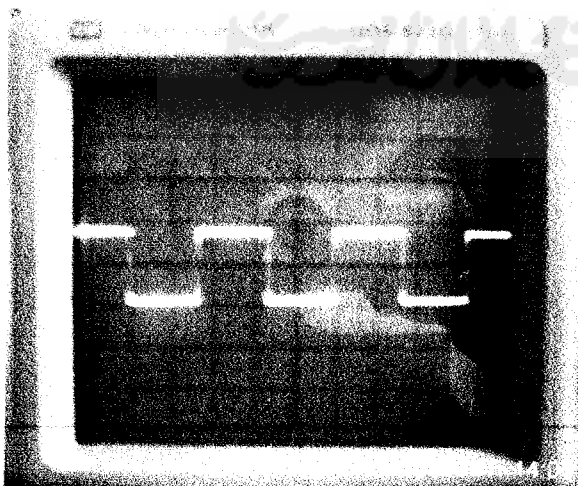


Beban lampu 140 Watt

volt/div : 5 x 45 volt

Time/div : 5 mS

F : 50 Hz

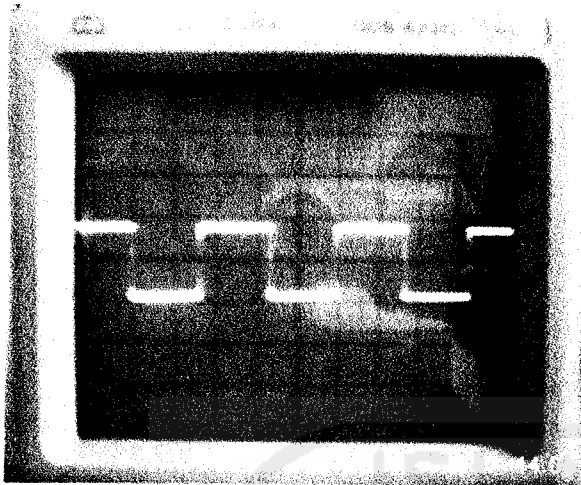


Beban lampu 180 Watt

volt/div : 5 x 45 volt

Time/div : 5 mS

F : 50 Hz



Beban lampu 200 Watt

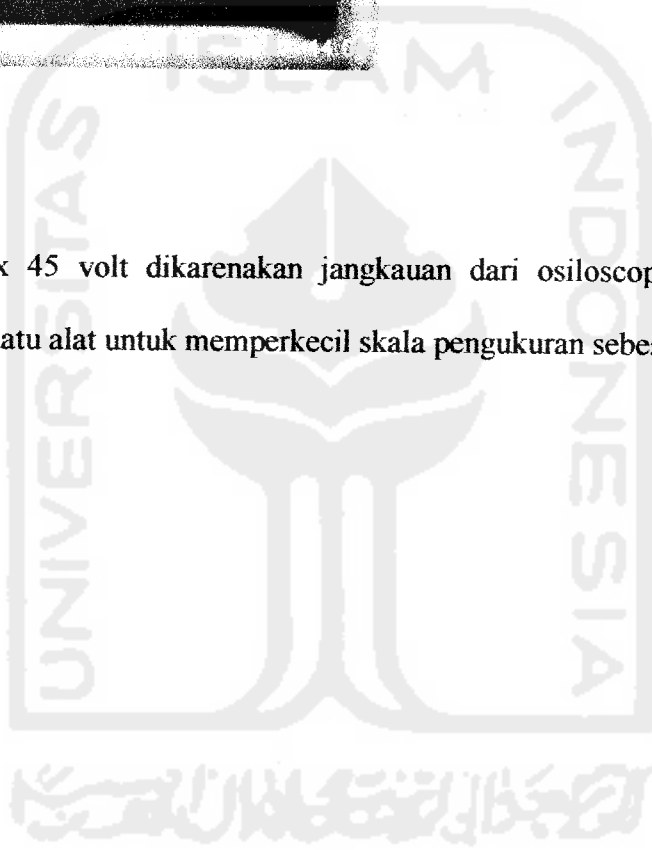
volt/div : 5 x 45 volt

Time/div : 5 mS

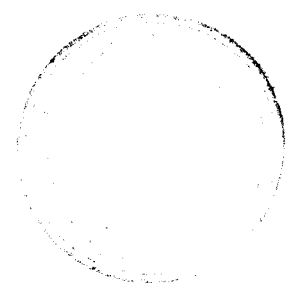
F : 50 Hz

Keterangan :

Volt/div = 5 x 45 volt dikarenakan jangkauan dari osiloskop kurang, maka ditambahkan suatu alat untuk memperkecil skala pengukuran sebesar 45 kali.



LAMPIRAN B



CD4047B Types

CMOS Low-Power Monostable/Astable Multivibrator

High Voltage Types (20-Volt Rating)

■ CD4047B consists of a gatable astable multivibrator with logic techniques incorporated to permit positive or negative edge-triggered monostable multivibrator action with retriggering and external counting options.

Inputs include +TRIGGER, -TRIGGER, ASTABLE, ASTABLE, RETRIGGER, and EXTERNAL RESET. Buffered outputs are Q, Q, and OSCILLATOR. In all modes of operation, and external capacitor must be connected between C-Timing and RC-Common terminals, and an external resistor must be connected between the R-Timing and RC-Common terminals.

Astable operation is enabled by a high level on the ASTABLE input or a low level on the ASTABLE input, or both. The period of the square wave at the Q and Q outputs in this mode of operation is a function of the external components employed. "True" input pulses on the ASTABLE input or "Complement" pulses on the ASTABLE input allow the circuit to be used as a gatable multivibrator. The OSCILLATOR output period will be half of the Q terminal output in the astable mode. However, a 50% duty cycle is not guaranteed at this output.

The CD4047B triggers in the monostable mode when a positive-going edge occurs on the +TRIGGER-input while the -TRIGGER is held low. Input pulses may be of any duration relative to the output pulse.

If retrigger capability is desired, the RETRIGGER input is pulsed. The retriggerable mode of operation is limited to positive-going edge. The CD4047B will retrigger as long as the RETRIGGER-input is high, with or without transitions (See Fig. 34).

An external countdown option can be implemented by coupling "Q" to an external "N" counter and resetting the counter with the trigger pulse. The counter output pulse is fed back to the ASTABLE input and has a duration equal to N times the period of the multivibrator.

A high level on the EXTERNAL RESET input assures no output pulse during an "ON" power condition. This input can also be activated to terminate the output pulse at any time. For monostable operation, whenever V_{DD} is applied, an internal power-on reset circuit will clock the Q output low within one output period (t_M).

The CD4047B-Series types are supplied in 4-lead hermetic dual-in-line ceramic packages (F3A suffix), 14-lead dual-in-line plastic packages (E suffix), 14-lead small-outline packages (M, MT, M96, and SR suffixes), and 14-lead thin shrink small-outline packages (PW and PWR suffixes).

Features:

- Low power consumption: special CMOS oscillator configuration
- Monostable (one-shot) or astable (free-running) operation
- True and complemented buffered outputs
- Only one external R and C required
- Buffered inputs
- 100% tested for quiescent current at 20 V
- Standardized, symmetrical output characteristics
- 5-V, 10-V, and 15-V parametric ratings
- Meets all requirements of JEDEC Tentative Standard No. 13B, "Standard Specifications for Description of 'B' Series CMOS Devices"

Monostable Multivibrator Features:

- Positive- or negative-edge trigger
- Output pulse width independent of trigger pulse duration
- Retriggerable option for pulse width expansion
- Internal power-on reset circuit
- Long pulse widths possible using small RC components by means of external counter provision
- Fast recovery time essentially independent of pulse width
- Pulse-width accuracy maintained at duty cycles approaching 100%

Astable Multivibrator Features:

- Free-running or gatable operating modes
- 50% duty cycle

- Oscillator output available

- Good astable frequency stability:

Frequency deviation:

$$= \pm 2\% + 0.03\%/^{\circ}\text{C} @ 100 \text{ kHz}$$

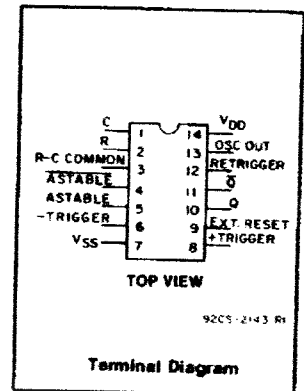
$$= \pm 0.5\% + 0.015\%/^{\circ}\text{C} @ 10 \text{ kHz}$$

(circuits "trimmed" to frequency V_{DD} = 10 V ± 10%)

Applications:

Digital equipment where low-power dissipation and/or high noise immunity are primary design requirements:

- Envelope detection
- Frequency multiplication
- Frequency division
- Frequency discriminators
- Timing circuits
- Time-delay applications



RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability, nominal operating conditions should be selected so that operation is always within the following ranges:

CHARACTERISTIC	LIMITS		UNITS
	MIN.	MAX.	
Supply-Voltage Range (For T _A = Full Package-Temperature Range)	3	18	V

NOTE: IF AT 15 V OPERATION A 10 MΩ RESISTOR IS USED THE OPERATING TEMPERATURE SHOULD BE BETWEEN -25°C and 100°C

MAXIMUM RATINGS, Absolute-Maximum Values:

DC SUPPLY-VOLTAGE RANGE, (V _{DD}) Voltages referenced to V _{SS} Terminal)	-0.5V to +20V
INPUT VOLTAGE RANGE, ALL INPUTS	-0.5V to V _{DD} +0.5V
DC INPUT CURRENT, ANY ONE INPUT	±10mA
POWER DISSIPATION PER PACKAGE (P _D): For T _A = -55°C to +100°C	500mW
For T _A = +100°C to +125°C	Derate Linearly at 12mW/°C to 200mW
DEVICE DISSIPATION PER OUTPUT TRANSISTOR FOR T _A = FULL PACKAGE-TEMPERATURE RANGE (All Package Types)	100mW
OPERATING-TEMPERATURE RANGE (T _A)	-55°C to +125°C
STORAGE TEMPERATURE RANGE (T _{stg})	-65°C to +150°C
LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING): At distance 1/16 ± 1/32 inch (1.59 ± 0.79mm) from case for 10s max	+265°C

CD4047B Types

CD4047B FUNCTIONAL TERMINAL CONNECTIONS

NOTE: IN ALL CASES EXTERNAL RESISTOR BETWEEN TERMINALS 2 AND 3A
EXTERNAL CAPACITOR BETWEEN TERMINALS 1 AND 3A

FUNCTION	TERMINAL CONNECTIONS			OUTPUT PULSE FROM	OUTPUT PERIOD OR PULSE WIDTH
	TO V _{DD}	TO V _{SS}	INPUT TO		
Astable Multivibrator:					
Free Running	4,5,8,14	7,8,9,12	—	10,11,13	$t_A(10,11) = 4.40 RC$
True Gating	4,6,14	7,8,9,12	5	10,11,13	$t_A(13) = 2.20 RC^*$
Complement Gating	6,14	5,7,8,9,12	4	10,11,13	
Monostable Multivibrator:					
Positive-Edge Trigger	4,14	5,6,7,9,12	8	10,11	$t_M(10,11) = 2.48 RC$
Negative-Edge Trigger	4,8,14	5,7,9,12	6	10,11	
Retriggerable	4,14	5,6,7,9	8,12	10,11	
External Countdown [†]	14	5,6,7,8,9,12	—	10,11	

▲ See Text.

* First positive 1/2 cycle pulse-width = 2.48 RC, see Note on Page 3-134.

† Input Pulse to Reset of External Counting Chip External Counting Chip Output To Terminal 4

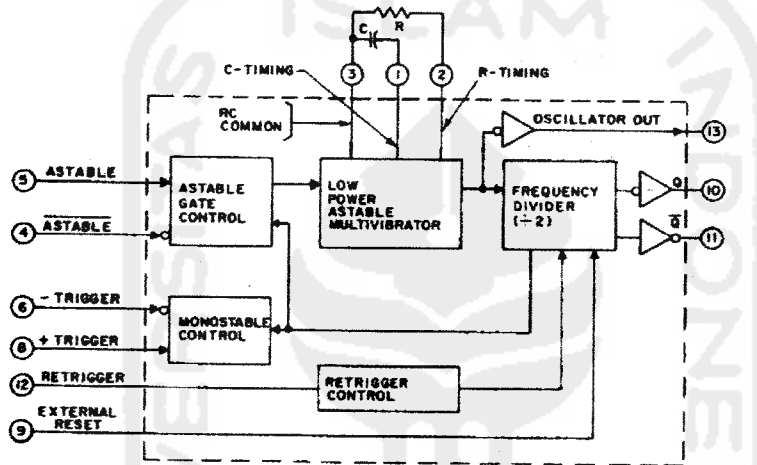


Fig. 1—CD4047B logic block diagram.

92CS-29071

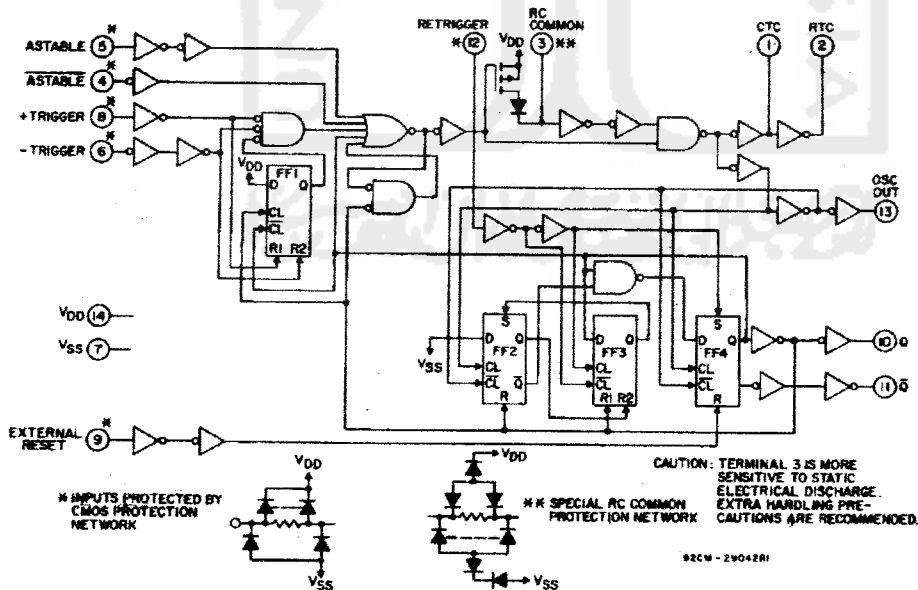


Fig. 2—CD4047B logic diagram.

92CM-2904281

CD4047B Types

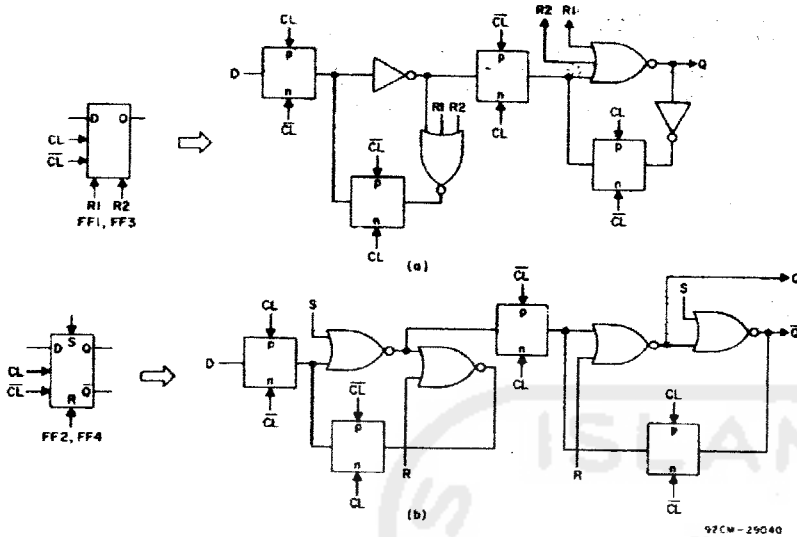


Fig. 3—Detail logic diagram for flip-flops FF1 and FF3 (a) and for flip-flops FF2 and FF4 (b).

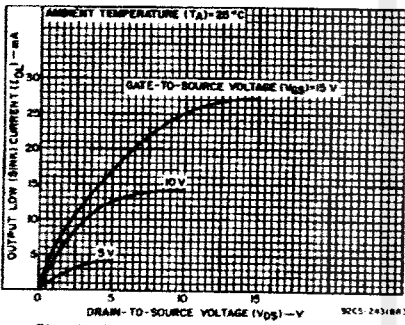


Fig. 4—Typical output low (sink) current characteristics.

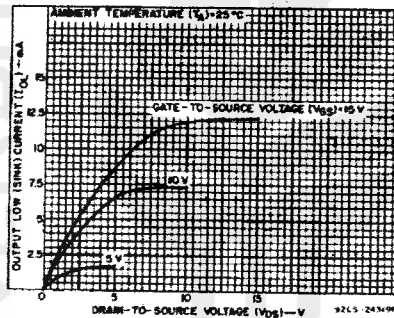


Fig. 5—Minimum output low (sink) current characteristics.

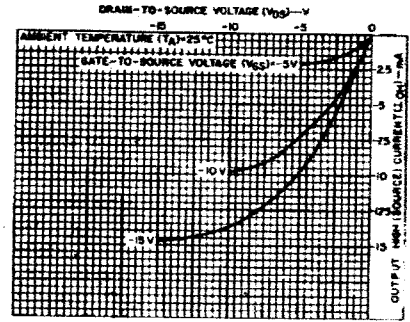


Fig. 6—Typical output high (source) current characteristics.

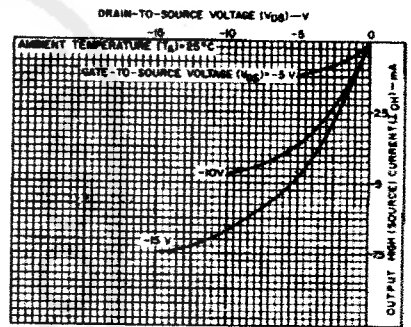


Fig. 7—Minimum output high (source) current characteristics.

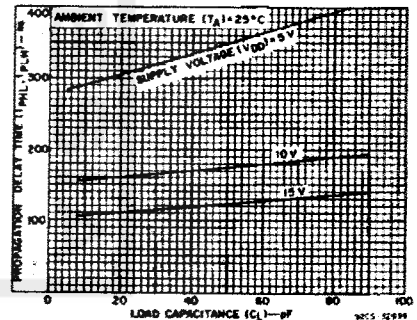


Fig. 8—Typical propagation delay time as a function of load capacitance (Astable to Q, Q).

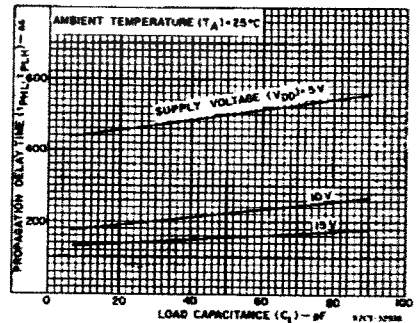


Fig. 9—Typical propagation delay time as a function of load capacitance (+ or - trigger to Q, Q).

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

CHARACTERISTICS	CONDITIONS			LIMITS AT INDICATED TEMPERATURES (°C)						UNITS	
	V _O (V)	V _{IN} (V)	V _{DD} (V)	-55	-40	+85	+125	+25			
								Min.	Typ.		Max.
Quiescent Device Current, I _{DD} Max.	—	0.5	5	1	1	30	30	—	0.02	1	μA
	—	0.10	10	2	2	60	60	—	0.02	2	
	—	0.15	15	4	4	120	120	—	0.02	4	
Output Low (Sink) Current I _{OL} Min.	0.4	0.5	5	0.64	0.61	0.42	0.36	0.51	1	—	mA
	0.5	0.10	10	1.6	1.5	1.1	0.9	1.3	2.6	—	
	1.5	0.15	15	4.2	4	2.8	2.4	3.4	6.8	—	
Output High (Source) Current, I _{OH} Min.	4.6	0.5	5	-0.64	-0.61	-0.42	-0.36	-0.51	-1	—	mA
	2.5	0.5	5	-2	-1.8	-1.3	-1.15	-1.6	-3.2	—	
	9.5	0.10	10	-1.6	-1.5	-1.1	-0.9	-1.3	-2.6	—	
	13.5	0.15	15	-4.2	-4	-2.8	-2.4	-3.4	-6.8	—	
Output Voltage: Low-Level V _{OL} Max.	—	0.5	5	0.05				—	0	0.05	V
	—	0.10	10	0.05				—	0	0.05	
	—	0.15	15	0.05				—	0	0.05	

CD4047B Types

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (CONTINUED)

CHARACTERISTICS	CONDITIONS			LIMITS AT INDICATED TEMPERATURES (°C)						UNITS	
	V _O (V)	V _{IN} (V)	V _{DD} (V)	-55	-40	+85	+125	+25			
								Min.	Typ.		Max.
Output Voltage: High-Level, V _{OH} Min.	—	0.5	5	4.95				4.95	5	—	V
	—	0.10	10	9.95				9.95	10	—	
	—	0.15	15	14.95				14.95	15	—	
Input Low Voltage, V _{IL} Max.	0.5, 4.5	—	5	1.5				—	—	1.5	V
	1.9	—	10	3				—	—	3	
Input High Voltage, V _{IH} Min.	1.5, 13.5	—	15	4				—	—	4	V
	0.5, 4.5	—	5	3.5				3.5	—	—	
	1.9	—	10	7				7	—	—	
Input Current I _{IN} Max.	1.5, 13.5	—	15	11				11	—	—	μA
	—	0.18	18	±0.1	±0.1	±1	±1	—	±10 ⁵	±0.1	

DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS at T_A = 25°C; Input t_r, t_f = 20 ns, C_L = 50 pF, R_L = 200 kΩ

CHARACTERISTIC	V _{DD} (V)	LIMITS			UNITS	
		MIN.	TYP.	MAX.		
Propagation Delay Time, t _{PLH} , t _{PLL} Astable, Astable to Osc. Out	5	—	200	400		
	10	—	100	200		
	15	—	80	180		
Astable, Astable to Q, \bar{Q}	5	—	350	700		
	10	—	175	350		
	15	—	125	250		
+ or - Trigger to Q, \bar{Q}	5	—	500	1000		
	10	—	225	450		
	15	—	150	300		
Retrigger to Q, \bar{Q}	5	—	300	600		
	10	—	150	300		
	15	—	100	200		
External Reset to Q, \bar{Q}	5	—	250	500	ns	
	10	—	100	200		
	15	—	70	140		
Transition Time, t _{PLH} , t _{PLL} Osc. Out, Q, \bar{Q}	5	—	100	200		
	10	—	50	100		
	15	—	40	80		
Minimum Input Pulse Width, t _w + Trigger, - Trigger	5	—	200	400		
	10	—	80	180		
	15	—	50	100		
Reset	5	—	100	200		
	10	—	50	100		
	15	—	30	60		
Retrigger	5	—	300	600		
	10	—	115	230		
	15	—	75	150		
Input Rise and Fall Time, t _r , t _f All Trigger Inputs						
	For + Trigger: t _r t _f only is unlimited	5	—	270	—	μs
		10	—	18	—	
		15	—	9	—	
	For - Trigger: t _r t _f only is unlimited	5	—	325	—	
		10	—	9	—	
15		—	4	—		
Q or \bar{Q} Deviation from 50% Duty Factor	5	—	±0.5	±1	%	
	10	—	±0.5	±1		
	15	—	±0.1	±0.5		
Input Capacitance, C _{IN}	Any Input	—	5	7.7	pF	

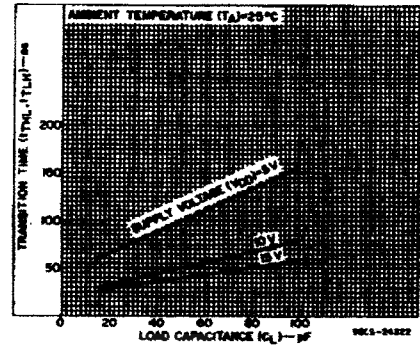


Fig. 10—Typical transition time as a function of load capacitance.

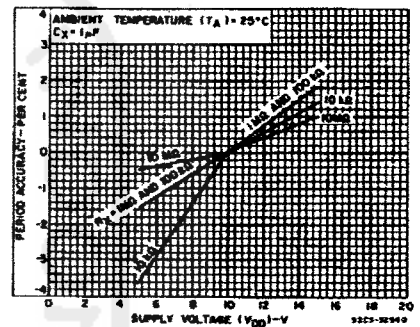


Fig. 11—Typical stable oscillator or Q, \bar{Q} period accuracy vs. supply voltage.

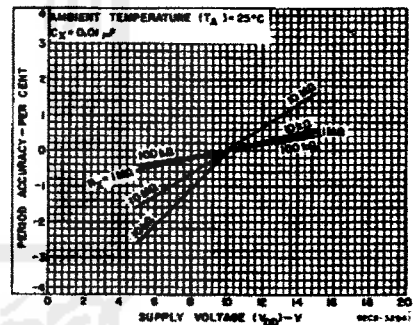


Fig. 12—Typical stable oscillator or Q, \bar{Q} period accuracy vs. supply voltage.

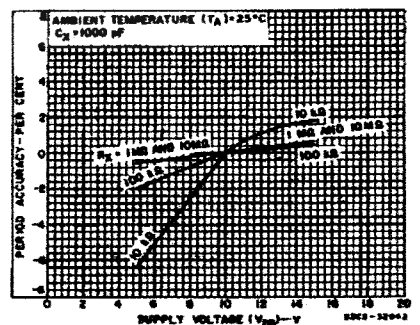


Fig. 13—Typical stable oscillator or Q, \bar{Q} period accuracy vs. supply voltage.

CD4047B Types

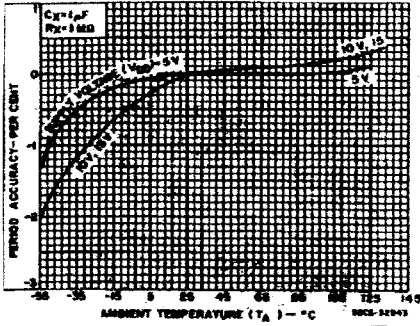


Fig. 14—Typical astable oscillator or Q, \bar{Q} period accuracy vs. ambient temperature (ultra-low frequency).

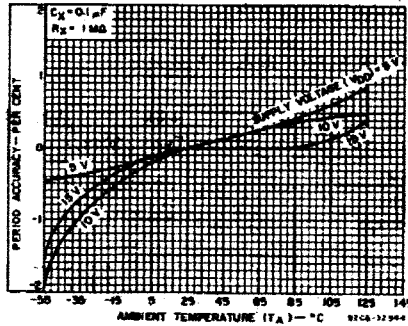


Fig. 15—Typical astable oscillator or Q, \bar{Q} period accuracy vs. ambient temperature (low frequency).

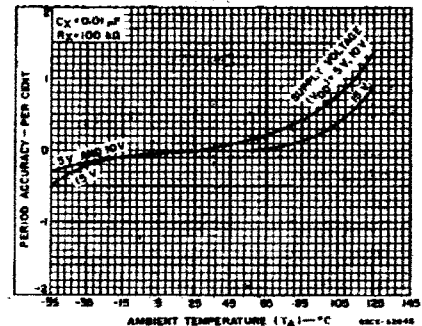


Fig. 16—Typical astable oscillator or Q, \bar{Q} period accuracy vs. ambient temperature (medium frequency).

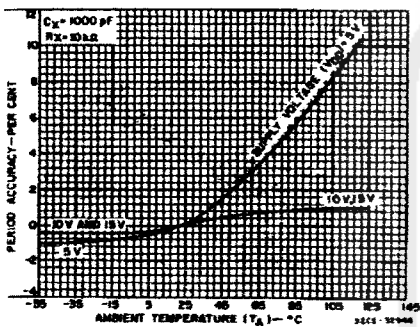


Fig. 17—Typical astable oscillator or Q, \bar{Q} period accuracy vs. ambient temperature (high-frequency).

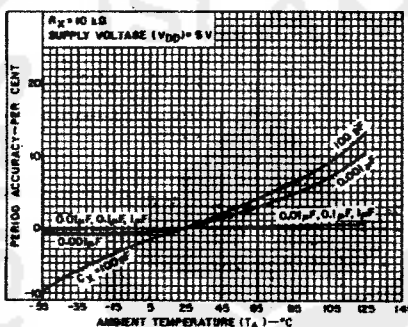


Fig. 18—Typical astable oscillator or Q, \bar{Q} period accuracy vs. ambient temperature.

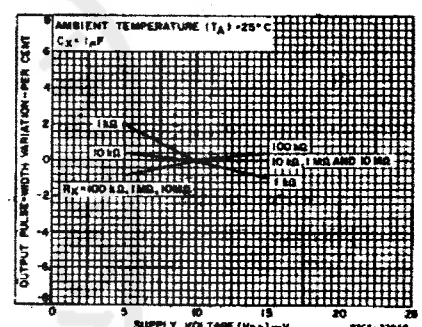


Fig. 19—Typical output pulse-width variations vs. supply voltage.

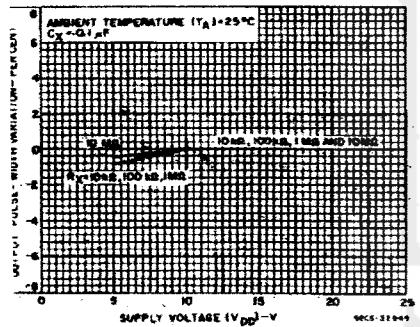


Fig. 20—Typical output pulse-width variations vs. supply voltage.

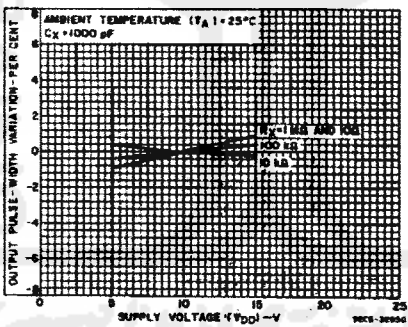


Fig. 21—Typical output pulse-width variations vs. supply voltage.

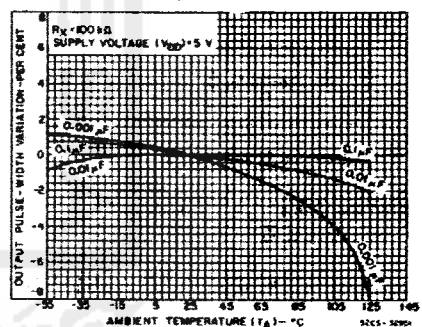


Fig. 22—Typical output pulse-width variations vs. ambient temperature.

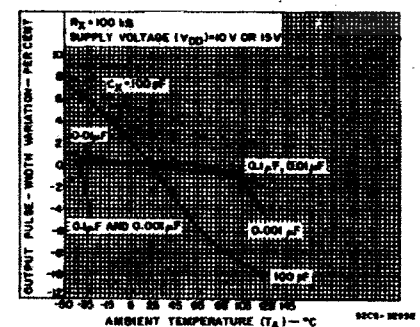


Fig. 23—Typical output pulse-width variations vs. ambient temperature.

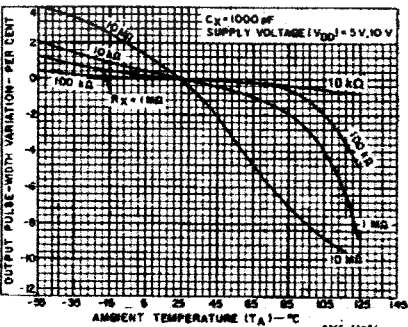


Fig. 24—Typical output-pulse-width variations vs. ambient temperature.

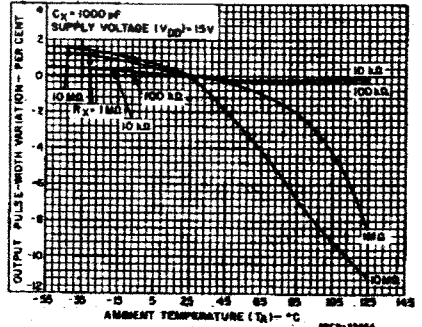


Fig. 25—Typical output pulse-width variations vs. ambient temperature.

CD4047B Types

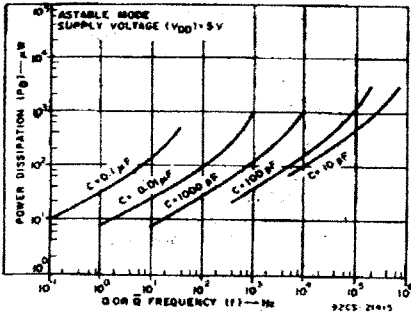


Fig. 26—Typical power dissipation vs. output frequency ($V_{DD} = 5$ V).

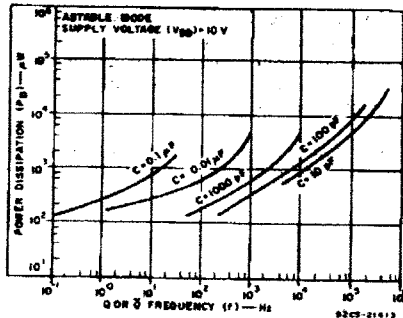


Fig. 27—Typical power dissipation vs. output frequency ($V_{DD} = 10$ V).

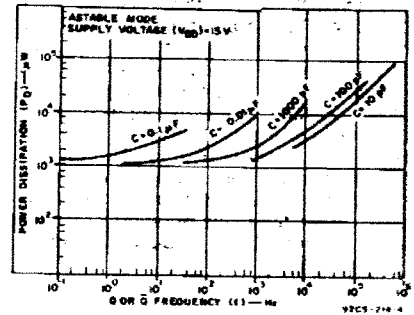


Fig. 28—Typical power dissipation vs. output frequency ($V_{DD} = 15$ V).

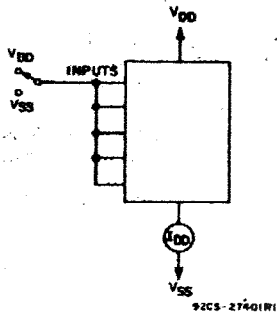


Fig. 29—Quiescent device current test circuit.

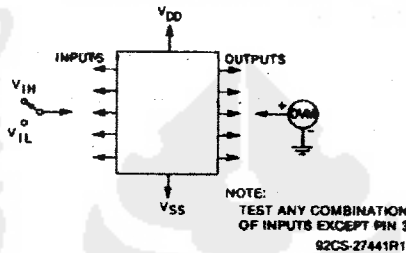


Fig. 30—Input-voltage test circuit.

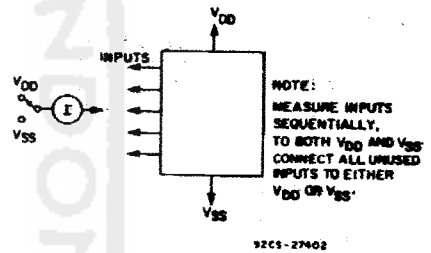


Fig. 31—Input-leakage-current test circuit.

1. Astable Mode Design Information

A. Unit-to-Unit Transfer-Voltage Variations — The following analysis presents variations from unit to unit as a function of transfer-voltage (V_{TR}) shift (33%—67% V_{DD}) for free-running (astable) operation.

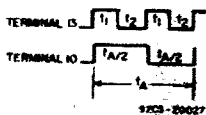


Fig. 32—Astable mode waveforms.

$$t_1 = -RC \ln \frac{V_{TR}}{V_{DD} + V_{TR}}$$

typically, $t_1 = 1.1 RC$

$$t_2 = -RC \ln \frac{V_{DD} - V_{TR}}{2V_{DD} - V_{TR}}$$

typically, $t_2 = 1.1 RC$

$$t_A = 2(t_1 + t_2)$$

$$= -2RC \ln \frac{(V_{TR}V_{DD} - V_{TR})}{(V_{DD} + V_{TR})(2V_{DD} - V_{TR})}$$

Typ: $V_{TR} = 0.5 V_{DD}$ $t_A = 4.40 RC$
 Min: $V_{TR} = 0.33 V_{DD}$ $t_A = 4.62 RC$
 Max: $V_{TR} = 0.67 V_{DD}$ $t_A = 4.62 RC$

thus if $t_A = 4.40 RC$ is used, the variation will be +5%, -0% due to variations in transfer voltage.

B. Variations Due to V_{DD} and Temperature Changes — in addition to variations from unit to unit, the astable period varies with V_{DD} and temperature. Typical variations are presented in graphical form in Figs. 31 to 16 with 10% as reference for voltage variations curves and 25°C as reference for temperature variations curves.

ii. Monostable Mode Design Information

The following analysis presents variations from unit to unit as a function of transfer-voltage (V_{TR}) shift (33% — 67% V_{DD}) for one-shot (monostable) operation.

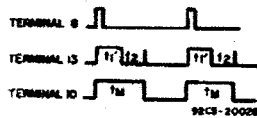


Fig. 33—Monostable waveforms.

$$t_1' = -RC \ln \frac{V_{TR}}{2V_{DD}}$$

typically, $t_1' = 1.38 RC$

$$t_M = (t_1' + t_2)$$

$$t_M = -RC \ln \frac{(V_{TR})(V_{DD} - V_{TR})}{(2V_{DD} - V_{TR})(2V_{DD})}$$

where t_M = Monostable mode pulse width. Values for t_M are as follows:

Typ: $V_{TR} = 0.5 V_{DD}$ $t_M = 2.48 RC$
 Min: $V_{TR} = 0.33 V_{DD}$ $t_M = 2.71 RC$
 Max: $V_{TR} = 0.67 V_{DD}$ $t_M = 2.48 RC$

thus if $t_M = 2.48 RC$ is used, the variation will be +0.3%, -0% due to variations in transfer voltage.

Note:

In the astable mode, the first positive half cycle has a duration of t_M ; succeeding durations are $t_A/2$.

In addition to variations from unit to unit, the monostable pulse width varies with V_{DD} and temperature. These variations are presented in graphical form in Fig. 19 to 26 with 10 V as reference for voltage-variation curves and 25°C as reference for temperature-variation curves.

CD4047B Types

III. Retrigger Mode Operation

The CD4047B can be used in the retrigger mode to extend the output-pulse duration, or to compare the frequency of an input signal with that of the internal oscillator. In the retrigger mode the input pulse is applied to terminal 12, and the output is taken from terminal 10 or 11. As shown in Fig. 34 normal monostable action is obtained when one retrigger pulse is applied. Extended pulse duration is obtained when more than one pulse is applied.

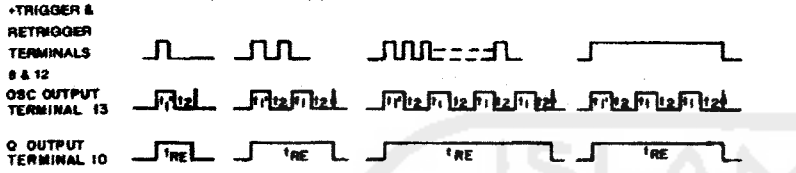


Fig. 34—Retrigger-mode waveforms.

For two input pulses, $t_{RE} = t_1' + t_1 + 2t_2$. For more than two pulses, the output pulse width is an integral number of time periods, with the first time period being $t_1' + t_2$, typically, $2.48RC$, and all subsequent time periods being $t_1 + t_2$, typically, $2.2RC$.

IV. External Counter Option

Time t_M can be extended by any amount with the use of external counting circuitry.

Advantages include digitally controlled pulse duration, small timing capacitors for long time periods, and extremely fast recovery time. A typical implementation is shown in Fig. 35. The pulse duration at the output is

$$t_{ext} = (N - 1)(t_A) + (t_M + t_A/2)$$

where t_{ext} = pulse duration of the circuitry, and N is the number of counts used.

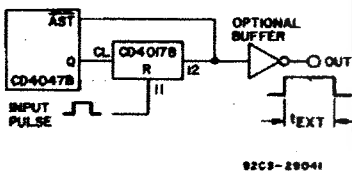


Fig. 35—Implementation of external counter option.

V. Timing-Component Limitations

The capacitor used in the circuit should be non-polarized and have low leakage (i.e. the parallel resistance of the capacitor should be at least an order of magnitude greater than the external resistor used). There is no upper or lower limit for either R or C value to maintain oscillation.

However, in consideration of accuracy, C must be much larger than the inherent stray capacitance in the system (unless this capacitance can be measured and taken into account). R must be much

larger than the CMOS "ON" resistance in series with it, which typically is hundreds of ohms. In addition, with very large values of R , some short-term instability with respect to time may be noted.

The recommended values for these components to maintain agreement with

tion of leakage current in the circuit, as shown in the static electrical characteristics. For dynamic operation, the power needed to charge the external timing capacitor C is given by the following formulae:

Astable Mode:

$$P = 2CV^2f. \text{ (Output at terminal No. 13)}$$

$$P = 4CV^2f. \text{ (Output at terminal Nos. 10 and 11)}$$

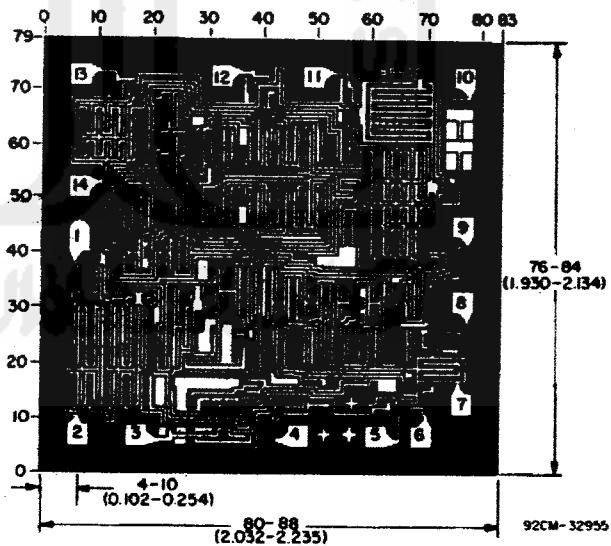
Monostable Mode:

$$P = \frac{(2.9CV^2) \text{ (Duty Cycle)}}{T}$$

(Output at terminal Nos. 10 and 11)

The circuit is designed so that most of the total power is consumed in the external components. In practice, the lower the values of frequency and voltage used, the closer the actual power dissipation will be to the calculated value.

Because the power dissipation does not depend on R , a design for minimum power dissipation would be a small value of C . The value of R would depend on the desired period (within the limitations discussed above). See Figs. 27, 28, and 29 for typical power consumption in astable mode.



Chip dimensions and pad layout for CD4047B

Dimensions in parentheses are in millimeters and are derived from the basic inch dimensions as indicated. Grid graduations are in mils (10^{-3} inch).



PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status ⁽¹⁾	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan ⁽²⁾	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp ⁽³⁾
8102001CA	ACTIVE	CDIP	J	14	1	TBD	A42 SNPB	N / A for Pkg Type
CD4047BD3	ACTIVE	CDIP SB	JD	14	1	TBD	POST-PLATE	N / A for Pkg Type
CD4047BE	ACTIVE	PDIP	N	14	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type
CD4047BEE4	ACTIVE	PDIP	N	14	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type
CD4047BF	ACTIVE	CDIP	J	14	1	TBD	A42 SNPB	N / A for Pkg Type
CD4047BF3A	ACTIVE	CDIP	J	14	1	TBD	A42 SNPB	N / A for Pkg Type
CD4047BM	ACTIVE	SOIC	D	14	50	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BM96	ACTIVE	SOIC	D	14	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BM96E4	ACTIVE	SOIC	D	14	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BM96G4	ACTIVE	SOIC	D	14	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BME4	ACTIVE	SOIC	D	14	50	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BMG4	ACTIVE	SOIC	D	14	50	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BMT	ACTIVE	SOIC	D	14	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BMTE4	ACTIVE	SOIC	D	14	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BMTG4	ACTIVE	SOIC	D	14	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BNSR	ACTIVE	SO	NS	14	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BNSRE4	ACTIVE	SO	NS	14	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BNSRG4	ACTIVE	SO	NS	14	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BPW	ACTIVE	TSSOP	PW	14	90	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BPWE4	ACTIVE	TSSOP	PW	14	90	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BPWG4	ACTIVE	TSSOP	PW	14	90	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BPWR	ACTIVE	TSSOP	PW	14	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BPWRE4	ACTIVE	TSSOP	PW	14	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
CD4047BPWRG4	ACTIVE	TSSOP	PW	14	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM

⁽¹⁾ The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.
OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

⁽²⁾ Eco Plan - The planned eco-friendly classification: Pb-Free (RoHS), Pb-Free (RoHS Exempt), or Green (RoHS & no Sb/Br) - please check <http://www.ti.com/productcontent> for the latest availability information and additional product content details.

TBD: The Pb-Free/Green conversion plan has not been defined.

Pb-Free (RoHS): TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

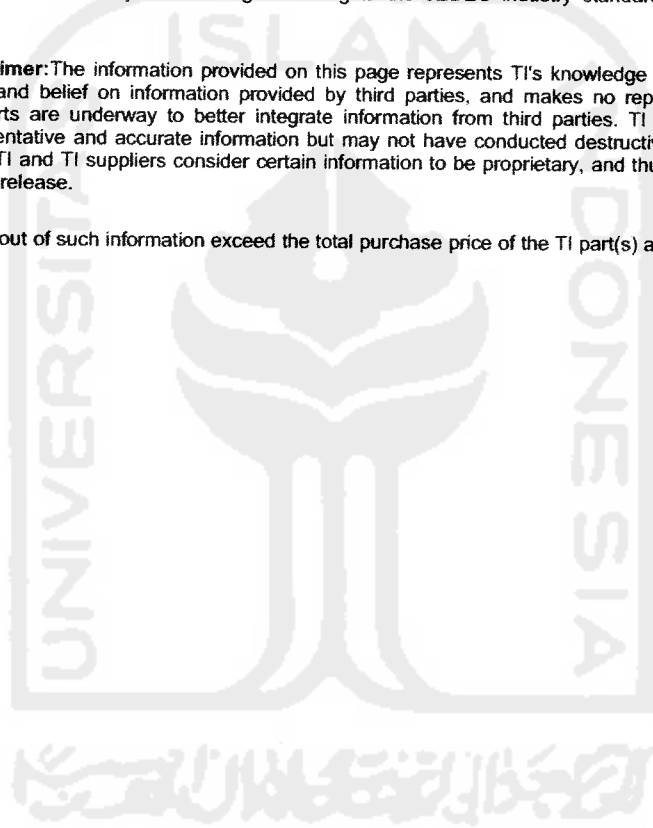
Pb-Free (RoHS Exempt): This component has a RoHS exemption for either 1) lead-based flip-chip solder bumps used between the die and package, or 2) lead-based die adhesive used between the die and leadframe. The component is otherwise considered Pb-Free (RoHS compatible) as defined above.

Green (RoHS & no Sb/Br): TI defines "Green" to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material)

⁽³⁾ MSL, Peak Temp. - The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

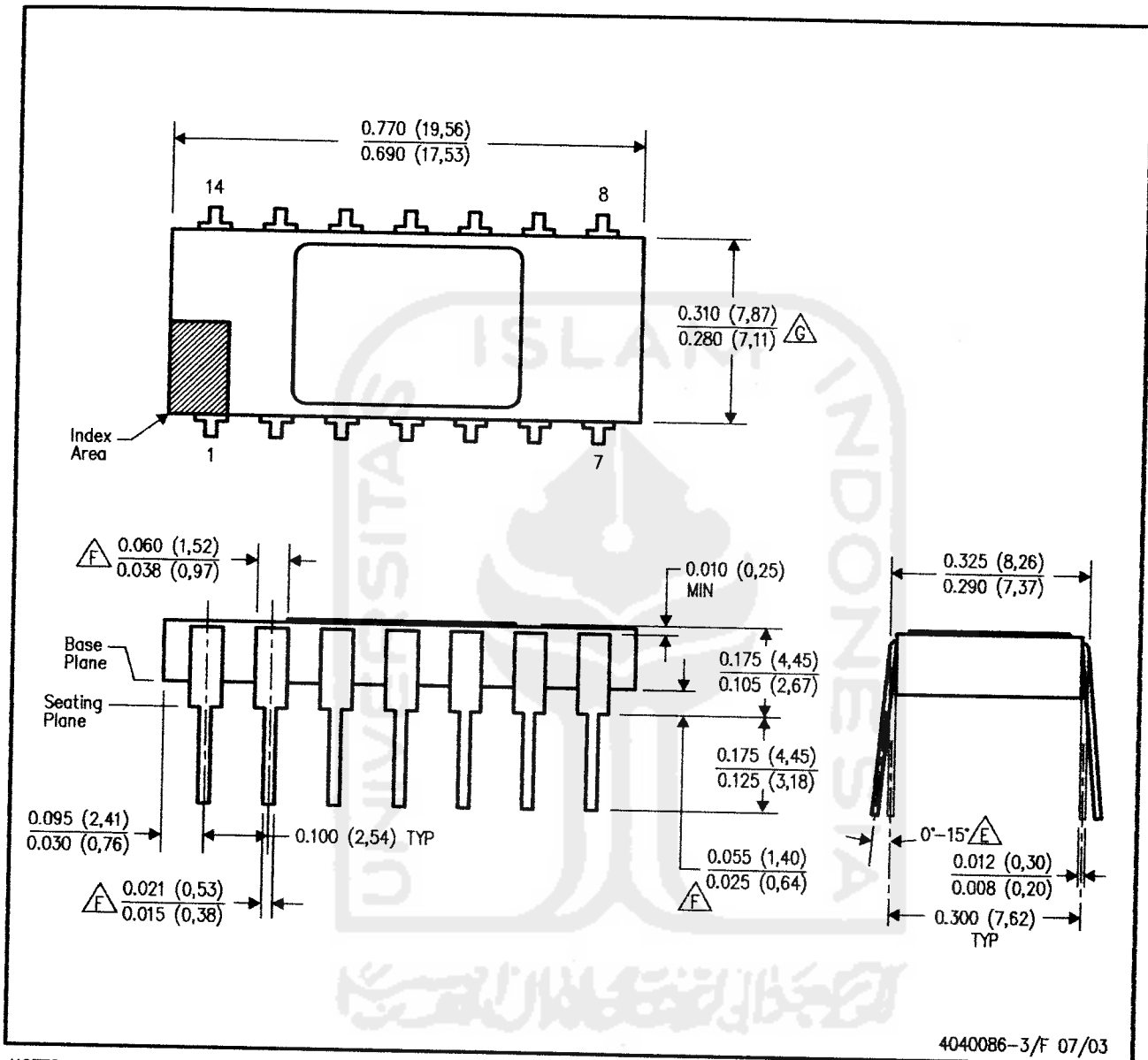
Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.



JD (R-CDIP-T14)

CERAMIC SIDE-BRAZE DUAL-IN-LINE



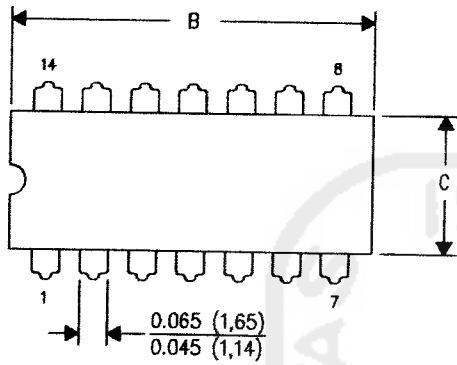
- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Controlling dimension: inch.
 - D. Leads within 0.005 (0,13) radius of true position (TP) at gage plane with maximum material condition and unit installed.
 - E. Angle applies to spread leads prior to installation.
 - F. Outlines on which the seating plane is coincident with the plane (standoff = 0), terminals lead standoffs are not required, and lead shoulder may equal lead width along any part of the lead above the seating/base plane.

- G. Body width does not include particles of packing materials.
- H. A visual index feature must be located within the cross-hatched area.

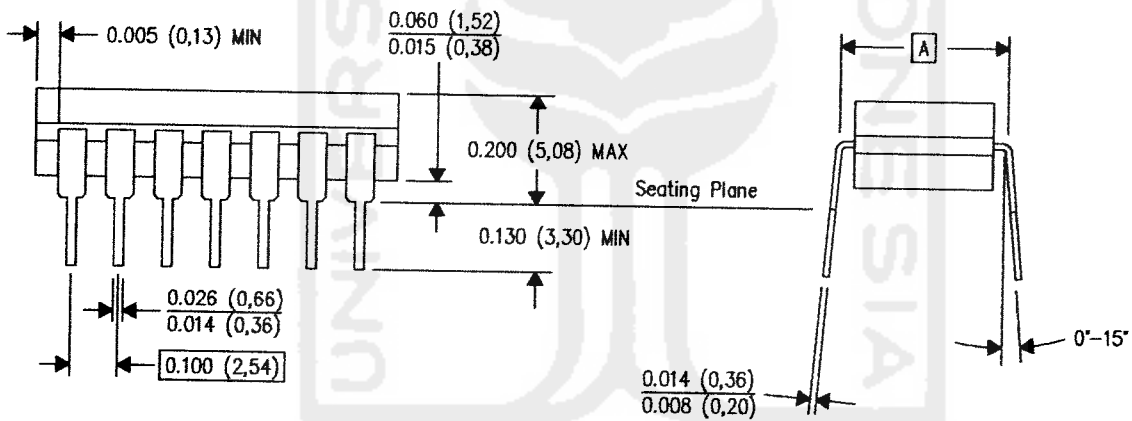
J (R-GDIP-T**)

14 LEADS SHOWN

CERAMIC DUAL IN-LINE PACKAGE



DIM \ PINS **	14	16	18	20
A	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC
B MAX	0.785 (19,94)	.840 (21,34)	0.960 (24,38)	1.060 (26,92)
B MIN	—	—	—	—
C MAX	0.300 (7,62)	0.300 (7,62)	0.310 (7,87)	0.300 (7,62)
C MIN	0.245 (6,22)	0.245 (6,22)	0.220 (5,59)	0.245 (6,22)



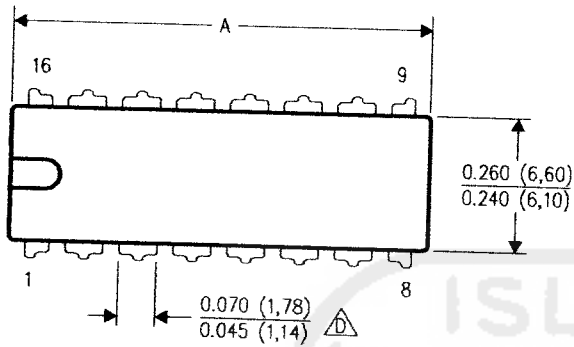
4040083/F 03/03

- NOTES:
- All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - This drawing is subject to change without notice.
 - This package is hermetically sealed with a ceramic lid using glass frit.
 - Index point is provided on cap for terminal identification only on press ceramic glass frit seal only.
 - Falls within MIL STD 1835 GDIP1-T14, GDIP1-T16, GDIP1-T18 and GDIP1-T20.

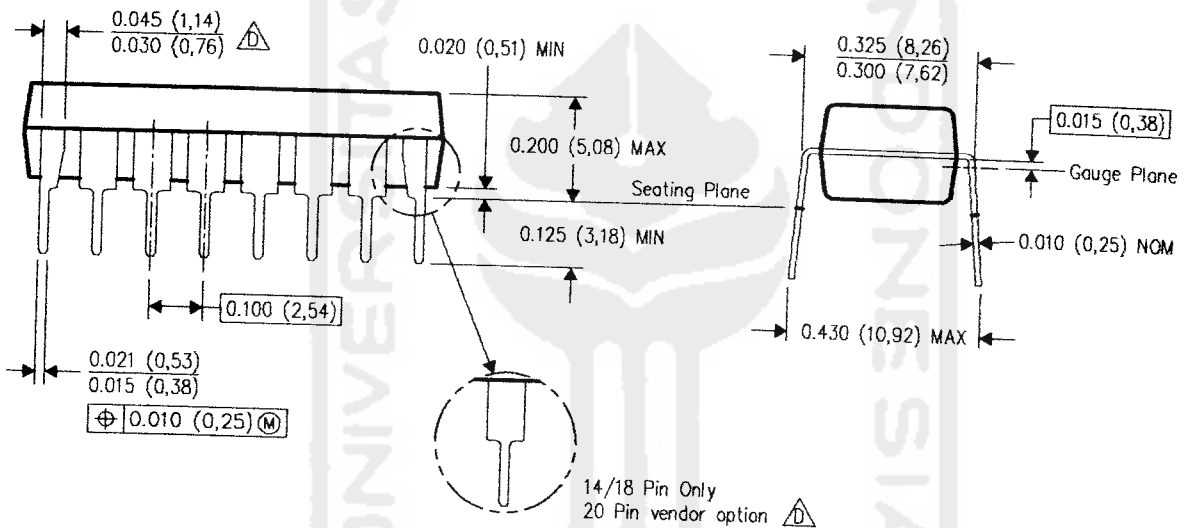
N (R-PDIP-T**)

16 PINS SHOWN

PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE



DIM	PINS **			
	14	16	18	20
A MAX	0.775 (19,69)	0.775 (19,69)	0.920 (23,37)	1.060 (26,92)
A MIN	0.745 (18,92)	0.745 (18,92)	0.850 (21,59)	0.940 (23,88)
MS-001 VARIATION	AA	BB	AC	AD



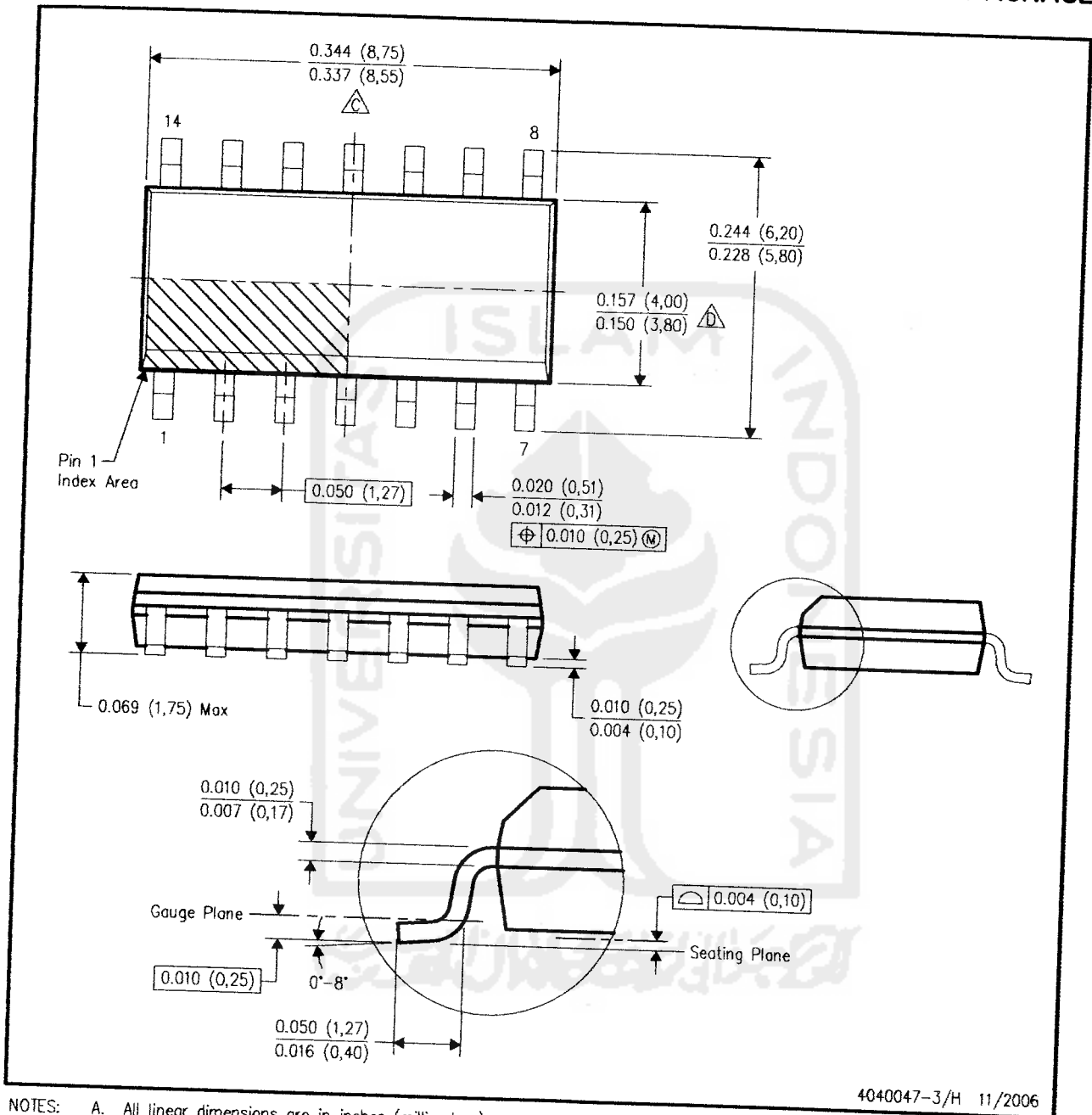
14/18 Pin Only
20 Pin vendor option

4040049/E 12/2002

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C Falls within JEDEC MS-001, except 18 and 20 pin minimum body length (Dim A).
 - D The 20 pin end lead shoulder width is a vendor option, either half or full width.

D (R-PDSO-G14)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



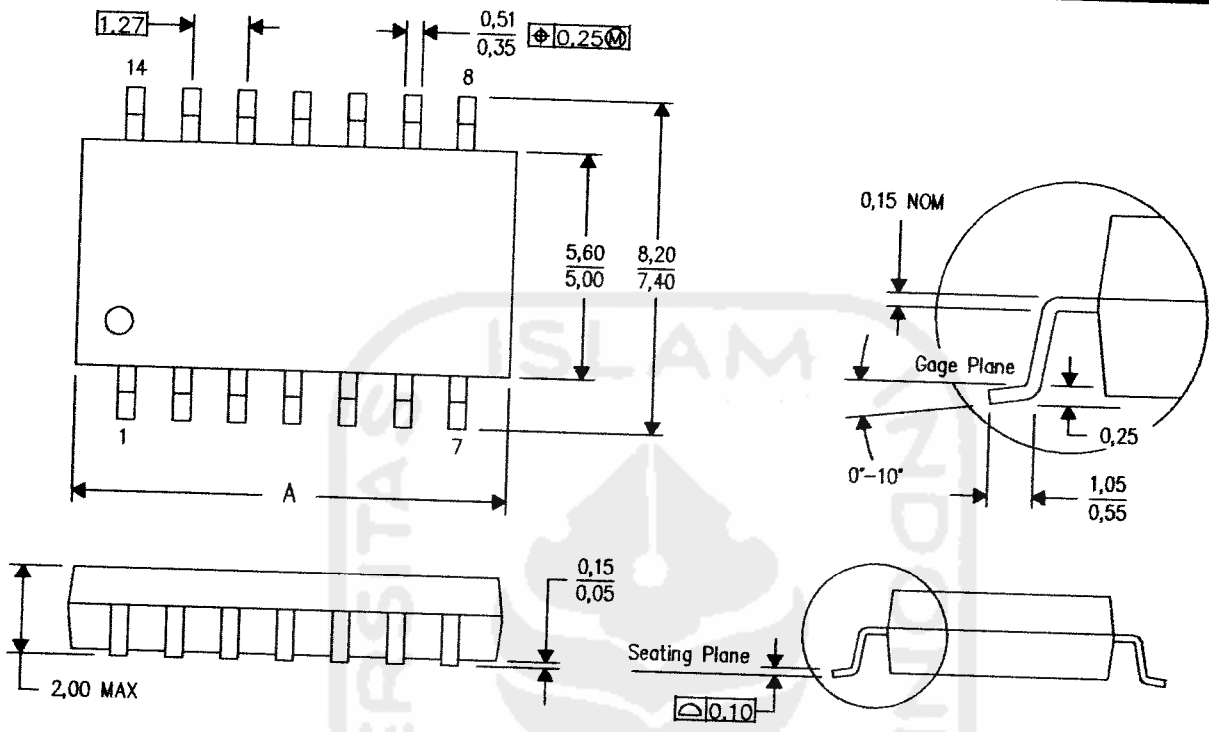
- NOTES:
- All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - This drawing is subject to change without notice.
 - Body length does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed .006 (0,15) per end.
 - Body width does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed .017 (0,43) per side.
 - Reference JEDEC MS-012 variation AB.

MECHANICAL DATA

NS (R-PDSO-G**)

14-PINS SHOWN

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



DIM \ PINS **	14	16	20	24
A MAX	10,50	10,50	12,90	15,30
A MIN	9,90	9,90	12,30	14,70

4040062/C 03/03

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion, not to exceed 0,15.

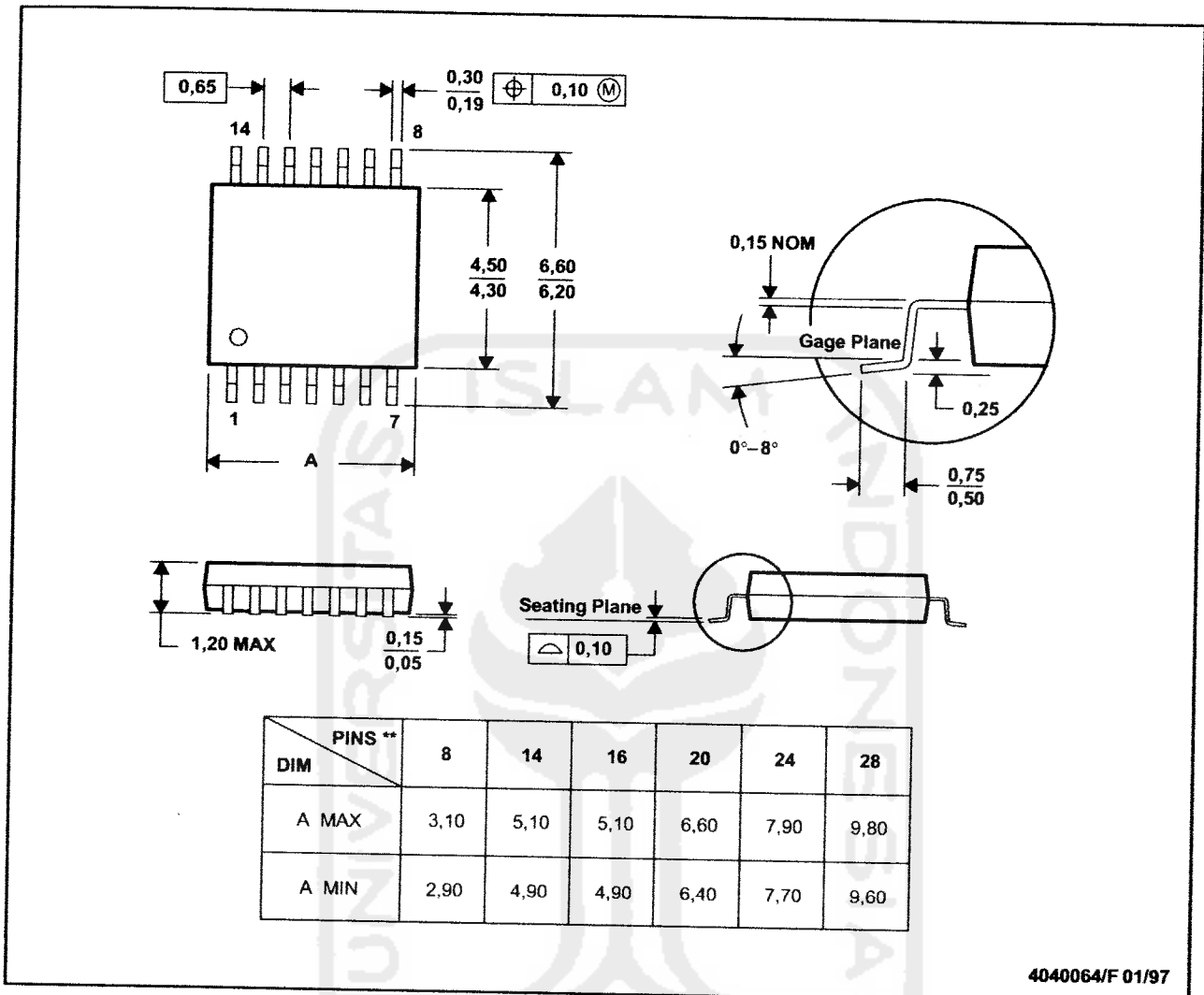
MECHANICAL DATA

MTSS001C - JANUARY 1995 - REVISED FEBRUARY 1999

PW (R-PDSO-G**)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE

14 PINS SHOWN



4040064/F 01/97

- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.
 B. This drawing is subject to change without notice.
 C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion not to exceed 0,15.
 D. Falls within JEDEC MO-153

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of TI information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation. Information of third parties may be subject to additional restrictions.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

TI products are not authorized for use in safety-critical applications (such as life support) where a failure of the TI product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death, unless officers of the parties have executed an agreement specifically governing such use. Buyers represent that they have all necessary expertise in the safety and regulatory ramifications of their applications, and acknowledge and agree that they are solely responsible for all legal, regulatory and safety-related requirements concerning their products and any use of TI products in such safety-critical applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by TI. Further, Buyers must fully indemnify TI and its representatives against any damages arising out of the use of TI products in such safety-critical applications.

TI products are neither designed nor intended for use in military/aerospace applications or environments unless the TI products are specifically designated by TI as military-grade or "enhanced plastic." Only products designated by TI as military-grade meet military specifications. Buyers acknowledge and agree that any such use of TI products which TI has not designated as military-grade is solely at the Buyer's risk, and that they are solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

TI products are neither designed nor intended for use in automotive applications or environments unless the specific TI products are designated by TI as compliant with ISO/TS 16949 requirements. Buyers acknowledge and agree that, if they use any non-designated products in automotive applications, TI will not be responsible for any failure to meet such requirements.

Following are URLs where you can obtain information on other Texas Instruments products and application solutions:

Products		Applications	
Amplifiers	amplifier.ti.com	Audio	www.ti.com/audio
Data Converters	dataconverter.ti.com	Automotive	www.ti.com/automotive
DSP	dsp.ti.com	Broadband	www.ti.com/broadband
Interface	interface.ti.com	Digital Control	www.ti.com/digitalcontrol
Logic	logic.ti.com	Military	www.ti.com/military
Power Mgmt	power.ti.com	Optical Networking	www.ti.com/opticalnetwork
Microcontrollers	microcontroller.ti.com	Security	www.ti.com/security
RFID	www.ti-rfid.com	Telephony	www.ti.com/telephony
Low Power	www.ti.com/lpw	Video & Imaging	www.ti.com/video
Wireless		Wireless	www.ti.com/wireless

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2007, Texas Instruments Incorporated

Complementary Silicon Power Transistors

... designed for general-purpose switching and amplifier applications.

- DC Current Gain — $h_{FE} = 20-70$ @ $I_C = 4$ Adc
- Collector-Emitter Saturation Voltage —
 $V_{CE(sat)} = 1.1$ Vdc (Max) @ $I_C = 4$ Adc
- Excellent Safe Operating Area

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	60	Vdc
Collector-Emitter Voltage	V_{CER}	70	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CB}	100	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB}	7	Vdc
Collector Current — Continuous	I_C	15	Adc
Base Current	I_B	7	Adc
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	115 0.657	Watts W/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +200	$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	1.52	$^\circ\text{C/W}$

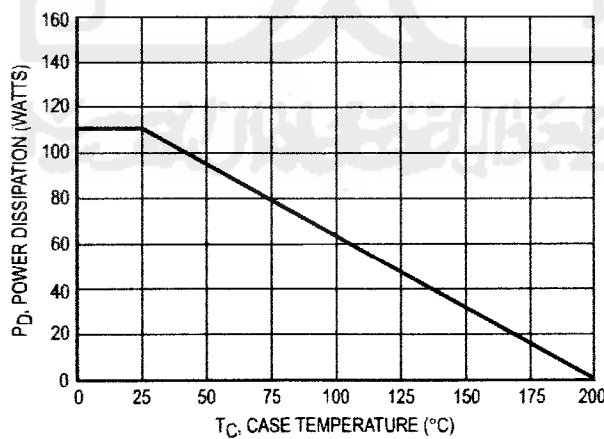


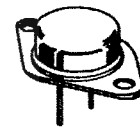
Figure 1. Power Derating

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

NPN
2N3055*
PNP
MJ2955*

*Motorola Preferred Device

15 AMPERE
POWER TRANSISTORS
COMPLEMENTARY
SILICON
60 VOLTS
115 WATTS



CASE 1-07
TO-204AA
(TO-3)

2N3055 MJ2955

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
*OFF CHARACTERISTICS				
Collector-Emitter Sustaining Voltage (1) ($I_C = 200 \text{ mAdc}$, $I_B = 0$)	$V_{CE(sus)}$	60	—	Vdc
Collector-Emitter Sustaining Voltage (1) ($I_C = 200 \text{ mAdc}$, $R_{BE} = 100 \text{ Ohms}$)	$V_{CER(sus)}$	70	—	Vdc
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 30 \text{ Vdc}$, $I_B = 0$)	I_{CEO}	—	0.7	mAdc
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 100 \text{ Vdc}$, $V_{BE(off)} = 1.5 \text{ Vdc}$) ($V_{CE} = 100 \text{ Vdc}$, $V_{BE(off)} = 1.5 \text{ Vdc}$, $T_C = 150^\circ\text{C}$)	I_{CEX}	—	1.0 5.0	mAdc
Emitter Cutoff Current ($V_{BE} = 7.0 \text{ Vdc}$, $I_C = 0$)	I_{EBO}	—	5.0	mAdc
*ON CHARACTERISTICS (1)				
DC Current Gain ($I_C = 4.0 \text{ Adc}$, $V_{CE} = 4.0 \text{ Vdc}$) ($I_C = 10 \text{ Adc}$, $V_{CE} = 4.0 \text{ Vdc}$)	h_{FE}	20 5.0	70 —	—
Collector-Emitter Saturation Voltage ($I_C = 4.0 \text{ Adc}$, $I_B = 400 \text{ mAdc}$) ($I_C = 10 \text{ Adc}$, $I_B = 3.3 \text{ Adc}$)	$V_{CE(sat)}$	—	1.1 3.0	Vdc
Base-Emitter On Voltage ($I_C = 4.0 \text{ Adc}$, $V_{CE} = 4.0 \text{ Vdc}$)	$V_{BE(on)}$	—	1.5	Vdc
SECOND BREAKDOWN				
Second Breakdown Collector Current with Base Forward Biased ($V_{CE} = 40 \text{ Vdc}$, $t = 1.0 \text{ s}$, Nonrepetitive)	$I_{s/b}$	2.87	—	Adc
DYNAMIC CHARACTERISTICS				
Current Gain — Bandwidth Product ($I_C = 0.5 \text{ Adc}$, $V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$, $f = 1.0 \text{ MHz}$)	f_T	2.5	—	MHz
*Small-Signal Current Gain ($I_C = 1.0 \text{ Adc}$, $V_{CE} = 4.0 \text{ Vdc}$, $f = 1.0 \text{ kHz}$)	h_{fe}	15	120	—
*Small-Signal Current Gain Cutoff Frequency ($V_{CE} = 4.0 \text{ Vdc}$, $I_C = 1.0 \text{ Adc}$, $f = 1.0 \text{ kHz}$)	f_{hfe}	10	—	kHz

* Indicates Within JEDEC Registration. (2N3055)

(1) Pulse Test: Pulse Width $\leq 300 \mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$.

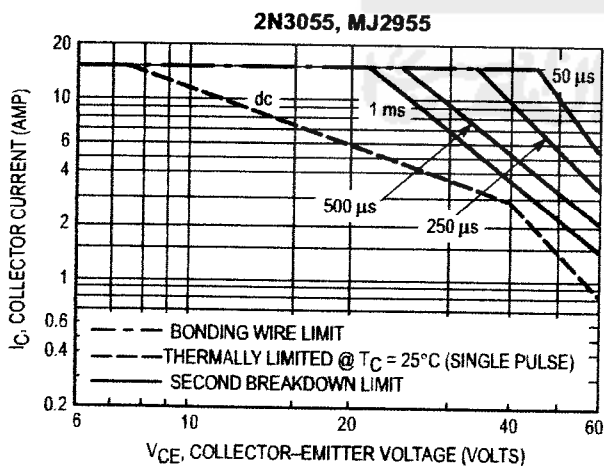


Figure 2. Active Region Safe Operating Area

There are two limitations on the power handling ability of a transistor: average junction temperature and second breakdown. Safe operating area curves indicate $I_C - V_{CE}$ limits of the transistor that must be observed for reliable operation; i.e., the transistor must not be subjected to greater dissipation than the curves indicate.

The data of Figure 2 is based on $T_C = 25^\circ\text{C}$; $T_{J(pk)}$ is variable depending on power level. Second breakdown pulse limits are valid for duty cycles to 10% but must be derated for temperature according to Figure 1.

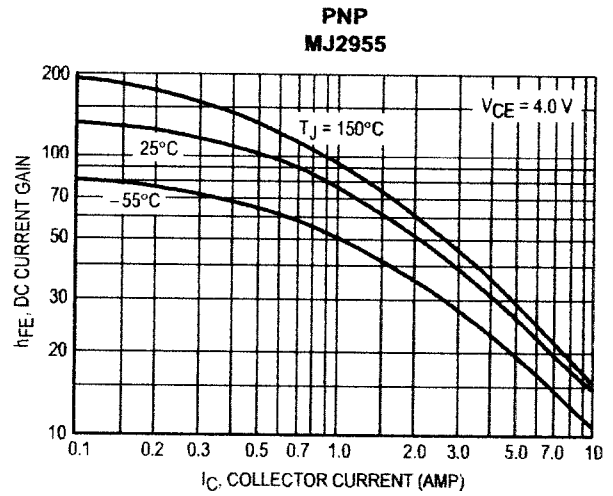
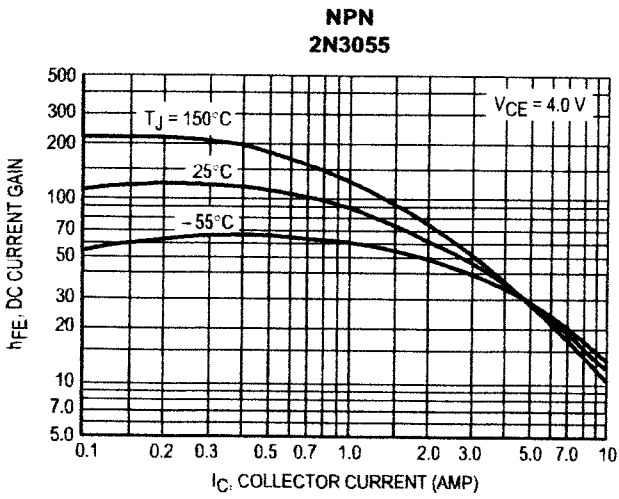


Figure 3. DC Current Gain

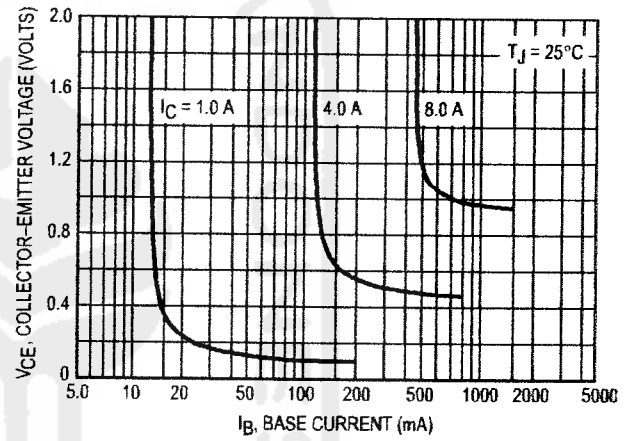
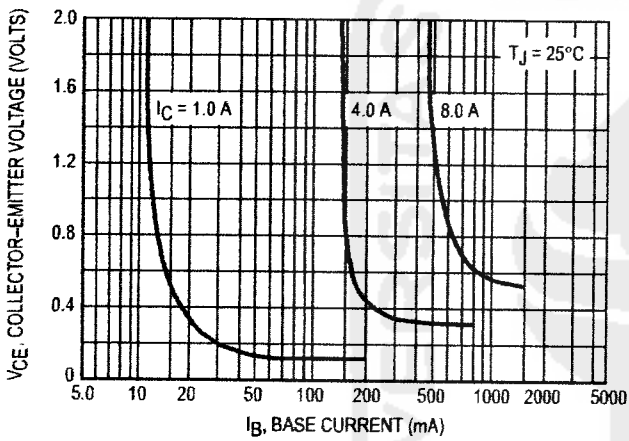


Figure 4. Collector Saturation Region

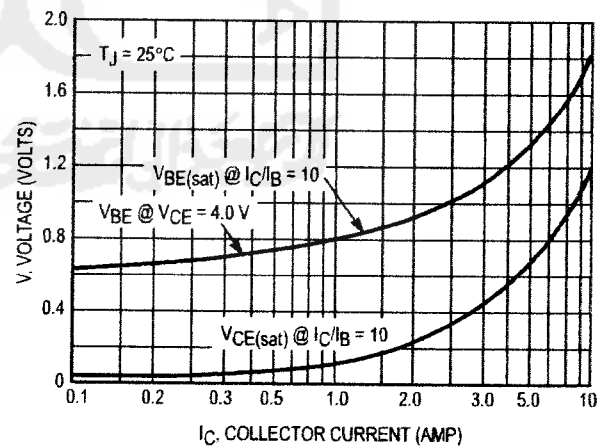
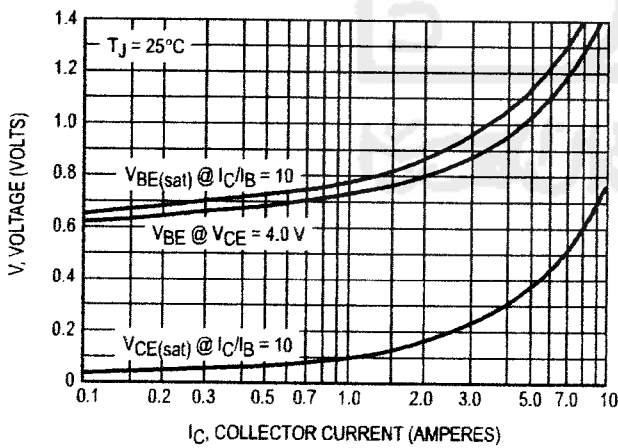
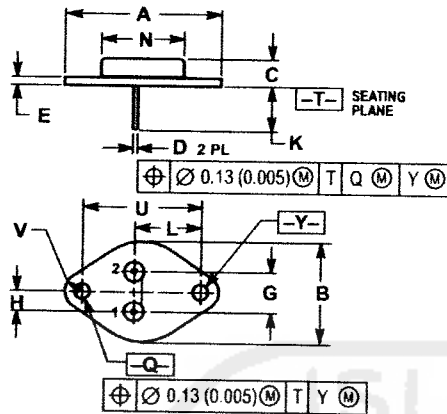


Figure 5. "On" Voltages

PACKAGE DIMENSIONS



- NOTES
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. ALL RULES AND NOTES ASSOCIATED WITH REFERENCED TO-204AA OUTLINE SHALL APPLY.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	1.550 REF	39.37 REF		
B	—	1.050	—	26.67
C	0.250	0.335	6.35	8.51
D	0.038	0.043	0.97	1.09
E	0.055	0.070	1.40	1.77
G	0.430 BSC	10.92 BSC		
H	0.215 BSC	5.46 BSC		
K	0.440	0.480	11.18	12.19
L	0.665 BSC	16.89 BSC		
N	—	0.830	—	21.06
Q	0.151	0.165	3.84	4.19
U	1.187 BSC	30.15 BSC		
V	0.131	0.188	3.33	4.77

STYLE 1:
 PIN 1: BASE
 2: EMITTER
 CASE: COLLECTOR

CASE 1-07
 TO-204AA (TO-3)
 ISSUE Z

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters can and do vary in different applications. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and (M) are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:

USA / EUROPE: Motorola Literature Distribution;
 P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, Toshikatsu Otsuki,
 6F Seibu-Butsuryu-Center, 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-3521-8315

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE (602) 244-6609
 INTERNET: http://Design-NET.com

HONG KONG: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298



2N3055/D



This datasheet has been download from:

<https://www.datasheetarchive.com/>

Datasheets for electronics components.



LM723/LM723C Voltage Regulator

General Description

The LM723/LM723C is a voltage regulator designed primarily for series regulator applications. By itself, it will supply output currents up to 150 mA; but external transistors can be added to provide any desired load current. The circuit features extremely low standby current drain, and provision is made for either linear or foldback current limiting.

The LM723/LM723C is also useful in a wide range of other applications such as a shunt regulator, a current regulator or a temperature controller.

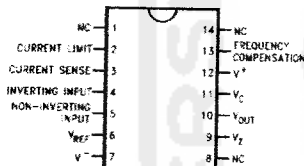
The LM723C is identical to the LM723 except that the LM723C has its performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

Features

- 150 mA output current without external pass transistor
- Output currents in excess of 10A possible by adding external transistors
- Input voltage 40V max
- Output voltage adjustable from 2V to 37V
- Can be used as either a linear or a switching regulator

Connection Diagrams

Dual-In-Line Package

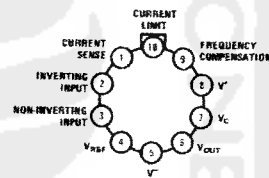


DS008563-2

Top View

Order Number LM723J/883 or LM723CN
See NS Package J14A or N14A

Metal Can Package



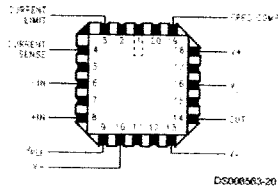
DS008563-3

Note: Pin 5 connected to case.

Top View

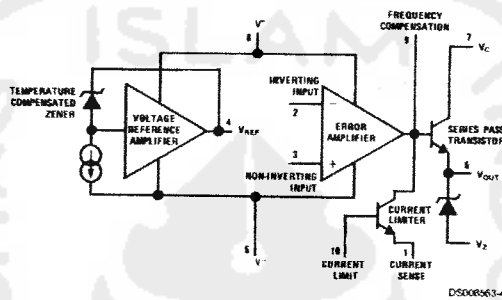
Order Number LM723H, LM723H/883 or LM723CH
See NS Package H10C

Connection Diagrams (Continued)



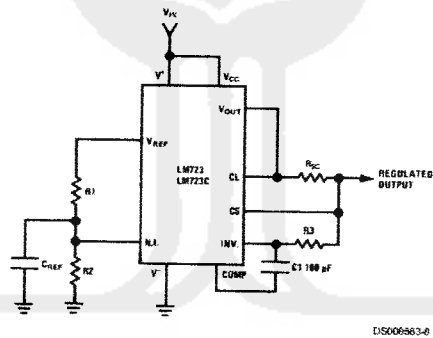
Top View
Order Number LM723E/883
See NS Package E20A

Equivalent Circuit*



*Pin numbers refer to metal can package.

Typical Application



DS00663-6

Note: $R3 = \frac{R1 R2}{R1 + R2}$

for minimum temperature drift.

Typical Performance

Regulated Output Voltage	5V
Line Regulation ($\Delta V_{IN} = 3V$)	0.5mV
Load Regulation ($\Delta I_L = 50 \text{ mA}$)	1.5mV

FIGURE 1. Basic Low Voltage Regulator
($V_{OUT} = 2$ to 7 Volts)

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

(Note 10)

Pulse Voltage from V^+ to V^- (50 ms)	50V
Continuous Voltage from V^+ to V^-	40V
Input-Output Voltage Differential	40V
Maximum Amplifier Input Voltage (Either Input)	8.5V
Maximum Amplifier Input Voltage (Differential)	5V
Current from V_2	25 mA
Current from V_{REF}	15 mA
Internal Power Dissipation Metal Can (Note 2)	800 mW

Cavity DIP (Note 2)	900 mW
Molded DIP (Note 2)	660 mW
Operating Temperature Range	
LM723	-55°C to +150°C
LM723C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	
Metal Can	-65°C to +150°C
Molded DIP	-55°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 4 sec. max.)	
Hermetic Package	300°C
Plastic Package	260°C
ESD Tolerance (Human body model, 1.5 k Ω in series with 100 pF)	1200V

Electrical Characteristics (Note 3) (Note 10)

Parameter	Conditions	LM723			LM723C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Line Regulation	$V_{IN} = 12V$ to $V_{IN} = 15V$		0.01	0.1		0.01	0.1	% V_{OUT}
	$-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$			0.3				% V_{OUT}
	$0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$						0.3	% V_{OUT}
	$V_{IN} = 12V$ to $V_{IN} = 40V$		0.02	0.2		0.1	0.5	% V_{OUT}
Load Regulation	$I_L = 1 mA$ to $I_L = 50 mA$		0.03	0.15		0.03	0.2	% V_{OUT}
	$-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$			0.6				% V_{OUT}
	$0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$						0.6	% V_{OUT}
Ripple Rejection	$f = 50 Hz$ to $10 kHz$, $C_{REF} = 0$		74			74		dB
	$f = 50 Hz$ to $10 kHz$, $C_{REF} = 5 \mu F$		86			86		dB
Average Temperature Coefficient of Output Voltage (Note 8)	$-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$		0.002	0.015				%/°C
	$0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$					0.003	0.015	%/°C
Short Circuit Current Limit	$R_{SC} = 10\Omega$, $V_{OUT} = 0$		65			65		mA
Reference Voltage		6.95	7.15	7.35	6.80	7.15	7.50	V
Output Noise Voltage	$BW = 100 Hz$ to $10 kHz$, $C_{REF} = 0$		86			86		μV_{rms}
	$BW = 100 Hz$ to $10 kHz$, $C_{REF} = 5 \mu F$		2.5			2.5		μV_{rms}
Long Term Stability			0.05			0.05		%/1000 hrs
Standby Current Drain	$I_L = 0$, $V_{IN} = 30V$		1.7	3.5		1.7	4.0	mA
Input Voltage Range		9.5		40	9.5		40	V
Output Voltage Range		2.0		37	2.0		37	V
Input-Output Voltage Differential		3.0		38	3.0		38	V
θ_{JA}	Molded DIP					105		C/W
θ_{JA}	Cavity DIP		150					C/W
θ_{JA}	H10C Board Mount in Still Air		165			165		C/W
θ_{JA}	H10C Board Mount in 400 LF/Min Air Flow		66			66		C/W
θ_{JC}			22			22		C/W

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits.

Note 2: See derating curves for maximum power rating above 25°C.

Note 3: Unless otherwise specified, $T_A = 25^\circ C$, $V_{IK} = V^+ = V_2 = 12V$, $V^- = 0$, $V_{OUT} = 5V$, $I_L = 1 mA$, $R_{SC} = 0$, $C_1 = 100 pF$, $C_{REF} = 0$ and divider impedance as seen by error amplifier = 10 k Ω connected as shown in Figure 1. Line and load regulation specifications are given for the condition of constant chip temperature. Temperature drifts must be taken into account separately for high dissipation conditions.

Note 4: L_1 is 40 turns of No. 20 enameled copper wire wound on Ferroxcube P36/22-3B7 pot core or equivalent with 0.009 in. air gap.

Note 5: Figures in parentheses may be used if R1/R2 divider is placed on opposite input of error amp.

Note 6: Replace R1/R2 in figures with divider shown in Figure 13.

Note 7: V^+ and V_{CP} must be connected to a +3V or greater supply.

Note 8: For metal can applications where V_2 is required, an external 6.2V zener diode should be connected in series with V_{OUT} .

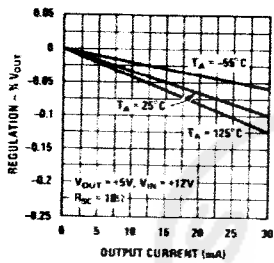
Electrical Characteristics (Note 3) (Note 10) (Continued)

Note 9: Guaranteed by correlation to other tests.

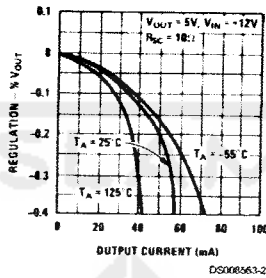
Note 10: A military RETS specification is available on request. At the time of printing, the LM723 RETS specification complied with the Min and Max limits in this table. The LM723E, H, and J may also be procured as a Standard Military Drawing.

Typical Performance Characteristics

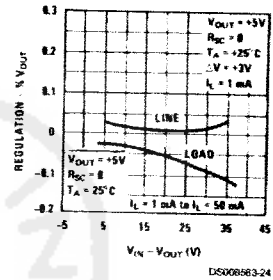
Load Regulation Characteristics with Current Limiting



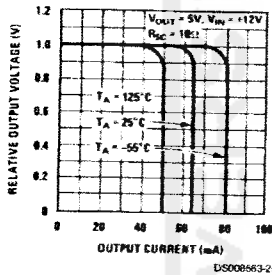
Load Regulation Characteristics with Current Limiting



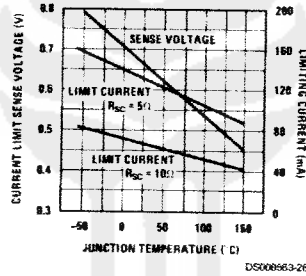
Load & Line Regulation vs Input-Output Voltage Differential



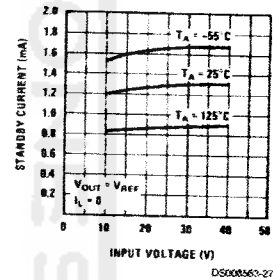
Current Limiting Characteristics



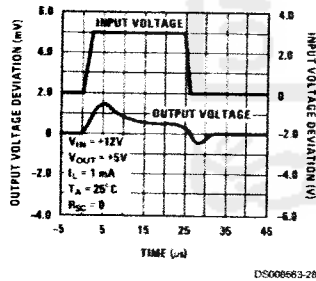
Current Limiting Characteristics vs Junction Temperature



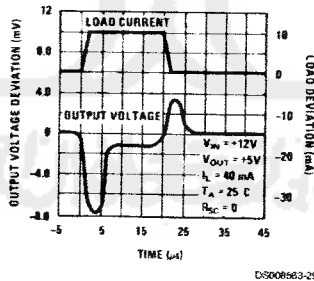
Standby Current Drain vs Input Voltage



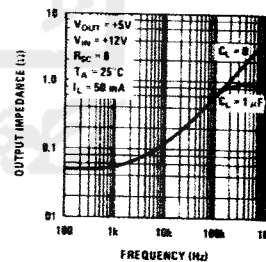
Line Transient Response



Load Transient Response

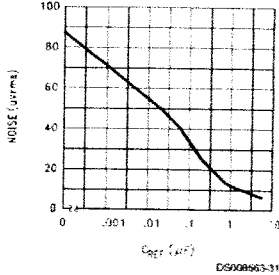


Output Impedance vs Frequency

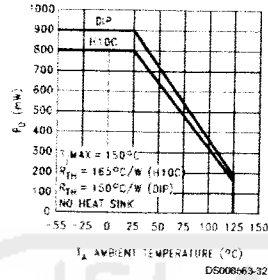


Maximum Power Ratings

Noise vs Filter Capacitor
(C_{REF} in Circuit of Figure 1)
(Bandwidth 100 Hz to 10 kHz)



LM723
Power Dissipation vs
Ambient Temperature



LM723C
Power Dissipation vs
Ambient Temperature

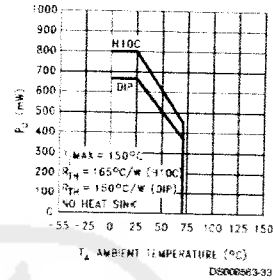


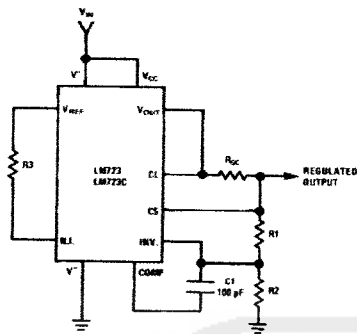
TABLE 1. Resistor Values (kΩ) for Standard Output Voltage

Positive Output Voltage	Applicable Figures (Note 5)	Fixed Output ±5%		Output Adjustable ±10% (Note 6)			Negative Output Voltage	Applicable Figures	Fixed Output ±5%		5% Output Adjustable ±10%		
		R1	R2	R1	P1	R2			R1	R2	R1	P1	R2
+3.0	1, 5, 6, 9, 12 (4)	4.12	3.01	1.8	0.5	1.2	+100	7	3.57	102	2.2	10	91
+3.6	1, 5, 6, 9, 12 (4)	3.57	3.65	1.5	0.5	1.5	+250	7	3.57	255	2.2	10	240
+5.0	1, 5, 6, 9, 12 (4)	2.15	4.99	0.75	0.5	2.2	-6 (Note 7)	3, (10)	3.57	2.43	1.2	0.5	0.75
+6.0	1, 5, 6, 9, 12 (4)	1.15	6.04	0.5	0.5	2.7	-9	3, 10	3.48	5.36	1.2	0.5	2.0
+9.0	2, 4, (5, 6, 9, 12)	1.87	7.15	0.75	1.0	2.7	-12	3, 10	3.57	8.45	1.2	0.5	3.3
+12	2, 4, (5, 6, 9, 12)	4.87	7.15	2.0	1.0	3.0	-15	3, 10	3.65	11.5	1.2	0.5	4.3
+15	2, 4, (5, 6, 9, 12)	7.87	7.15	3.3	1.0	3.0	-28	3, 10	3.57	24.3	1.2	0.5	10
+28	2, 4, (5, 6, 9, 12)	21.0	7.15	5.6	1.0	2.0	-45	8	3.57	41.2	2.2	10	33
+45	7	3.57	48.7	2.2	10	39	-100	8	3.57	97.6	2.2	10	91
+75	7	3.57	78.7	2.2	10	68	-250	8	3.57	249	2.2	10	240

TABLE 2. Formulae for Intermediate Output Voltages

Outputs from +2 to +7 volts (Figures 1, 4, 5, 6, 9, 12) $V_{OUT} = \left(V_{REF} \times \frac{R2}{R1 + R2} \right)$	Outputs from +4 to +250 volts (Figure 7) $V_{OUT} = \left(\frac{V_{REF}}{2} \times \frac{R2 - R1}{R1} \right); R3 = R4$	Current Limiting $I_{LIMIT} = \frac{V_{SENSE}}{R_{SC}}$
Outputs from +7 to +37 volts (Figures 2, 4, 5, 6, 9, 12) $V_{OUT} = \left(V_{REF} \times \frac{R1 + R2}{R2} \right)$	Outputs from -6 to -250 volts (Figures 3, 8, 10) $V_{OUT} = \left(\frac{V_{REF}}{2} \times \frac{R1 + R2}{R1} \right); R3 = R4$	Foldback Current Limiting $I_{KNEE} = \left(\frac{V_{OUT} R3}{R_{SC} R4} + \frac{V_{SENSE} (R3 + R4)}{R_{SC} R4} \right)$ $I_{SHORT\ CKT} = \left(\frac{V_{SENSE}}{R_{SC}} \times \frac{R3 + R4}{R4} \right)$

Typical Applications



DS00963-9

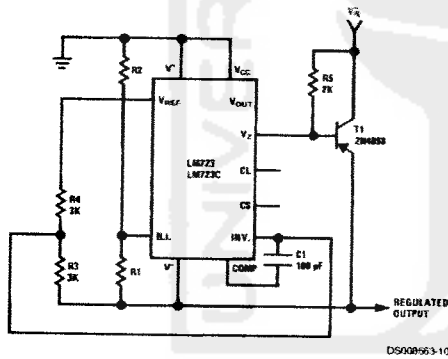
Note: $R3 = \frac{R1 R2}{R1 + R2}$

for minimum temperature drift.
R3 may be eliminated for
minimum component count.

Typical Performance

Regulated Output Voltage	15V
Line Regulation ($\Delta V_{IN} = 3V$)	1.5 mV
Load Regulation ($\Delta I_L = 50 \text{ mA}$)	4.5 mV

FIGURE 2. Basic High Voltage Regulator
($V_{OUT} = 7$ to 37 Volts)

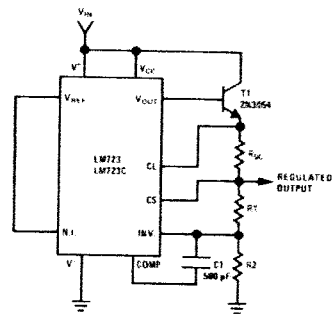


DS00963-10

Typical Performance

Regulated Output Voltage	-15V
Line Regulation ($\Delta V_{IN} = 3V$)	1 mV
Load Regulation ($\Delta I_L = 100 \text{ mA}$)	2 mV

FIGURE 3. Negative Voltage Regulator



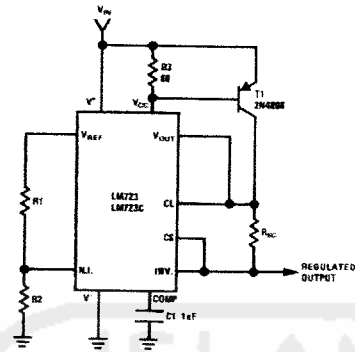
DS00963-11

Typical Performance

Regulated Output Voltage	+15V
Line Regulation ($\Delta V_{IN} = 3V$)	1.5 mV
Load Regulation ($\Delta I_L = 1A$)	15 mV

FIGURE 4. Positive Voltage Regulator
(External NPN Pass Transistor)

Typical Applications (Continued)

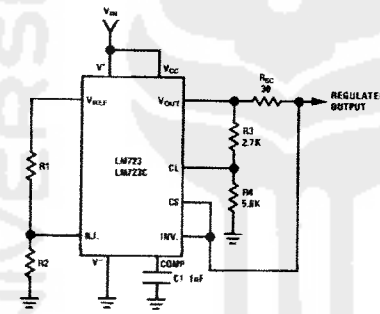


DS000563-12

Typical Performance

Regulated Output Voltage	+5V
Line Regulation ($\Delta V_{IN} = 3V$)	0.5 mV
Load Regulation ($\Delta I_L = 1A$)	5 mV

FIGURE 5. Positive Voltage Regulator (External PNP Pass Transistor)



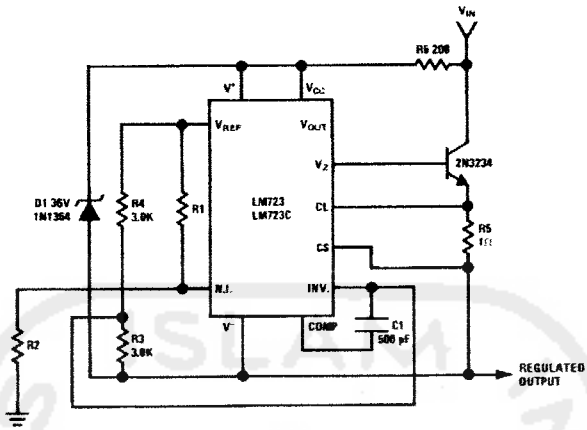
DS000563-13

Typical Performance

Regulated Output Voltage	+5V
Line Regulation ($\Delta V_{IN} = 3V$)	0.5 mV
Load Regulation ($\Delta I_L = 10 \text{ mA}$)	1 mV
Short Circuit Current	20 mA

FIGURE 6. Foldback Current Limiting

Typical Applications (Continued)

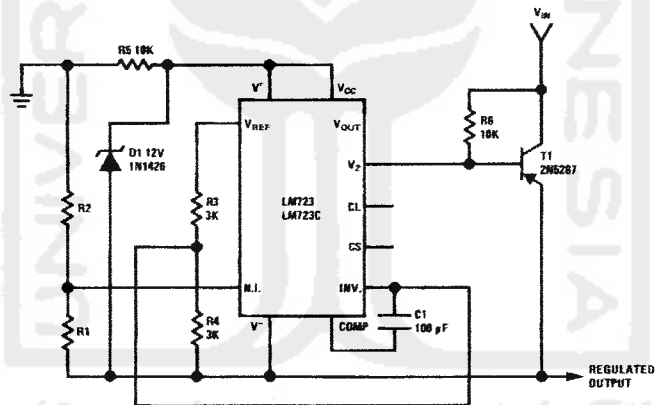


DS00653-14

Typical Performance

Regulated Output Voltage	+50V
Line Regulation ($\Delta V_{IN} = 20V$)	15 mV
Load Regulation ($\Delta I_L = 50 \text{ mA}$)	20 mV

FIGURE 7. Positive Floating Regulator



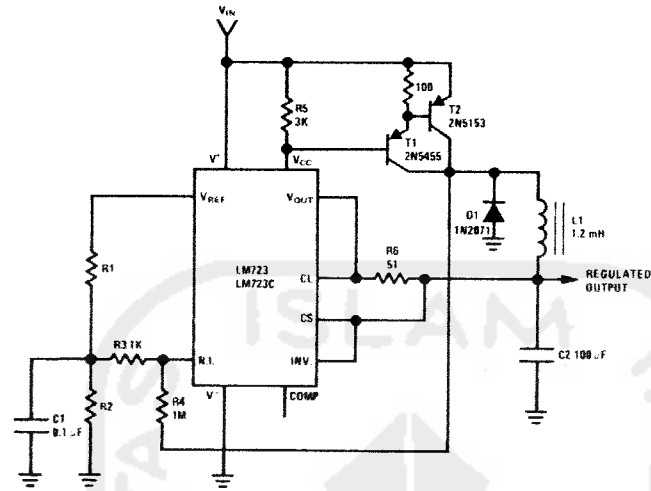
DS00653-15

Typical Performance

Regulated Output Voltage	-100V
Line Regulation ($\Delta V_{IN} = 20V$)	30 mV
Load Regulation ($\Delta I_L = 100 \text{ mA}$)	20 mV

FIGURE 8. Negative Floating Regulator

Typical Applications (Continued)

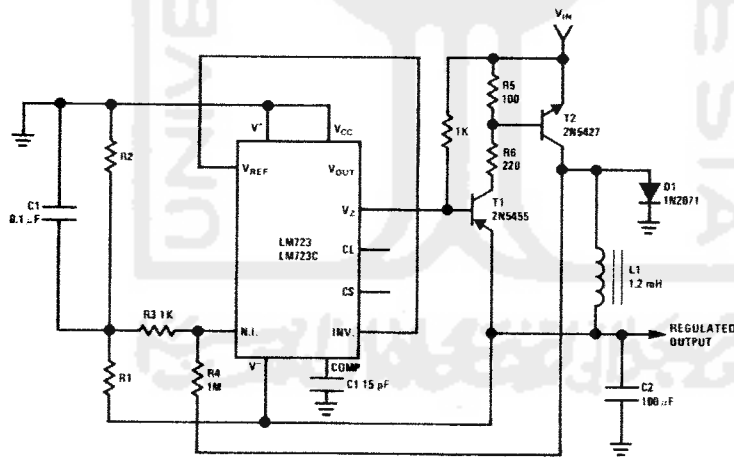


DS008563-16

Typical Performance

Regulated Output Voltage	+5V
Line Regulation ($\Delta V_{IN} = 30V$)	10 mV
Load Regulation ($\Delta I_L = 2A$)	80 mV

FIGURE 9. Positive Switching Regulator



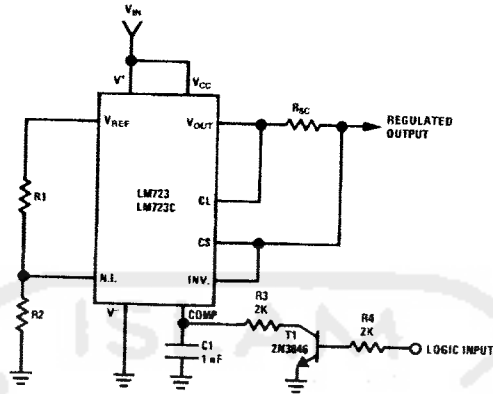
DS008563-11

Typical Performance

Regulated Output Voltage	-15V
Line Regulation ($\Delta V_{IN} = 20V$)	8 mV
Load Regulation ($\Delta I_L = 2A$)	6 mV

FIGURE 10. Negative Switching Regulator

Typical Applications (Continued)



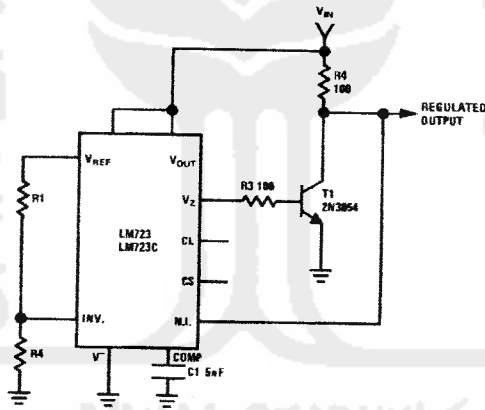
Note: Current limit transistor may be used for shutdown if current limiting is not required.

DS008563-18

Typical Performance

Regulated Output Voltage	+5V
Line Regulation ($\Delta V_{IN} = 3V$)	0.5 mV
Load Regulation ($\Delta I_L = 50 \text{ mA}$)	1.5 mV

FIGURE 11. Remote Shutdown Regulator with Current Limiting

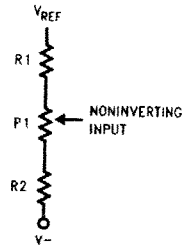


DS008563-19

Regulated Output Voltage	+5V
Line Regulation ($\Delta V_{IN} = 10V$)	0.5 mV
Load Regulation ($\Delta I_L = 100 \text{ mA}$)	1.5 mV

FIGURE 12. Shunt Regulator

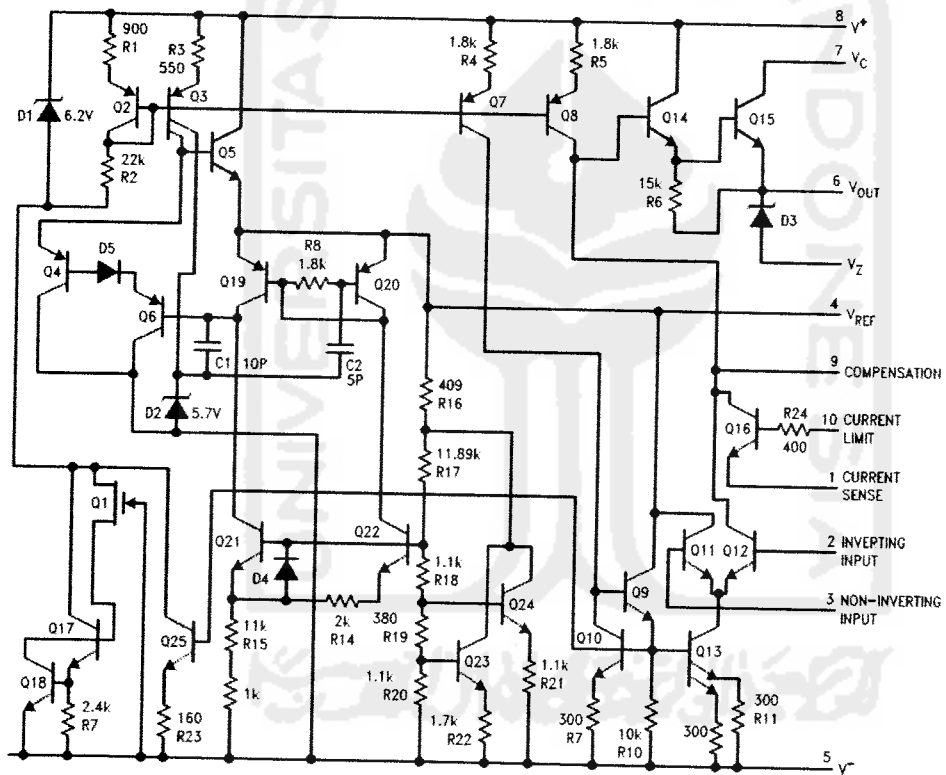
Typical Applications (Continued)



DS000663-21

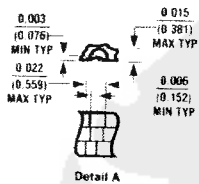
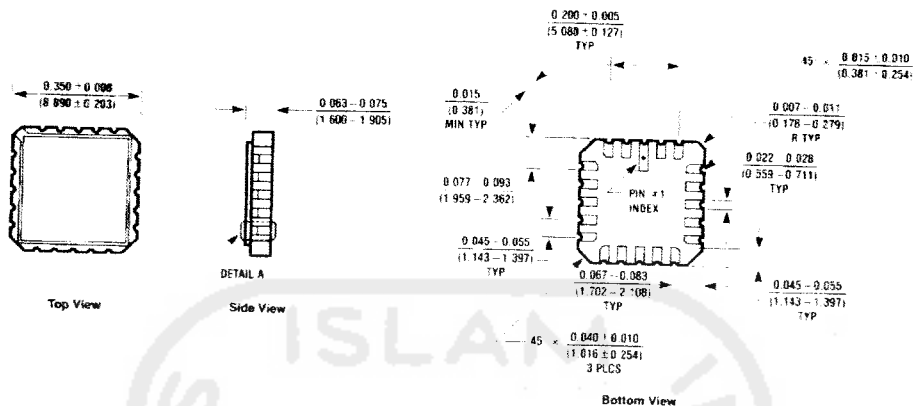
FIGURE 13. Output Voltage Adjust
(Note 6)

Schematic Diagram

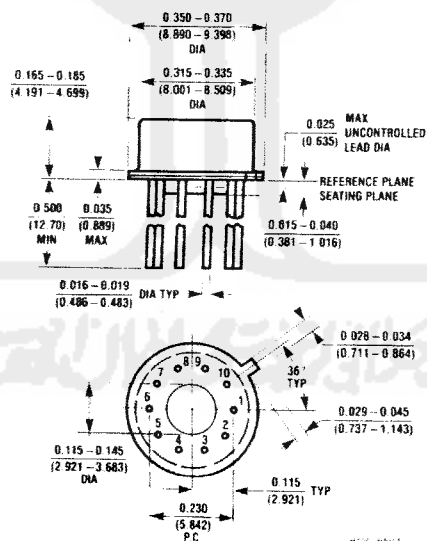


DS000663-1

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted

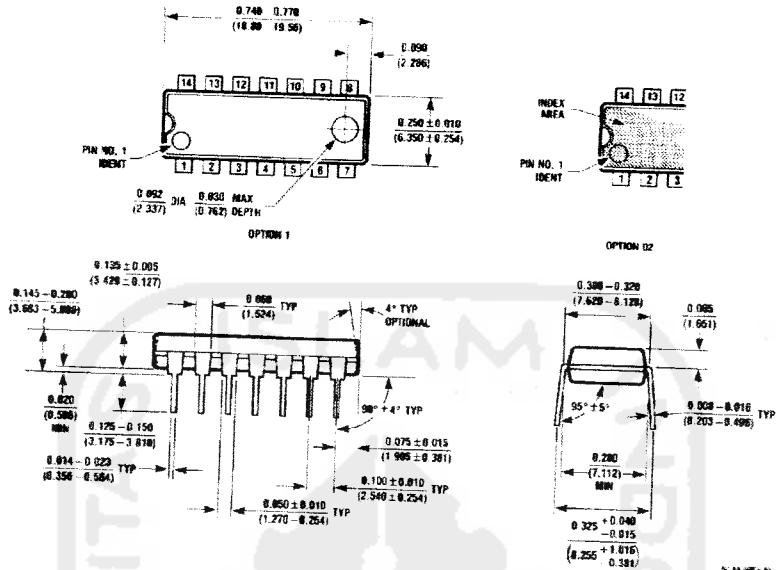


Leadless Chip Carrier Package (E)
Order Number LM723E/883
NS Package E20A



Metal Can Package (H)
Order Number LM723H, LM723H/883 or LM723CH
NS Package H10C

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM723CN
NS Package N14A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation Americas
Tel: 1-800-272-3959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
Italiano Tel: +49 (0) 1 90-534 16 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: sea.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

www.national.com

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

PC817 Series

High Density Mounting Type Photocoupler

* Lead forming type (I type) and taping reel type (P type) are also available. (PC817/PC817P)
 ** TÜV (VDE0884) approved type is also available as an option.

■ Features

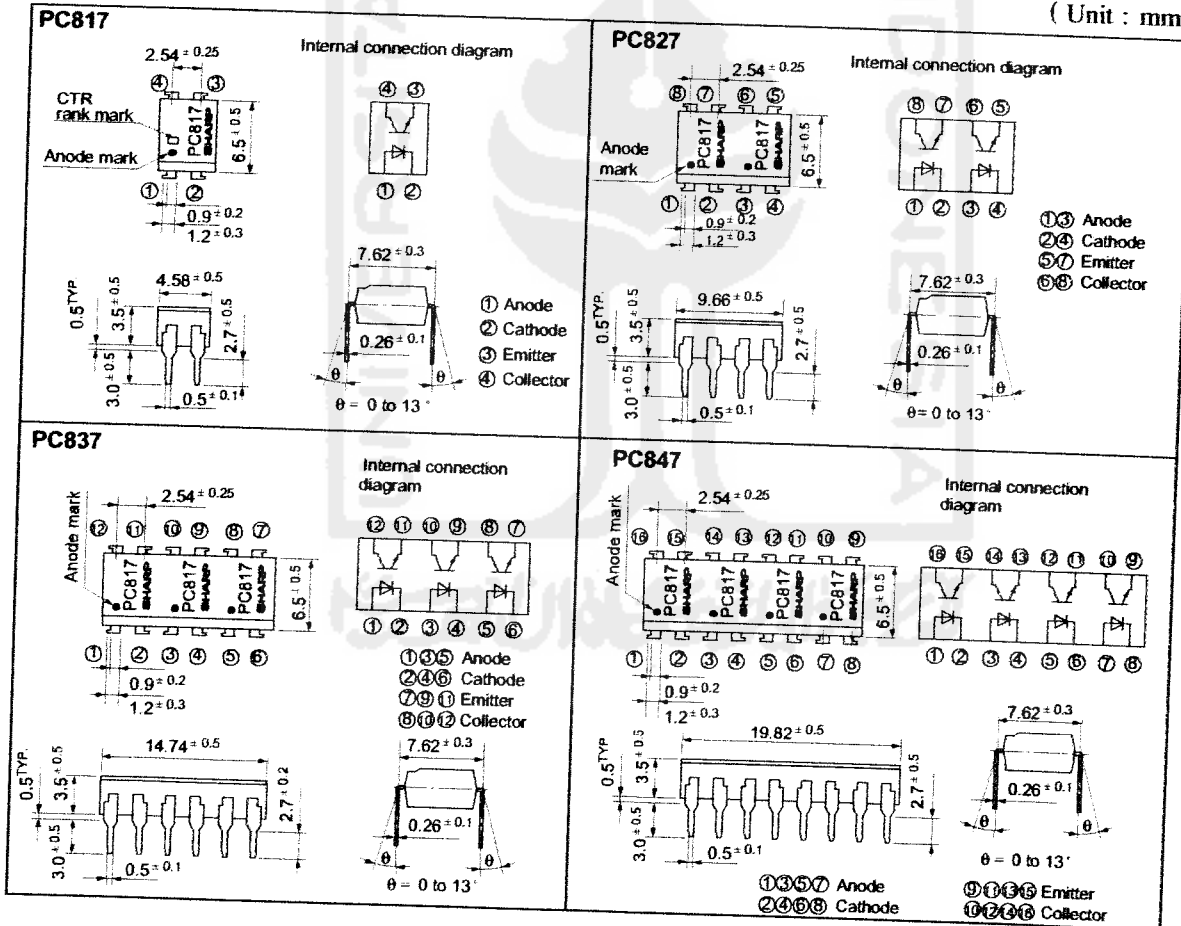
1. Current transfer ratio
 (CTR: MIN. 50% at $I_F = 5\text{mA}$, $V_{CE} = 5\text{V}$)
2. High isolation voltage between input and output ($V_{iso} : 5\ 000\text{V}_{rms}$)
3. Compact dual-in-line package
 PC817 : 1-channel type
 PC827 : 2-channel type
 PC837 : 3-channel type
 PC847 : 4-channel type
4. Recognized by UL, file No. E64380

■ Applications

1. Computer terminals
2. System appliances, measuring instruments
3. Registers, copiers, automatic vending machines
4. Electric home appliances, such as fan heaters, etc.
5. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that occur in equipment using any of SHARP's devices, shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest version of the device specification sheets before using any SHARP's device.

■ Absolute Maximum Ratings

(Ta = 25°C)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	I_F	50 mA
	*1 Peak forward current	I_{FM}	1 A
	Reverse voltage	V_R	6 V
	Power dissipation	P	70 mW
Output	Collector-emitter voltage	V_{CEO}	35 V
	Emitter-collector voltage	V_{ECO}	6 V
	Collector current	I_C	50 mA
	Collector power dissipation	P_C	150 mW
	Total power dissipation	P_{tot}	200 mW
	*2 Isolation voltage	V_{iso}	5 000 V _{rms}
	Operating temperature	T_{opr}	- 30 to + 100 °C
Storage temperature	T_{stg}	- 55 to + 125 °C	
*3 Soldering temperature	T_{sol}	260 °C	

*1 Pulse width <= 100µs, Duty ratio : 0.001

*2 40 to 60% RH, AC for 1 minute

*3 For 10 seconds

■ Electro-optical Characteristics

(Ta = 25°C)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Input	Forward voltage	V_F $I_F = 20mA$	-	1.2	1.4	V
	Peak forward voltage	V_{FM} $I_{FM} = 0.5A$	-	-	3.0	V
	Reverse current	I_R $V_R = 4V$	-	-	10	µA
	Terminal capacitance	C_t $V = 0, f = 1kHz$	-	30	250	pF
Output	Collector dark current	I_{CEO} $V_{CE} = 20V$	-	-	10^{-7}	A
	*4 Current transfer ratio	CTR $I_F = 5mA, V_{CE} = 5V$	50	-	600	%
Transfer characteristics	Collector-emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$ $I_F = 20mA, I_C = 1mA$	-	0.1	0.2	V
	Isolation resistance	R_{iso} DC500V, 40 to 60% RH	5×10^9	10^{11}	-	Ω
	Floating capacitance	C_f $V = 0, f = 1MHz$	-	0.6	1.0	pF
	Cut-off frequency	f_c $V_{CE} = 5V, I_C = 2mA, R_L = 100\Omega, -3dB$	-	80	-	kHz
		Response time	Rise time t_r	-	4	18
	Fall time t_f		$V_{CE} = 2V, I_C = 2mA, R_L = 100\Omega$	-	3	18

*4 Classification table of current transfer ratio is shown below.

Model No.	Rank mark	CTR (%)
PC817A	A	80 to 160
PC817B	B	130 to 260
PC817C	C	200 to 400
PC817D	D	300 to 600
PC8*7AB	A or B	80 to 260
PC8*7BC	B or C	130 to 400
PC8*7CD	C or D	200 to 600
PC8*7AC	A, B or C	80 to 400
PC8*7BD	B, C or D	130 to 600
PC8*7AD	A, B, C or D	80 to 600
PC8*7	A, B, C, D or No mark	50 to 600

* : 1 or 2 or 3 or 4

Fig. 1 Forward Current vs. Ambient Temperature

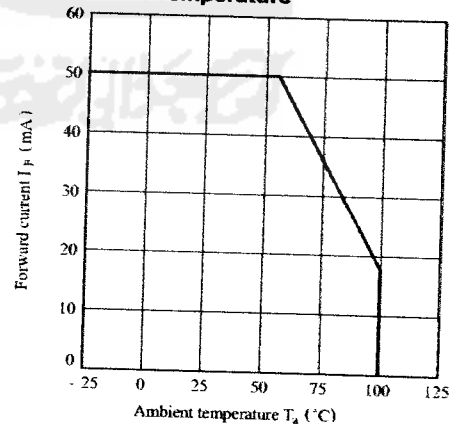


Fig. 2 Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

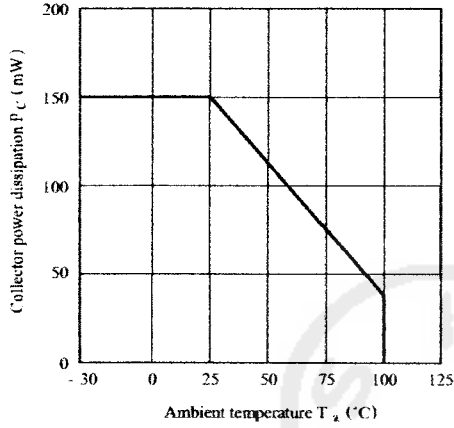


Fig. 3 Peak Forward Current vs. Duty Ratio

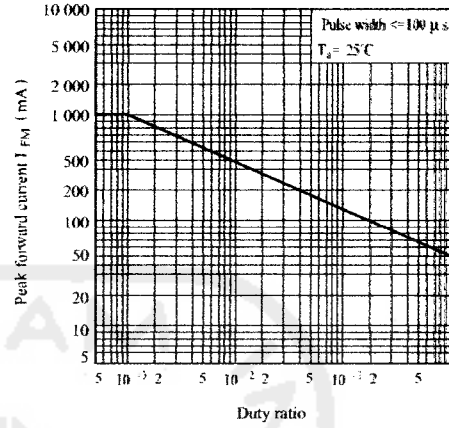


Fig. 4 Current Transfer Ratio vs. Forward Current

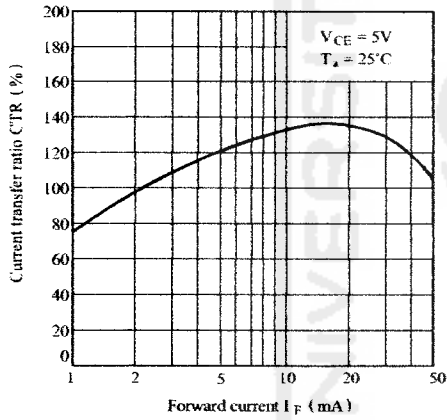


Fig. 5 Forward Current vs. Forward Voltage

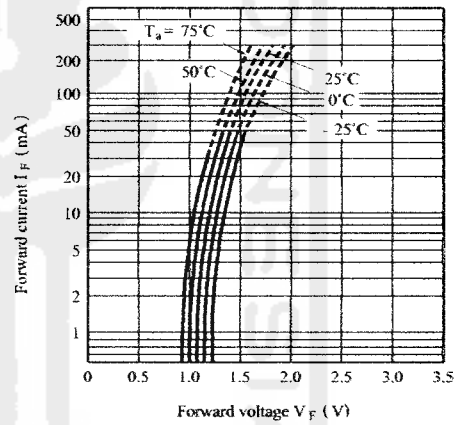


Fig. 6 Collector Current vs. Collector-emitter Voltage

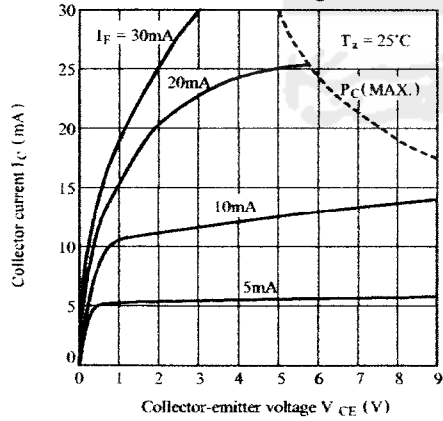


Fig. 7 Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature

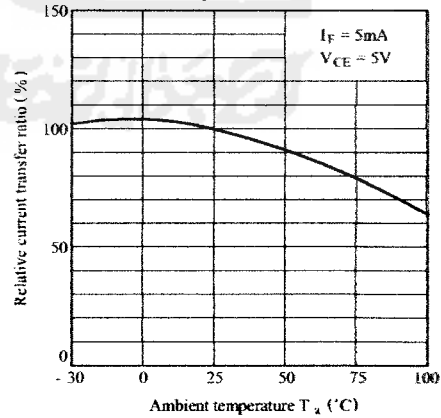


Fig. 8 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Ambient Temperature

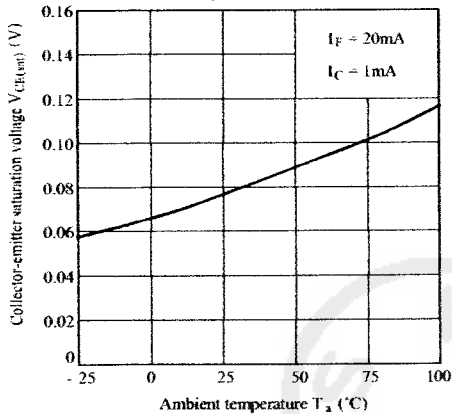


Fig. 9 Collector Dark Current vs. Ambient Temperature

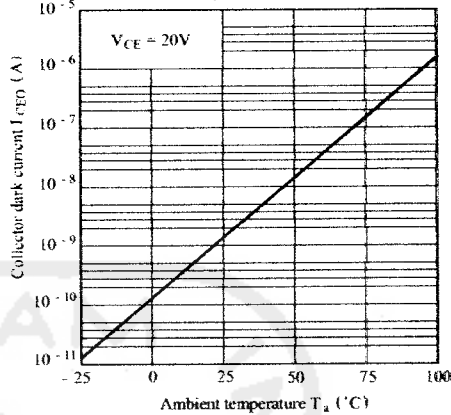


Fig. 10 Response Time vs. Load Resistance

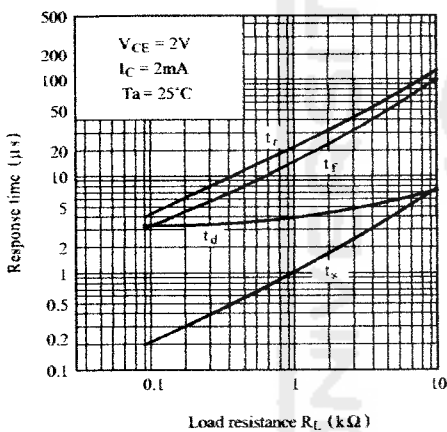
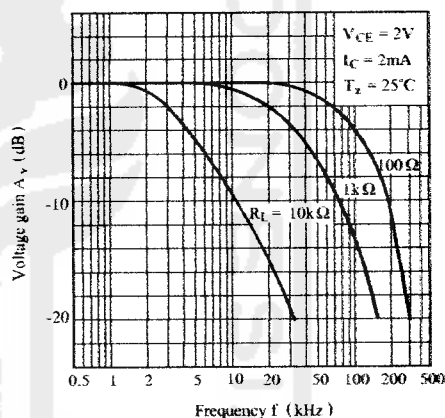
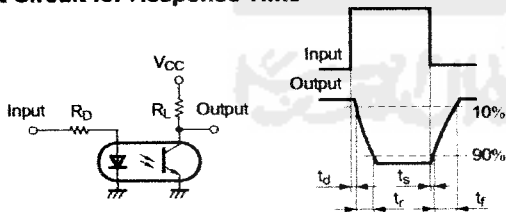


Fig. 11 Frequency Response



Test Circuit for Response Time



Test Circuit for Frequency Response

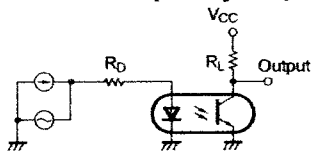
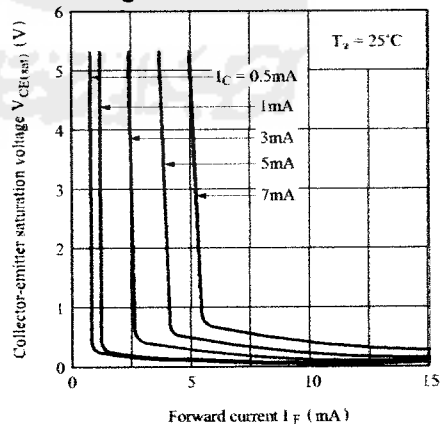


Fig. 12 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Forward Current



● Please refer to the chapter "Precautions for Use"

NOTICE

- The circuit application examples in this publication are provided to explain representative applications of SHARP devices and are not intended to guarantee any circuit design or license any intellectual property rights. SHARP takes no responsibility for any problems related to any intellectual property right of a third party resulting from the use of SHARP's devices.
- Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device. SHARP reserves the right to make changes in the specifications, characteristics, data, materials, structure, and other contents described herein at any time without notice in order to improve design or reliability. Manufacturing locations are also subject to change without notice.
- Observe the following points when using any devices in this publication. SHARP takes no responsibility for damage caused by improper use of the devices which does not meet the conditions and absolute maximum ratings to be used specified in the relevant specification sheet nor meet the following conditions:
 - (i) The devices in this publication are designed for use in general electronic equipment designs such as:
 - Personal computers
 - Office automation equipment
 - Telecommunication equipment [terminal]
 - Test and measurement equipment
 - Industrial control
 - Audio visual equipment
 - Consumer electronics
 - (ii) Measures such as fail-safe function and redundant design should be taken to ensure reliability and safety when SHARP devices are used for or in connection with equipment that requires higher reliability such as:
 - Transportation control and safety equipment (i.e., aircraft, trains, automobiles, etc.)
 - Traffic signals
 - Gas leakage sensor breakers
 - Alarm equipment
 - Various safety devices, etc.
 - (iii) SHARP devices shall not be used for or in connection with equipment that requires an extremely high level of reliability and safety such as:
 - Space applications
 - Telecommunication equipment [trunk lines]
 - Nuclear power control equipment
 - Medical and other life support equipment (e.g., scuba).
- Contact a SHARP representative in advance when intending to use SHARP devices for any "specific" applications other than those recommended by SHARP or when it is unclear which category mentioned above controls the intended use.
- If the SHARP devices listed in this publication fall within the scope of strategic products described in the Foreign Exchange and Foreign Trade Control Law of Japan, it is necessary to obtain approval to export such SHARP devices.
- This publication is the proprietary product of SHARP and is copyrighted, with all rights reserved. Under the copyright laws, no part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, for any purpose, in whole or in part, without the express written permission of SHARP. Express written permission is also required before any use of this publication may be made by a third party.
- Contact and consult with a SHARP representative if there are any questions about the contents of this publication.

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

Electrical characteristics(at $T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Description	Symbol	Characteristics			Unit	Conditions
		min.	typ.	max.		

Static ratings

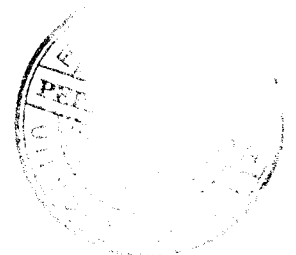
Drain-source breakdown voltage	$V_{(BR)DSS}$	500	—	—	V	$V_{GS} = 0V$ $I_D = 0,25mA$
Gate threshold voltage	$V_{GS(th)}$	2,1	3,0	4,0		$V_{DS} = V_{GS}$ $I_D = 1mA$
Zero gate voltage drain current	I_{DSS}	—	20	250	μA	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $T_j = 125^\circ\text{C}$ $V_{DS} = 500V$ $V_{GS} = 0V$
Gate-source leakage current	I_{GSS}	—	10	100	nA	$V_{DS} = 20V$ $V_{GS} = 0V$
Drain-source on-resistance	$R_{DS(on)}$	—	1,4	1,5	Ω	$V_{GS} = 10V$ $I_D = 2,5A$

Dynamic ratings

Forward transconductance	g_{fs}	1,5	2,5	—	S	$V_{DS} = 25V$ $I_D = 2,5A$
Input capacitance	C_{iss}	—	1500	2000	pF	$V_{GS} = 0V$ $V_{DS} = 25V$ $f = 1MHz$
Output capacitance	C_{oss}	—	110	170		
Reverse transfer capacitance	C_{rss}	—	40	70		
Turn-on time t_{on} ($t_{on} = t_{d(on)} + t_r$)	$t_{d(on)}$	—	30	45	ns	$V_{GS} = 30V$ $I_D = 2,6A$ $V_{DS} = 10V$ $R_{GS} = 50\Omega$
	t_r	—	40	60		
Turn-off time t_{off} ($t_{off} = t_{d(off)} + t_f$)	$t_{d(off)}$	—	110	140		
	t_f	—	60	65		

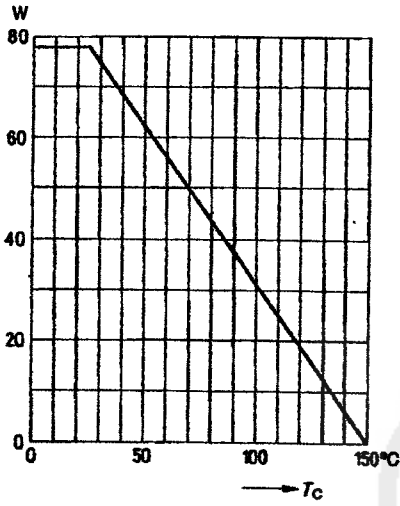
Reverse diode

Continuous reverse drain current	I_{DR}	—	—	4,8	A	$T_C = 25^\circ\text{C}$
Pulsed reverse drain current	I_{DRM}	—	—	19		
Diode forward on-voltage	V_{SD}	—	1,15	1,5	V	$I_F = 2 \times I_{DR}$ $V_{GS} = 0V, T_j = 25^\circ\text{C}$
Reverse recovery time	t_{rr}	—	1200	—	ns	$T_j = 25^\circ\text{C}$
Reverse recovery charge	Q_{rr}	—	6,0	—	μC	$I_F = I_{DR}$ $dI_F/dt = 100A/\mu s$ $V_R = 100V$

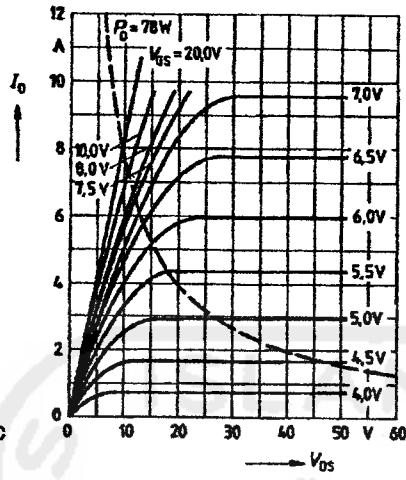


SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

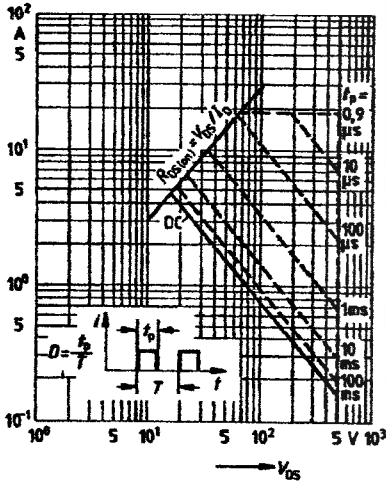
Power dissipation $P_D = f(T_C)$



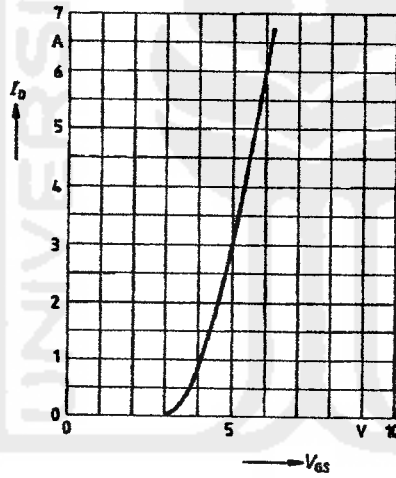
Typical output characteristics $I_D = f(V_{GS})$
parameter: 80 μ s pulse test,
 $T_j = 25^\circ\text{C}$



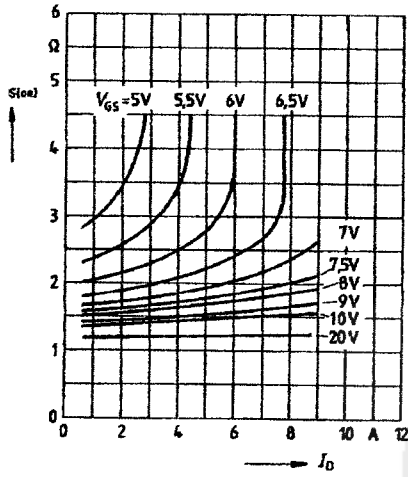
Safe operating area $I_D = f(V_{GS})$
parameter: $D = 0.01$, $T_C = 25^\circ\text{C}$



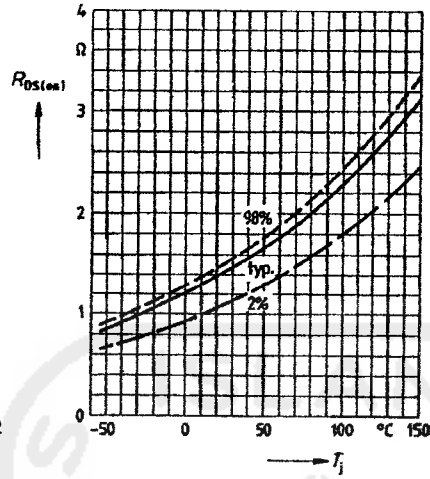
Typical transfer characteristic $I_D = f(V_{GS})$
parameter: 80 μ s pulse test,
 $V_{DS} = 26\text{V}$, $T_j = 25^\circ\text{C}$



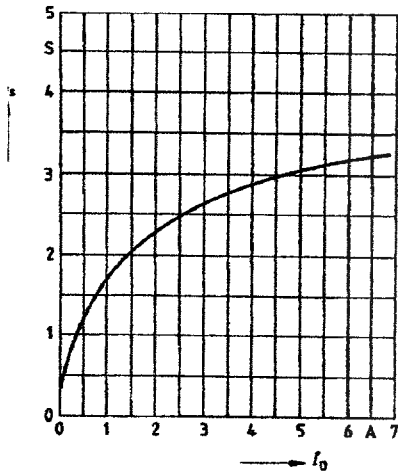
Typical drain-source on-state resistance
 $R_{DS(on)} = f(I_D)$
 parameter: $V_{GS}; T_j = 25^\circ\text{C}$



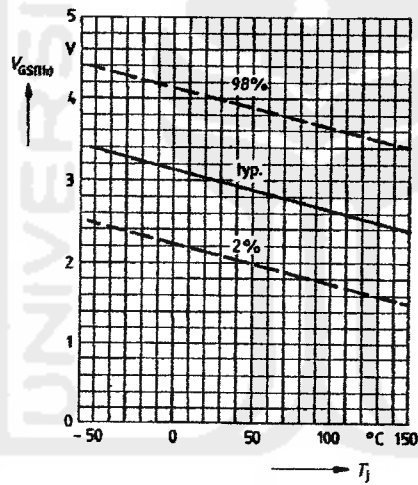
Drain-source on-state resistance
 $R_{DS(on)} = f(T_j)$
 parameter: $I_D = 2.5\text{A}, V_{GS} = 10\text{V}$
 (spread)



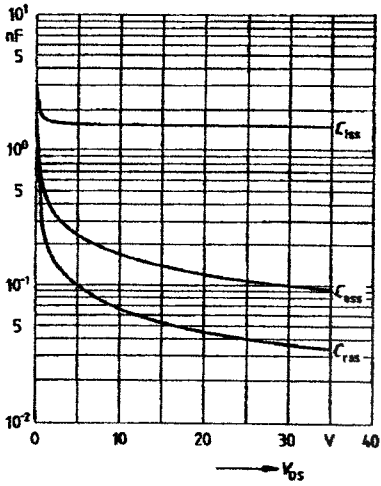
Typical transconductance $g_{fs} = f(I_D)$
 parameter: 80 μs pulse test,
 $V_{GS} = 25\text{V}, T_j = 25^\circ\text{C}$



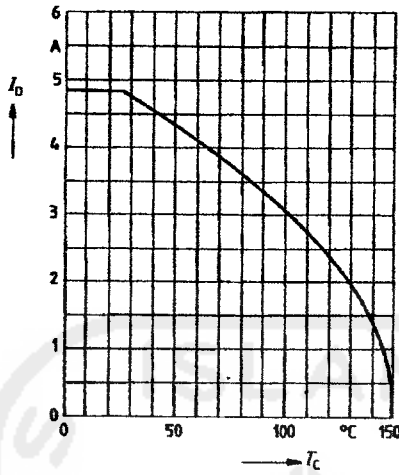
Gate threshold voltage $V_{GS(th)} = f(T_j)$
 parameter: $V_{DS} = V_{GS}, I_D = 1\text{mA}$
 (spread)



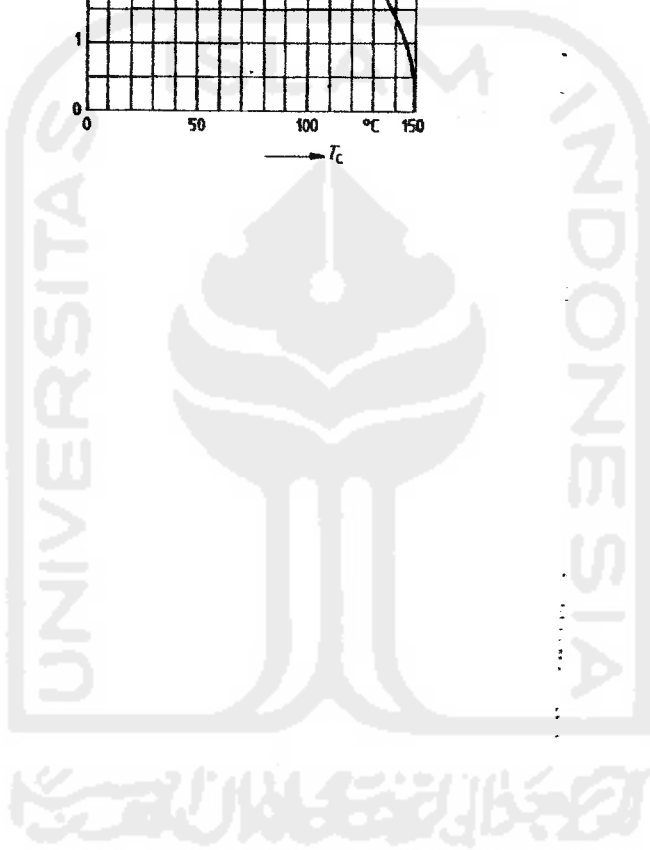
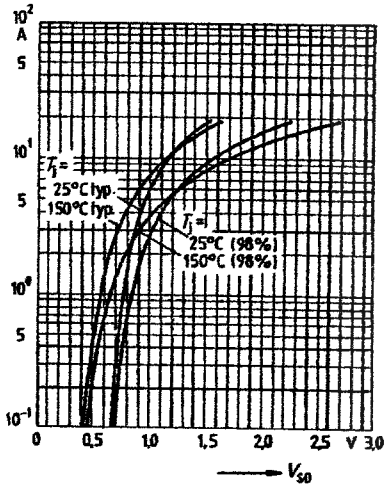
Typical capacitances $C = f(V_{GS})$
parameter: $V_{GS} = 0, f = 1\text{MHz}$



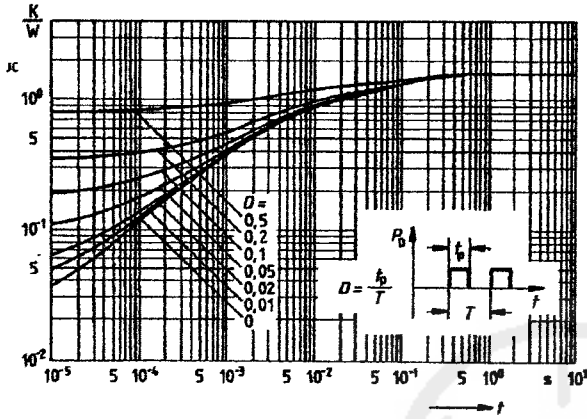
Continuous drain current $I_D = f(T_C)$
parameter: $V_{GS} \geq 10\text{V}$



Forward characteristic of reverse diode
 $I_F = f(V_{SD})$
parameter: $T_j, t_p = 80 \mu\text{s}$
(spread)



Transient thermal impedance $Z_{thJC} = f(t)$
parameter: $D = t/T$



Typical gate-charge $V_{GS} = f(Q_{Gate})$
parameter: $I_{D\text{ rms}} = 8.8A$

