



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERANCANGAN DAN PROTOTYPE BUS WAY BERBASIS  
MIKROKONTROLER ATMEGA 8535**

**SKRIPSI**

Oleh

**YUDITH IRAWAN**

**0806366516**

**FAKULTAS TEKNIK  
S1 EKSTENSI TEKNIK ELEKTRO  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS INDONESIA  
DEPOK  
2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERANCANGAN DAN PROTOTYPE BUS WAY BERBASIS  
MIKROKONTROLER ATMEGA 8535**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik

Elektro

Oleh

**YUDITH IRAWAN**

**0806366516**

**FAKULTAS TEKNIK  
S1 EKSTENSI TEKNIK ELEKTRO  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS INDONESIA**

**DEPOK**

**2010**

i

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang di kutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : Yudith Irawan**

**NPM : 0806366516**

**Tanda Tangan :**



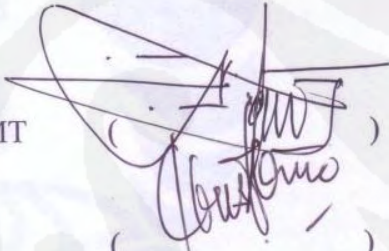


**Tanggal : 15 Juni 2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Yudith Irawan  
NPM : 0806366516  
Program Studi : Ekstensi Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Perancangan dan Prototype Bus Way  
Berdasarkan Mikrokontroler ATmega 8535

Telah Berhasil dipertahankan di hadapan Dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Elektro pada Program Studi Ekstensi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Ridwan Gunawan MT (  )  
Penguji I : Agus R Utomo ST. MT (  )  
Penguji II : Aji Nur Widyanto ST. MT (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 28 Juni 2010

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan atas Rahmat dan Ridho yang telah diberikan Allah SWT, karena atas kuasa laporan skripsi ini bisa selesai tepat pada waktunya. Ungkapan syukur tersebut merupakan salah satu perwujudan syukur penulis kepada Allah SWT, karena selama pengerjaan skripsi ini penulis telah mendapatkan curahan nikmat yang amat besar, Amiiien.

Tugas Akhir dengan judul Perancangan dan Prototyp i *Bus Way* Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535 ini dilakukan di Jurusan S I EKSTENSI TEKNIK ELEKTRO FT UI.

Skripsi ini merupakan simulasi pengotomatisan jalur *bus* dengan memanfaatkan teknologi mikrokontroler. Penulis memilih simulasi ini karena diharapkan ke depan dunia transportasi menjadi lebih efisien, cepat, dan mengurangi tingkat kecelakaan bila dikembangkan sekarang ini.

Dalam melaksanakan Tugas Akhir sampai menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih dan rasa hormat kepada:

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-NYA sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
2. Dr. Ir. Ridwan Gunawan MT selaku pembimbing Skripsi
3. Bapak dan Ibu yang telah memberikan doa dan bimbingannya serta nasehatnya hingga penulis mampu mandiri.

4. Kakak-kakakku serta adik-adikku tersayang yang selalu menyemangatiku: Anita Damayanti, Amelia Lusianti, Astri Febriyanti, Andriyani Novianti, juga ponakanku terlucu yang selalu menghiburku: Khalisa dan Karina.
5. Lenong yang membantu perancang mekanik
6. Asep, Bambang, Her yang membantu dan membantu penulis selama menyelesaikan skripsi
7. Teman-teman seperjuanganku S1 Ekstensi Teknik Elektro FT UI 2008 , dan
8. Semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu .

Akhir kata penulis menyadari keterbatasannya, oleh karena itu kritik dan saran senantiasa diharapkan untuk perbaikan di kemudian hari. Semoga Skripsi ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca umumnya.

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

### TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yudith Irawan  
NPM : 0806366516  
Program Studi : Ekstensi Teknik Elektro  
Departemen : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Automatisasi Simulasi Bus Way Berbasis Mikrokontroler

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik atas Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 15 Juni 2010

Yang menyatakan



( Yudith Irawan )

Vi

## ABSTRAK

Nama : Yudith Irawan

Program Studi : Teknik Elektro

Judul : Perancangan dan Prototype Bus Way Berbasis Mikrokontroler  
ATMega 8535

Skripsi ini membahas mengenai Perancangan dan Prototype Bus Way Berbasis Mikrokontroler ATMega 8535. Perancangan berupa sistem sistem perjalanan Bus Way yang di atur secara otomatis, sistem terdiri dari dua sistem yaitu yang pertama sistem di dalam bus seperti jalur perjalanan bus yang mengikuti garis, proses pemberhentian bus yang dapat membedakan setiap halte-haltnya, proses penghitungan penumpang, sedangkan sistem yang kedua sistem di luar bus yaitu proses pengaturan lampu lalu lintas yang semuanya di control oleh Mikrokontroler ATMega 8535 yang di buat untuk menjadikan bus ke depannya menjadi otomatis dan efisien serta mengurangi tingkat kemacetan dan kecelakaan yang sering terjadi di jalan

Kata kunci: Automatisasi, Mikrokontroller, *Bus Way*, *Line Follower*.



## ABSTRACT

Name : Yudith Irawan

Study Program: Electrical Engineering

Title : Design and Prototype Bus Way Based Microcontroller  
ATMega 8535

This final project describes about the Design and Prototype Based Microcontroller Bus Way ATMega 8535. Designing a system that Way Bus travel system set automatically, the system consists of two systems is the first such system in the bus lines that follow the line of bus travel, bus stops processes that can distinguish each stop in the station, passenger counting process, while the system The second bus system outside the process of setting the traffic lights which are all in control by 8535 Microcontroller ATMega that in a for a bus to make him become an automatic and efficient, and reduce traffic congestion and accidents that often happen on the road

Keywords: Automation, Microcontroller, Bus Way, Line Follower.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I        PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	2
1.3. Pembatasan Masalah .....	3
1.4. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II        TEORI DASAR .....</b>	<b>4</b>
2.1 Mikrokontroler ATmega 8535 .....	4
2.1.1 Fitur-Fitur dan Arsitektur ATmega 8535 .....	5
2.1.2 Memori .....	7

2.1.3 Konfigurasi Pin AVR ATMega.....	8
2.2 USART .....	10
2.1.3 Komunikasi Serial .....	11
2.2.2 RS-232 .....	13
2.3 Motor DC.....	16
2.3.1 Teori Motor DC .....	16
2.3.2 Torsi .....	18
2.3.3 Konstruksi Motor DC .....	19
2.3.4 Rugi-rugi dan Efisiensi .....	20
2.3.5 Jenis-jenis Motor DC .....	20
2.4 <i>Driver</i> Motor menggunakan IC L298N .....	21
2.5 <i>Driver</i> Motor menggunakan IC L293D .....	23
2.6 RFID ( <i>Radio Frequency identification</i> ) .....	23
2.6.1 <i>Inductive Coupled RFID Tag</i> dan <i>Capacitive Coupled RFID Tag</i> ..	23
2.6.2 Komponen RFID Tag .....	25
2.6.2.1 <i>Tag</i> .....	25
2.6.2.2 <i>Tag Reader</i> .....	26
2.6.3 Cara Kerja RFID .....	27
2.6.4 Frekuensi RFID .....	27
2.6.5 Kegunaan RFID .....	28

2.7	<i>Light Dependent Resistor (LDR)</i> .....	28
2.7.1	<i>Cadmium Solphide Cells</i> .....	29
2.8	<i>Optocoupler</i> .....	29
2.8	<i>Limit Switch</i> .....	29
<b>BAB III</b>	<b>PERANCANGAN SISTEM</b> .....	<b>30</b>
3.1	Blok Diagram Sistem .....	31
3.1.1	Sistem di dalam Bus .....	31
3.1.1.1	Penggabungan Sistem di dalam Bus .....	31
3.1.1.2	Sistem 1 Proses jalan Lurus .....	31
3.1.1.3	Sistem 2 Proses Pemberhentian Bus .....	31
3.1.1.4	Sistem 3 Proses Belokkan Bus .....	32
3.1.2	Sistem di Luar Bus .....	34
3.2	Diagram Alir Sistem Di Dalam Bus .....	37
3.3	Diagram Alir Sistem Di Luar Bus .....	38
3.4	Perancangan Perangkat Keras (Hardware) .....	39
3.4.1	Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroller ATmega 8535 ...	39
3.4.2	Rancangan <i>Driver</i> Motor menggunakan IC L293D .....	40
3.4.3	Rancangan <i>Driver</i> Motor menggunakan IC L298N .....	41
3.4.4	Rancangan <i>Driver</i> LDR .....	42
3.4.5	Rancangan <i>Driver Optocoupler</i> .....	43
<b>BAB IV</b>	<b>DATA PENGAMATAN DAN ANALISA</b> .....	<b>45</b>
4.1	Pengujian Alat dan pengambilan Data .....	45
4.2.1	Data Logika Sensor LDR .....	45
4.2.2	Data Jarak Deteksi Maksimal Sensor .....	46

4.2.3 Data Pengujian Motor <i>Gear Box</i> pada Roda Bus .....	47
4.2.4 Data <i>Iso Card Taq 18</i> .....	47
4.2.5 Data pengujian <i>Motor Gear Box</i> pada Pintu .....	48
4.2.6 Data pengujian <i>Optocoupler</i> pantul pada pintu .....	48
4.2.6 Data Logika Output <i>Optocoupler</i> pantul pada <i>Traffic Light</i> .....	48
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>50</b>
5.1 Kesimpulan .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>52</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pin Konfigurasi Mikrokontroler ATmega 8535 .....	5
Gambar 2.2	Blok Diagram Atmel 8535 .....	6
Gambar 2.3	<i>Register</i> AVR ATmega 8535 .....	7
Gambar 2.4	<i>Memori Flash</i> AVR ATmega 8535 .....	7
Gambar 2.5	DB 9 <i>Female</i> .....	13
Gambar 2.6	DB 9 <i>Male</i> .....	13
Gambar 2.7	Konfigurasi IC Max 232 .....	14
Gambar 2.8	Diagram logika Max 232 .....	14
Gambar 2.9	Prinsip Kerja Motor DC .....	16
Gambar 2.10	Bagan-bagan Motor DC .....	19
Gambar 2.11	IC L298N dan fungsi masukan .....	22
Gambar 2.12	IC L298N Diagram Logika .....	22
Gambar 2.13	IC L293D .....	23
Gambar 2.14	Bagian-bagian <i>Tag</i> RFID .....	25
Gambar 2.15	<i>ISO Card Tag</i> 18 .....	25
Gambar 2.16	<i>Light Dependent Resistor</i> (LDR) .....	28
Gambar 2.17	<i>Limit Switch</i> .....	29
Gambar 3.1	Sistem Pengaturan Jalur Bus .....	30
Gambar 3.2	Diagram Blok Sistem di dalam Bus .....	31
Gambar 3.3	Diagram Blok Proses Jalan Lurus .....	32
Gambar 3.4	Diagram Blok Proses Pemberhentian Bus .....	33
Gambar 3.5	Diagram Blok Proses Belokkan Bus .....	33

Gambar 3.6	Diagram Blok Sistem di luar Bus .....	34
Gambar 3.7	Peletakkan Sensor LDR .....	35
Gambar 3.7	Rangkaian Sistem Minimum ATmega 8535 .....	39
Gambar 3.8	Rangkaian <i>Driver</i> motor L2932D .....	40
Gambar 3.9	Rangkaian <i>Driver</i> motor L298N .....	41
Gambar 3.01	Rancangan <i>Driver</i> LDR .....	42
Gambar 3.11	Rancangan <i>Driver Optocoupler</i> .....	42

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Fungsi Alternatif <i>Port A</i> .....	8
Tabel 2.2	Fungsi Alternatif <i>Port B</i> .....	9
Tabel 2.3	Fungsi Alternatif <i>Port C</i> .....	9
Tabel 2.4	Fungsi Alternatif <i>Port D</i> .....	9
Tabel 2.5	Format Pengiriman data serial asinkron .....	12
Tabel 2.6	Konfigurasi Pin DB 9 .....	12
Tabel 2.7	Klasifikasi <i>Tag</i> .....	26
Tabel 2.8	Daftar Frekuensi yang digunakan pada <i>smart label</i> .....	27



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi saat ini sangat cepat. Perkembangan teknologi yang begitu cepat ini disebabkan karena kebutuhan akan pentingnya fungsi dan peranan teknologi dalam kehidupan manusia. Kemajuan teknologi tersebut mencakup di seluruh aspek kehidupan. Salah satu aspek kehidupan yang tak terlepas dari perkembangan teknologi tersebut adalah bidang elektronika. Bidang elektronika sangat mendukung untuk melahirkan penemuan-penemuan terbaru yang sangat bermanfaat untuk kebutuhan manusia.

Sejak pertama ditemukannya mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengontrol atau pengolah kerja utama dalam suatu rangkaian elektronik maka ditemukanlah berbagai perangkat yang dapat bekerja sesuai perintah yang disebut dengan robot. Dengan adanya robot inilah pekerjaan manusia menjadi mudah. Saat ini penggunaan robot telah banyak digunakan di berbagai negara baik negara maju atau negara berkembang. Aplikasi robot telah banyak digunakan di berbagai perusahaan, pabrik, hotel, rumah sakit, transportasi bahkan di rumah tangga sekalipun.

Dengan melihat pesatnya perkembangan robot tersebut maka akan dicoba membuat *Perancangan dan Prototype Bus Way berbasis Mikrokontroler ATmega 8535*. Dengan menggunakan simulasi ini diharapkan nantinya *Bus Way* dapat di kontrol secara otomatis.

Dalam pembuatan tugas akhir ini dilakukan pembahasan mengenai sebuah simulasi yang menyerupai *bus*. *Bus* ini berjalan secara otomatis di *line tracking* yang sudah dibuat sehingga menjadi suatu simulasi yang otomatis mengatur perjalanan *bus* ke setiap halte juga banyak sedikitnya penumpang di dalam bus, dan pada *traffic light* terdapat sistem pengontrol yang bekerja mengontrol perjalanan bus tersebut, jika pada *traffic light* tersebut berwarna merah maka bus tersebut akan berhenti pada persimpangan tersebut tetapi jika sinyal pada *traffic light* berwarna hijau maka bus tersebut akan meneruskan perjalanan pada persimpangan tersebut..

Di masa seperti sekarang ini, pemanfaatan teknologi tidak hanya sekedar untuk menunjang aktivitas saja, namun dapat sebagai suatu solusi untuk membuat sebagai

suatu sistem menjadi lebih bersahabat terhadap lingkungan. Perangkat teknologi yang pemanfaatannya semakin luas adalah mikrokontroler yang tidak lagi hanya sekedar sistem pengontrol, tetapi saat ini banyak diaplikasikan kepada sensor-sensor yang melengkapinya. Melalui pengaplikasiannya tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengontrol perangkat elektrik yang lain sehingga membentuk suatu sistem yang canggih.

Seperti yang diketahui bahwa sistem *bus way* di suatu negara masih banyak kekurangan yang diakibatkan pembuatan sistem yang kurang baik, selain itu hal tersebut masih kurang efektif karena dapat terjadi dari kesalahan manusia itu sendiri (*human error*) seperti : kecelakaan, kemacetan, dan keterlambatan jadwal pemberangkatan di mana ada keterbatasan dari manusia . Dengan demikian akan dikembangkan suatu sistem pengendalian terhadap jalur bus dengan memanfaatkan teknologi mikrokontroler. Pada sistem ini di buat sebuah miniatur *bus* dengan perangkat elektronika dan sistem mikrokontroler bus tersebut, di mana *bus* tersebut akan berjalan mengikuti jalur yang telah dibuat dan setelah sampai di halte maka *bus* tersebut akan mengetahui telah sampai di halte mana dan membukakan pintu *bus* tersebut, lalu menghitung jumlah penumpang yang keluar dan masuk agar tidak terjadi kelebihan penumpang di dalamnya, jika terdapat kelebihan penumpang maka *buzzer* di dalam bus akan memberi tahu bahwa terjadi kelebihan penumpang, setelah itu ada waktu tunggu untuk pintu bus tertutup kembali setelah itu meneruskan perjalanan ke halte berikutnya dan mengatur perjalanan ketika menemui *traffic light* sehingga perjalanan *bus* tersebut tidak terganggu.

## 1.2 TUJUAN PENELITIAN

Mempelajari dan mengembangkan sistem pengontrolan dengan menggunakan miniatur berbentuk *bus* yang digunakan dalam bentuk simulasi jalur *bus* yang berhenti di setiap stasiun. Memanfaatkan mikrokontroler untuk menjembatani pemindahan data sensor- sensor ke motor penggerak, juga ke display LCD dan *buzzer*, sehingga terbentuk suatu sistem pengontrolan berbentuk minitur *bus*.

### 1.3 PEMBATASAN MASALAH

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis hanya membahas mengenai pembacaan data dari sensor-sensor yang di tempatkan di *bus* yang kemudian di olah mikrokontroler untuk menggerakkan motor di mana motor tersebut untuk menggerakkan dua buah roda *bus* dan satu buah pintu *bus*. Sistem ini terdiri dari ATmega 8535, pembatasan masalah yang lain adalah proses belokkan bus dengan membaca pulsa dari *rotary encoder* sampai sudut 45 derajat dari jalan lurus bus dan mengenai pendeteksian garis dimana LDR harus terdeteksi adanya garis hitam baru bus tersebut dapat memulai perjalanan dan kondisi jalan di anggap bersih yaitu hanya ada putih dan hitam, tidak ada gangguan apa pun, pada *driver-driver* sensor ke mikrokontroler, *driver-driver* sensor baik *transmitter* maupun *receiver* yang ditempatkan bersamaan maupun terpisah di dalam bus, serta pengaturan *traffic light* yang di atur berdasarkan jalur yang dilewatkan bus, di mana sensor di tempatkan agak jauh sebelum *traffic light*.

### 1.4 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan seminar ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka tugas akhir ini dibagi menjadi lima yaitu: pada bab satu berisi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan penulisan, metode penulisan dan sistematika penulisan dari tugas akhir ini, dan bab dua teori dasar berisi landasan-landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dalam perancangan dan pembuatan alat ( *hardware* ) serta pembuatan program ( *software* ), sedangkan bab tiga adalah perancangan sistem yang akan menjelaskan sistem kerja secara keseluruhan dari semua perangkat kontrol ( *hardware* ) dan program penghubung ( *software* ) yang terlibat antara mikrokontroler dengan sensor-sensor, bab empat pengujian sistem dan pengambilan data berisi tentang unjuk kerja alat sebagai hasil dari perancangan sistem. Pengujian akhir dilakukan dengan menyatukan seluruh bagian-bagian kecil dari sistem untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan awal. Setelah sistem berfungsi dengan baik maka dilanjutkan dengan pengambilan data untuk memastikan kapabilitas dari sistem yang dibangun, dan bab lima penutup berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengujian sistem dan pengambilan data selama penelitian berlangsung dan di lanjutkan dengan penutup.

## BAB II

### TEORI DASAR

Pada bab ini di bahas beberapa teori yang melatar belakangi pembuatan tugas akhir ini, yang terdiri dari beberapa macam teori dasar serta fungsi dari setiap komponen atau sub komponen, serta spesifikasi yang di gunakan dalam tugas akhir ini demi mendukung salah satu dari bagian dari laporan skripsi ini.

#### **2.1. Mikrokontroller ATmega 8535**

Atmel adalah mikrokontroller berdaya rendah tetapi memiliki kemampuan yang cukup baik dalam pengolahan data dan merupakan IC CMOS 8 bit dengan 8 Kbyte sitem program di dalam *flash memory*. Di dalam *flash memory* dapat menyimpan program dan diprogram ulang. Menurut sejarahnya mikrokontroler seri AVR pertama kali diperkenalkan ke pasaran sekitar tahun 1997 oleh perusahaan Atmel. Perusahaan ini merupakan perusahaan besar yang sudah sangat dikenal dengan produk mikrokontroler keluarga AT89S51/52-nya yang sampai saat sekarang ini masih sering juga digunakan di dunia elektronika. Peranan mikrokontroler tidak dapat dikesampingkan dari perkembangan teknologi pada masa sekarang ini. Termasuk PC yang digunakan saat ini juga merupakan bagian makro dari sistem mikrokontroler yang lebih dikenal dengan nama mikroprosesor [1].

Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC (*Reduce instruction Set Computing*) dengan lebar bus data 8 bit. Lain halnya dengan mikrokontroler seri AT89S51/52 yang memiliki frekuensi kerja seperduabelas kali frekuensi oscilator, frekuensi kerja mikrokontroler AVR ini pada dasarnya akan sama dengan frekuensi oscilator yang digunakan pada mikrokontroler tersebut. Hal ini menyebabkan kecepatan kerja mikrokontroler AVR untuk frekuensi oscilator yang sama, akan dua belas kali lebih cepat dibandingkan dengan mikrokontroler seri AT89S51/52. Dengan intruksi yang sangat variatif dikemas mirip dengan sistem CISC (*Complex Instruction Set Computer*) serta jumlah register yang serbaguna sebanyak 32 register yang semuanya terhubung ke ALU (*Arithmetic Logic Unit*), maka sebagian besar instruksi tersebut akan dieksekusi dalam satu siklus clock dan keluarannya bias mencapai hampir sekitar 16 MIPS (*Million Instruction Per Second*) per MHz, sehingga konsumsi daya menjadi lebih optimal dan kecepatan proses eksekusi menjadi maksimal.

Pada mikrokontroler AVR telah dilengkapi dengan memori *flash* sebagai memori program. Besarnya kapasitas memori *flash* bervariasi dari 1KB sampai 8KB bergantung dari seri yang digunakan. Namun pada kesempatan ini kami menggunakan mikrokontroler Atmel 8535 yang memiliki kapasitas memori *flash* sebesar 32KB. Secara teknis, memori *flash* ini dapat diprogram melalui saluran antarmuka yang biasa dikenal sebagai SPI (*Serial Peripheral Interface*) yang terdapat pada setiap mikrokontroler seri AVR tersebut.

### 2.1.1. Fitur-Fitur dan Arsitektur ATmega 8535

Mikrokontroler Atmel 8535 memiliki fitur-fitur utama, antara lain sebagai berikut :

Saluran I/ O sebanyak 32 buah, yaitu port A, port B, Port C, dan Port D

CPU yang memiliki 32 buah register

SRAM sebesar 512 byte

Flash memory sebesar 8 kb

EEPROM sebesar 512 byte

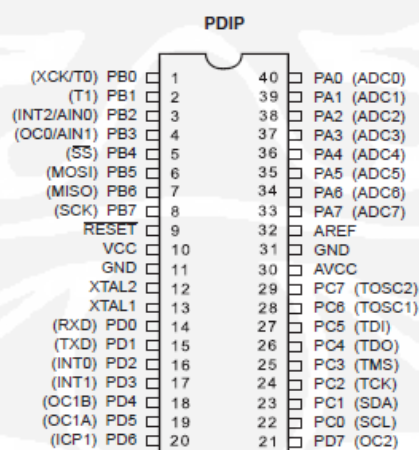
Tiga buah *timer* dan *counter* dengan kemampuan pembanding

*Two wire serial Interface*

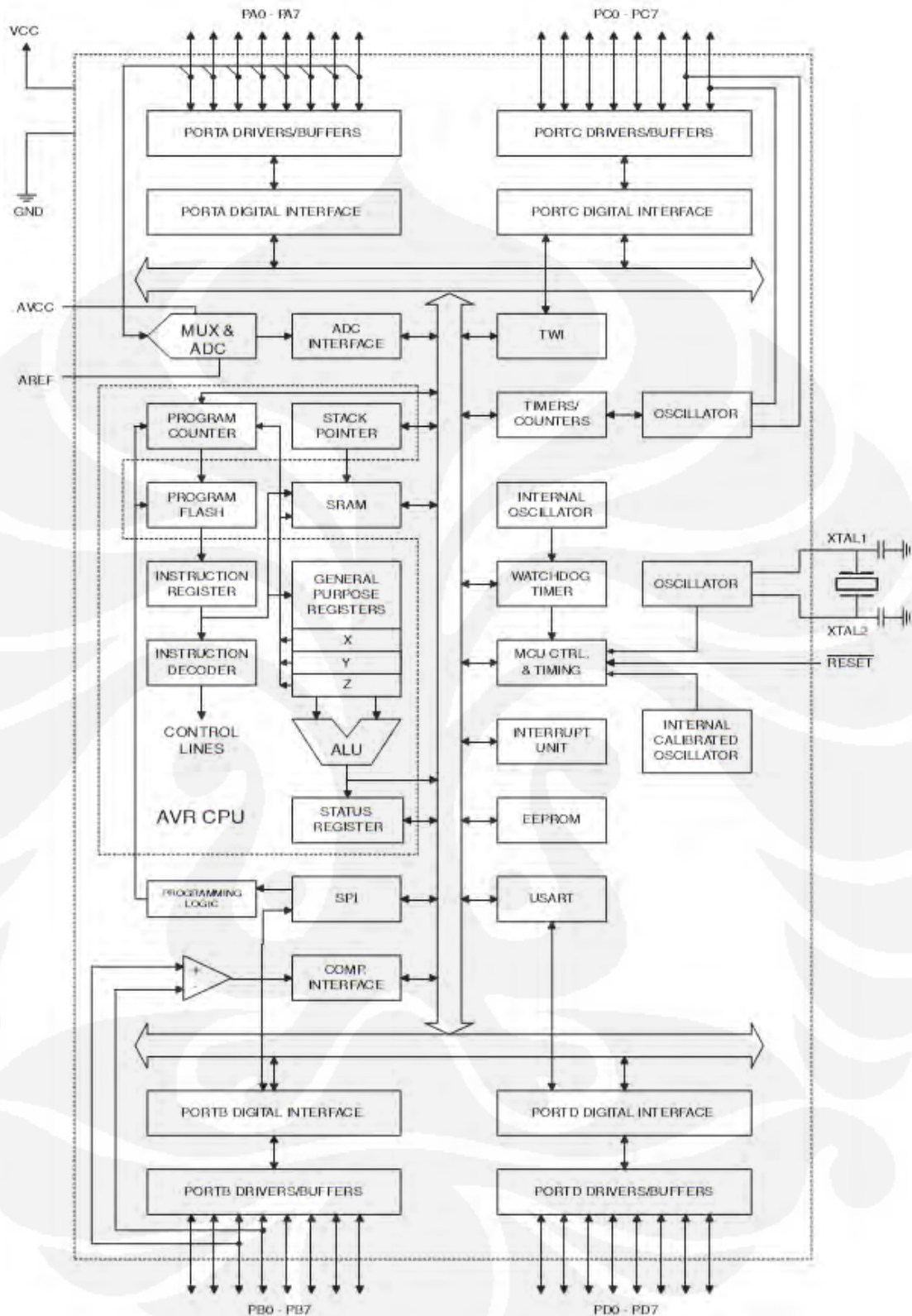
Port antarmuka SPI

Unit Interupsi internal dan eksternal

Port Usart untuk komunikasi serial



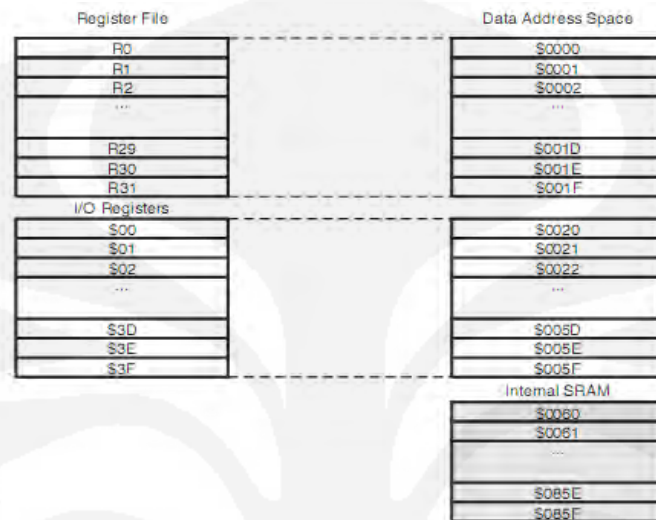
**Gambar 2.1 Pin Konfigurasi Mikrokontroler ATmega 8535**



**Gambar 2.2 Blok Diagram ATmega 8535**

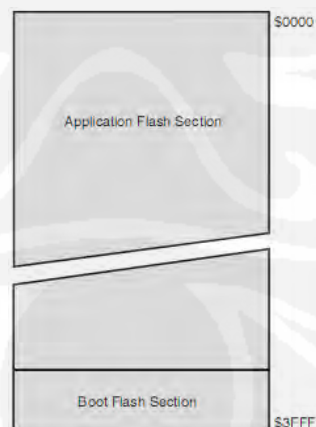
### 2.1.2. Memori

Untuk menyimpan data mikrokontroler AVR menyediakan dua jenis memori yang berbeda yaitu EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) dan SRAM (*Static Random Access Memory*). EEPROM umumnya digunakan untuk menyimpan data-data program yang bersifat permanen.



**Gambar 2.3 Register AVR ATmega 8535**

SRAM digunakan untuk menyimpan data variabel yang dimungkinkan berubah setiap saatnya. Kapasitas penyimpanan data kedua memori ini bervariasi tergantung pada jenis AVR-nya. Untuk seri AVR yang tidak memiliki SRAM, penyimpanan data variabel dapat dilakukan pada register serbaguna yang terdapat pada CPU mikrokontroler tersebut.



**Gambar 2.4 Memori Flash AVR ATmega8535**

Memori data terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 buah register umum, 64 register I/O, dan 2048 byte SRAM Internal. Mikrokontroler AVR ATmega 8535 memiliki 32 register, yang hampir semua intruksi pengoperasian dari *file register* memiliki akses langsung ke semua *register*, dan dapat diakses dalam sebuah siklus instruksi. *Register* R26 sampai R31 memiliki fungsi-fungsi tambahan, yaitu selain memiliki 16-bit *pointer address* pada ruang data, juga berfungsi sebagai tiga buah *register* X,Y dan Z. Peta *register* bisa terlihat pada gambar berikut ini: Mikrokontroler AVR AT Mega8535 memiliki dua ruang utama memori yaitu memori data dan memori program. Sebagai tambahan terdapat memori EEPROM untuk penyimpanan data. AT Mega8535 terdiri dari 8 KB *On-chip In-system Reprogrammable Flash Memory* untuk penyimpanan program. Selama besar instruksinya adalah 16 sampai 32 bit, *Flash* akan terorganisasi sebesar 4K x 16. Untuk keamanan *software*, memori program *Flash* dibagi menjadi dua bagian yaitu *ProgramBoot* dan *Program Aplikasi*. Memori *Flash* memiliki kemampuan paling tidak 10.000 kali dihapus dan ditulis.

### 2.1.3 Konfigurasi Pin AVR ATMega 8535

1. Port A (PA0-PA7) : Port A selain sebagai port I/O 8 bit dua arah (*bidirectional*), juga memiliki fungsi sebagai masukan analog untuk fitur ADC yang terdiri dari 8 channel.

**Tabel 2.1 Fungsi Alternatif Port A**

Port A	Fungsi Alternatif
PA0	ADC input channel 0
PA1	ADC input channel 1
PA2	ADC input channel 2
PA3	ADC input channel 3
PA4	ADC input channel 4
PA5	ADC input channel 5
PA6	ADC input channel 6
PA7	ADC input channel 7

2. Port B (PB0 – PB7) : Port B memiliki fungsi sebagai port I/O 8 bit dua arah (*bidirectional*) dan beberapa fungsi tambahan.



**Tabel 2.2 Fungsi Alternatif Port B**

Port B	Fungsi Alternatif
PB0	T0 (Timer/counter 0)
PB1	T1 (Timer/counter1)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (eksternal Interrupt)
PB3	AIN1 (analog Comparator Negative Input) OC0 (Output Compare Match Output)
PB4	^SS (SPI Slave Select Input)
PB5	MOSI (SPI Master Output Slave Input)
PB6	MISO (SPI Master Input Slave Output)
PB7	SCK (SPI Serial Clock)

3. Port C (PC0 – PC7) : Port C memiliki fungsi sebagai port I/O 8 bit dua arah (*bidirectional*) dan beberapa fungsi khusus

**4. Tabel 2.3 Fungsi Alternatif Port C**

Port C	Fungsi Alternatif
PC0	SCL (Serial Bus Clock Line)
PC1	SDA (Serial Bus Data Input/Output Line)
PC2	TCK
PC3	TMS
PC4	TDO
PC5	TDI
PC6	TOOSC1 (Timer Oscillator Pin 1)
PC7	TOOSC2 (Timer Oscillator Pin 2)

4. Port D (PD0 – PD7) : Port D memiliki fungsi sebagai port I/O 8 bit dua arah (*bidirectional*) dan beberapa fungsi khusus

**Tabel 2.4 Fungsi Alternatif Port D**

Port D	Fungsi Alternatif
PD0	RXD (USART Input Pin)
PD1	TXD (USART Output Pin)
PD2	INT0 (Eksternal Interrupt 0 Input)
PD3	INT1 (Eksternal Interrupt 1 Input)
PD4	OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)
PD5	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare A Match Output)
PD6	ICP1 (Timer/Counter1 Input)
PD7	OC2 (Timer/Counter2 Output Compare Match Output)

5. VCC : merupakan pin yang berfungsi sebagai masukan catu daya.
6. GND : merupakan pin yang dihubungkan ke ground.
7. Reset : merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 : merupakan pin masukan untuk *clock* eksternal.
9. AVCC : merupakan pin masukan tegangan untuk Adc.
10. AREF : merupakan pin masukan untuk tegangan referensi ADC.

## 2.2 USART

*Universal Synchronous and Aynchronous Receiver Transmitter* (USART) merupakan piranti komunikasi serial dengan fleksibilitas yang tinggi. Fasilitas ini berguna agar sistem aplikasi AVR dapat berkomunikasi dengan sistem lainnya. Fitur-fitur yang dimiliki USART yaitu :

1. Operation *Full Duplex*
2. Operasi sinkron dan asinkron
3. Operasi *Master or slave Clocked Synchronouus*
4. Generator berkecepatan dan beresolusi tinggi
5. Didukung *Serial Frame* dengan 1 atau 2 stop bit
6. Generasi paritas ganjil dan pengecekan paritas yang didukung oleh hardware
7. Deteksi data yang berlebih
8. Deteksi kesalahan frame
9. Penyaringan noise termasuk deteksi kesalahan bit pertama dan *digital low pass filter*
10. Mode komunikasi multiprosesor

USART harus diatur atau diinisialisai terlebih dahulu sebelum digunakan agar proses pengiriman dan penerimaan data dapat dilakukan dengan efektif. Tahap penginisialisasian terdiri dari pengaturan beberapa bagian yaitu :

- a. setting baudrate : mengatur kecepatan pengiriman data
- b. frekuensi : berhubungan dengan nilai clock
- c. meng-*enable*-kan pin Rx dan Tx

Penggunaan *Transmitter* USART, dengan cara mengatur *Tansmit Enable* pada register UCSRB. Setelah itu operasi normal port pada pin TxD akan ditolak oleh

USART dan akan difungsikan sebagai *Transmitter Serial Output*. Pada saat operasi sinkron terjadi *clock* dari pin XCK tidak digunakan sebagai gantinya digunakan *Clock* pengiriman.

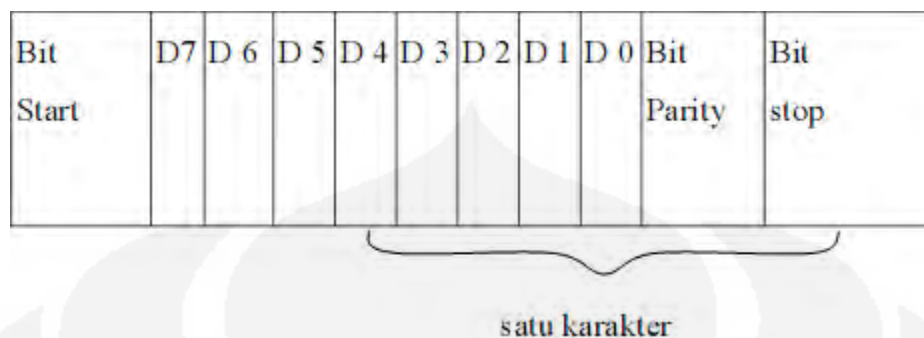
Penggunaan *Receiver* USART, dengan cara mengatur *Receive Enable* pada register UCSRB. Setelah itu operasi normal port pada pin RxD akan ditolak oleh USART dan akan difungsikan sebagai *Receiver Serial Output*. Pada saat operasi sinkron terjadi *clock* dari pin XCK tidak digunakan sebagai gantinya digunakan *Clock* pengiriman.

### 2.2.1 Komunikasi Data Serial

RS 232 adalah salah satu komunikasi standar antara dua buah peralatan dengan cara mengirim suatu barisan bit secara berurutan dari satu alat ke alat yang lain dan sebaliknya. Umumnya RS 232 sering digunakan pada komunikasi komputer dengan peralatan lain yang disebut sebagai komunikasi serial. Sistem komunikasi ini umumnya menggunakan IC MAX 232 yang berfungsi sebagai driver untuk mengkonversi nilai logika serial menjadi nilai logika TTL atau sebaliknya.

Bila komputer akan berkomunikasi dengan peralatan yang mempunyai logic TTL seperti mikrokontroler misalnya, maka diperlukan suatu rangkaian terintegrasi (IC) yang akan mengkonversi logika serial menjadi logika TTL, yaitu tegangan 5 volt untuk logika '1' dan tegangan 0 volt untuk logika '0'. IC yang sering digunakan adalah MAX 232 yang mempunyai dua buah kanal yang masing-masing untuk mengirim dan menerima data. Rangkaian RS 232 yang menggunakan IC ini akan menghubungkan peralatan berlogika TTL dengan konektor serial 9 pin (DB 9) pada computer[2].

Ada dua cara yang dapat digunakan dalam komunikasi serial yaitu komunikasi dengan syarat dan komunikasi tanpa syarat. Untuk pengiriman dan penerimaan data tanpa syarat, komputer cukup mengirim data melalui pin 3 (Tx) dan bila peralatan yang dihubungkan dengannya mengirim data maka komputer akan menerimanya melalui pin 2 (Rx). Baik proses pengiriman dan penerimaan dengan syarat maupun tanpa syarat mempunyai sifat *full duplex*, yaitu dapat berlangsung dalam waktu bersamaan.

**Tabel 2.5 Format Pengiriman data serial asinkron**

Bit-bit serial asinkron terdiri atas 1 start bit (selalu berlogika low), bit data (karakter), 1 bit paritas, dan 1 atau 2 stop bit (selalu berlogika high). Faktor lain yang cukup penting dalam transfer data asinkron adalah kecepatan pengiriman. Besaran kecepatan pengiriman data serial dinyatakan dalam bentuk *bps (bit per second)* atau sering dinamakan sebagai *baudrate*.

Konfigurasi pin serial DB9 dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2.6 Konfigurasi Pin DB9**

No. pin	Circuit Mnemonic	Description
1	CF	Data Carrier Detect
2	BB	Receive Data Line
3	BA	Transmit Data Line
4	CD	Data Terminal Ready
5	-	Ground
6	CC	Data Set Ready
7	CA	Request To Send
8	CB	Clear To Send
9	CE	Ring Indicate

Berikutnya di bawah ini merupakan tampilan gambar asli dari konektor yang sering digunakan dalam komunikasi serial yang dikenal sebagai konektor serial DB9. Konektor ini terdiri dari 2 jenis yaitu DB9 *female* dan DB9 *male*. Terdapat sedikit perbedaan diantara keduanya dalam pengurutan nama pin. Untuk lebih jelasnya dapat

dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 2.5 DB9 Female**



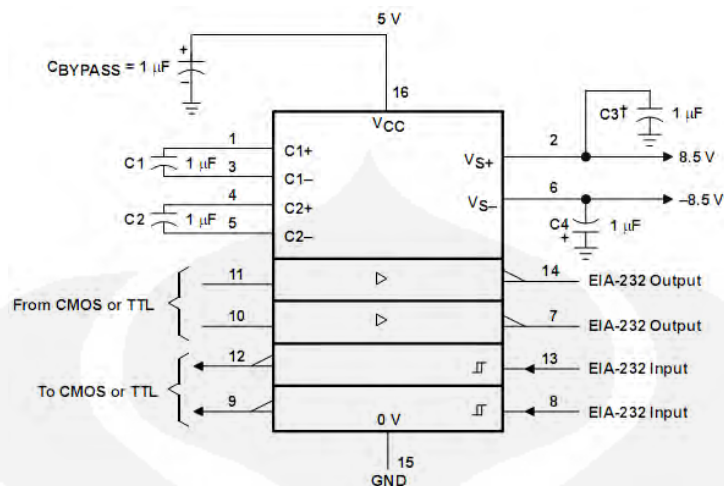
**Gambar 2.6 DB9 Male**

### 2.2.2 RS-232

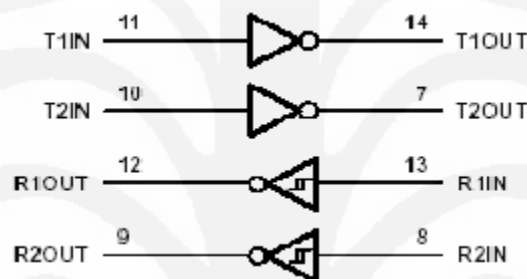
Apabila suatu peralatan yang berlogika TTL ingin melakukan komunikasi serial dengan PC, maka sinyal dari serial port PC harus dikonversikan terlebih dahulu menjadi logika TTL dan sebaliknya sinyal dari peralatan yang berlogika TTL harus dikonversi menjadi logika port PC. Untuk melakukan konversi tersebut dapat digunakan IC MAX 232. Di dalam IC ini terdiri dari beberapa bagian yaitu :

1. *Charge Pump DC to DC*
2. *RS232 driver*
3. *RS232 Receiver*
4. Input kendali *enable receiver* dan *transmitter*

Konverter tegangan *DC to DC* mengkonversi input +5V menjadi +10V dan +10V menjadi -10V untuk operasi *driver* RS232.



**Gambar 2.7 Konfigurasi IC Max232**



**Gambar 2.8 Diagram logika Max 232**

Jika peralatan yang digunakan menggunakan TTL, sinyal serial *port* harus dikonversikan dahulu ke pulsa TTL sebelum digunakan. Sebaliknya, sinyal dari peralatan harus dirubah ke logika RS-232 sebelum dimasukan ke serial *port*. Konverter yang paling mudah digunakan adalah MAX232. Di dalam IC ini terdapat *Charge Pump* yang akan membangkitkan +10 Volt dari sumber dan +5 Volt tunggal yang dikemas dalam IC DIO (*Dual In Line Package*) 26 pin (8 pinx 2 baris) ini terdapat dua buah *transmitter* dan dua buah *receiver*.

IC Serial RS 232 digunakan sebagai *interface* (antar muka) dari PC ke perangkat luar (level TTL) atau sebaliknya dari perangkat luar ke PC. Tegangan pada RS 232 berbeda dengan level tegangan Digital. Tegangan yang digunakan oleh RS 232 tersebut adalah +3 V s/d +25 V untuk logika “0” dan -3 s/d -25 untuk level logika “1”. Tegangan yang cukup tinggi ini mengakibatkan data dapat ditransmisikan cukup

jauh. IC serial RS 232 atau MAX 232 . IC Serial MAX 232 Ada dua macam sistem transmisi dalam komunikasi serial, yaitu asinkron dan sinkron. Pada prosesnya digunakan sistem transmisi asinkron. Hal ini dilakukan karena transmisi asinkron lebih mudah bila dibandingkan dengan sinkron. Komunikasi data serial yang dilakukan oleh PC menggunakan metode *Asynchronous Serial Data Transmission*.

### **Kecepatan Pemindahan Data (*Baud Rate*)**

Kecepatan pemindahan data dalam komunikasi data serial ditetapkan dalam *bps* (*bits per second*). Hal yang lebih luas lainnya lagi digunakan terminologi untuk *bps* adalah *baud rate*. *Baud rate* adalah terminologi pada modem dan didefinisikan sebagai banyaknya perubahan sinyal tiap detik. Kecepatan pemindahan data yang diberikan sistem komputer bergantung pada port komunikasi yang tergabung dalam sistem.

### **Standar serial RS-232**

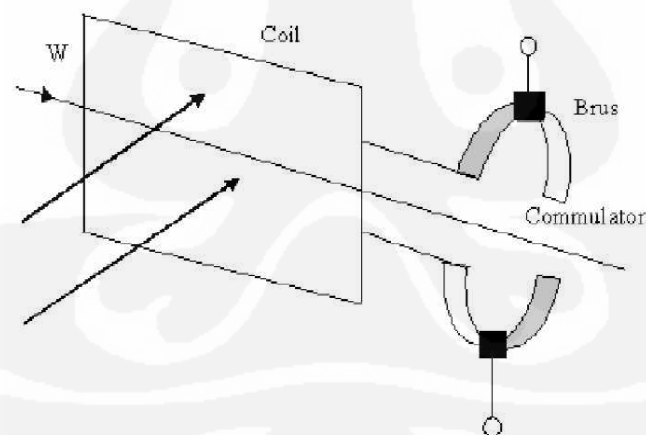
Untuk menyediakan kompatibilitas di antara peralatan komunikasi data yang dibuat oleh berbagai manufaktur, sebuah standar penghubung yang disebut RS232 dibuat oleh EIA (*Electronic Industries Associates*) pada tahun 1960. Saat ini RS232 digunakan secara luas sebagai standar penghubung I/O serial.

Standar yang dibuat sebelum kedatangan keluarga logika TTL, level tegangan *input* dan *output* tidak cocok dengan TTL. Pada RS232 sebuah logika 1 direpresentasikan oleh  $-3$  hingga  $-25V$ , sementara itu bit 0 adalah  $+3$  hingga  $+25V$ , sehingga membuat  $-3$  hingga  $+3$  tidak terdefinisi. Karena alasan ini, untuk menghubungkan RS232 apapun pada system berbasis mikroprosesor, kita harus mengubah level logika TTL ke level tegangan RS232. Fungsi untuk menterjemahkan dari TTL ke level tegangan RS232 disebut *line drivers* dan fungsi untuk mengkonversi dari RS232 ke level tegangan TTL disebut *line receivers*. Pada tugas akhir ini, untuk mengkonversi beda level tegangan tersebut penulis menggunakan IC Max-232. Di dalam IC ini terdapat *Charge Pump* yang akan membangkitkan  $+10$  Volt dari sumber dan  $+5$  Volt tunggal yang dikemas dalam IC DIO (*Dual In Line Package*) 26 pin (8 pinx 2 baris) ini terdapat dua buah *transmitter* dan dua buah *receiver*.

## 2.3 Motor DC

### 2.3.1 Teori Motor DC

Motor DC pada saat ini digunakan pada industri dan dunia robotika yang memerlukan gerakan dengan kepresisian yang tinggi untuk pengaturan kecepatan pada torsi konstan. Motor DC berfungsi mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanis di mana gerak tersebut berupa putaran dari motor. Prinsip dasar dari motor arus searah sebuah kawat adalah jika sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet (U-S), maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat itu. Arah gerakan kawat itu. Arah gerakan kawat dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kiri, yang berbunyi sebagai berikut : "Apabila tangan kiri terbuka diletakkan diantara kutub U dan S, sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub U dan S, sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub utara menembus telapak tangan kiri, terbuka diletakkan diantara kutub U dan S, sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub utara menembus telapak tangan kiri dan arus di dalam kawat mengalir searah dengan arah keempat jari, maka kawat itu akan mendapat gaya yang arahnya sesuai dengan arah ibu jari yang diperlihatkan dengan gambar berikut ini.



**Gambar 2.9 Prinsip Kerja Motor DC**



Pada motor arus searah medan magnet akan dihasilkan oleh medan dengan kerapatan fluks sebesar B. bila kumparan jangkar yang dilingkupi medan magnet dari kumparan medan dialiri arus sebesar I, maka akan menghasilkan suatu gaya F dengan besarnya gaya tersebut adalah :

$$F = B I L 1.10^{-1} \text{ dyne} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

B = kepadatan fluks magnet (Gauss)

L = penghantar (cm)

I = arus listrik yang mengalir (Ampere)

Persamaan di atas merupakan prinsip sebuah motor searah, di mana terjadi proses perubahan energi listrik (I) menjadi energi mekanik (F), bila motor DC memiliki jari-jari sepanjang r, maka kopel yang dibangkitkan adalah:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = \dots\dots\dots(2.2)$$

Pada saat gaya F dibandingkan, konduktor bergerak dalam medan magnet dan menimbulkan gaya gerak listrik yang merupakan reaksi lawan terhadap tegangan penyebabnya.

Suatu motor listrik disebut sebagai motor DC jika memerlukan inputan tegangan searah pada kumparan jangkar dan kumparan medan untuk di ubah menjadi energi mekanik. Pada motor DC, kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi energi listrik yang di ubah menjadi energi mekanik berlangsung melalui medium medan magnet. Energi yang akan diubah dari suatu sistem yang lainnya, sementara akan di simpan dalam medium medan magnet untuk kemudian dilepaskan menjadi energi sistem yang lainnya. Dengan demikian, medan magnet berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi dan mengkopel proses pengubah energi.

Dengan mengingat hukum kekekalan energi, proses konversi energi mekanik dapat dinyatakan sebagai berikut : “Energi listrik sebagai input = Energi mekanik sebagai output + Energi yang diubah sebagai panas + Energi yang tersimpan dalam medan magnet”.

Motor DC mempunyai dua bagian dasar yaitu :

1. Bagian diam/tetap (stasioner) yang disebut stator. Stator ini menghasilkan medan magnet, baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektromagnetik) atau magnet permanen. Bagian stator terdiri dari bodi.

motor yang memiliki magnet yang melekat padanya. Untuk motor kecil, magnet tersebut adalah magnet permanen sedangkan untuk motor besar menggunakan elektromagnetik. Kumputan yang dililitkan pada lempeng-lempeng magnet disebut kumputan medan.

2. Bagian berputar (rotor). Rotor ini berupa sebuah koil di mana arus listrik mengalir.

Suatu kumputan motor akan berfungsi apabila mempunyai :

- a. Kumputan medan, berfungsi sebagai penghasil medan magnet.
- b. Kumputan jangkar, berfungsi sebagai pengimbas GGL pada konduktor yang terletak pada laur-alur jangkar.
- c. Celah udara yang memungkinkan berputarnya jangkar dalam medan magnet.

### 2.3.2 Torsi

Torsi adalah putaran dari suatu gaya terhadap suatu poros. Hal ini dapat di ukur dengan hasil kali gaya itu dengan jari-jari lingkaran, di mana gaya itu bekerja. Pada suatu *pulley* dengan jari-jari  $r$  meter bekerja suatu gaya  $F$  Newton yang menyebabkan *pulley* berputar dengan kecepatan  $n$  putaran per detik.

$$\text{Torsi (T)} = F \times r \text{ Newton meter (N-m)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut pada suatu putaran adalah :

$$\begin{aligned} \text{Usaha} &= \text{gaya} \times \text{jarak} \\ &= F \times 2\pi r \dots\dots\dots(2.4) \end{aligned}$$

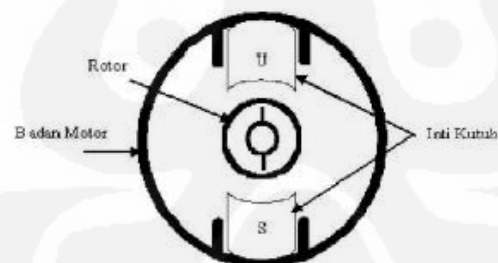
Daya yang dibangkitkan adalah :

$$\text{Daya} = \text{Usaha} \times n \dots\dots\dots(2.5)$$

Motor, sebagai penggerak utama (*primer-mover*) yang paling sering dipakai umumnya akan bekerja optimal (torsi dan kecepatan putaran paling ideal) pada putaran yang relatif tinggi yang hal ini tidak sesuai bila porosnya dihubungkan langsung ke sendi gerak atau roda. Sebab kebanyakan gerakan yang diperlukan pada sisi anggota robot adalah relative lambat namun bertenaga. Salah satu metode yang paling sering digunakan adalah menggunakan sistem *gear* yaitu transmisi *gear* hubungan langsung, transmisi gear hubungan ohmic dan transmisi menggunakan *gear-belt*.

### 2.3.3 Konstruksi Motor DC

Konstruksi dari sebuah motor DC ditunjukkan seperti pada gambar 2.6 di bawah ini. Pada motor arus searah rotornya mempunyai kumparan tidak hanya satu, terdiri kumparan dan komutator yang banyak untuk mendapatkan torsi yang terus menerus. Rotor terdiri dari jangkar yang intinya terbuat dari lempengan-lempengan yang ditakik. Susunan lempengan membentuk celah-celah tersebut dimasuki konduktor kumparan jangkar. Ujung tiap-tiap kumparan dihubungkan pada satu segmen komutator. Tiap segmen merupakan pertemuan dua ujung kumparan yang terhubung.



**Gambar 2.10 Bagian-Bagian Motor DC**

Kumparan penguat dihubungkan seri, jangkar merupakan bagian bergerak yang terbuat dari besi berlaminasi untuk mengurangi rugi-rugi arus Eddy. Kumparan jangkar diletakkan pada slot besi di sebelah luar permukaan jangkar. Pada jangkar terdapat komutator yang berbentuk silinder masing-masing diisolasi. Sisi kumparan dihubungkan dengan segmen komutator pada beberapa bagian yang berbeda, tergantung dari tipe lilitan yang diperlukan.

### 2.3.4 Rugi-rugi dan Efisiensi

Terdapat beberapa rugi-rugi yaitu meliputi rugi medan, rugi-rugi tahanan jangkar dan rugi-rugi putaran. Rugi-rugi dengan presentasi yang rendah terjadi pada mesin-mesin yang besar.

$$\eta = \frac{\text{Daya Input}}{\text{Daya Output}} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\eta = \frac{\text{Daya Input} - \text{rugi-rugi}}{\text{Daya Input}} \dots\dots\dots(2.7)$$

### 2.3.5 Jenis-jenis Motor DC

Berdasarkan sumber arus penguatan magnet, motor DC dapat dibedakan atas :

1. Motor Penguat Permanen.
2. Motor DC penguatan terpisah, bila arus penguatan magnet diperoleh dari sumber DC di luar motor. Motor DC penguat terpisah memiliki kumparan jangkar dan kumparan medan yang di catu dari sumber yang berbeda. Pengaturan kecepatan dilakukan melalui pengaturan tegangan pada kumparan jangkar.
3. Motor DC dengan penguatan sendiri, bila arus penguatan magnet berasal dari motor itu sendiri. Sedangkan menurut Konstruksinya terdapat tiga jenis motor DC, yaitu :

#### 1. Motor DC Shunt

Motor DC shunt memiliki kumparan medan yang dihubungkan secara paralel dengan kumparan jangkar. Kondisi ini akan banyak menghasilkan kecepatan yang pengaturan tegangan secara stabil dengan torsi yang hanya tergantung pada besarnya arus jangkar dan pengaturan tahanan yang dihubungkan seri dengan kumparan jangkar, tetapi cara ini kurang baik sebab rugi-rugi daya pada r akan tergantung pada kecepatan dan torsi beban.

## 2. Motor DC Seri

Motor DC seri mempunyai medan penguat yang dihubungkan seri dengan medan jangkar. Arus jangkar lebih besar daripada arus jangkar pada motor jenis shunt dan jumlah kumparan N, lebih sedikit. Tahanan pada motor DC seri lebih kecil karena tahanan itu sendiri merupakan bagian dari jumlah lilitan yang sedikit. Kecepatan motor dapat diatur melalui pengaturan catu, motor yang digunakan pada simulasi ini adalah motor gearbox yang termasuk ke dalam motor dc seri.

## 3. Motor Kompond

Motor ini merupakan gabungan dari sifat-sifat dari motor DC shunt dan motor DC seri, tergantung mana yang lebih kuat lilitannya, umumnya motor jenis ini memiliki momen start yang lebih besar seperti motor DC seri. Perubahan kecepatan sekitar 25% terhadap kecepatan tanpa beban. Motor ini dibagi menjadi 2 jenis yaitu motor kompond panjang dan motor kompond pendek.

### **2.4 Driver motor menggunakan IC L298N**

IC L298N adalah IC yang digunakan sebagai driver penggerak motor. Agar motor dapat bergerak harus menggunakan rangkaian yang dinamakan *driver* motor. Untuk alat ini digunakan *driver* motor dengan menggunakan IC L298N. IC L298N memiliki kemampuan sampai 15 Watt, tegangan maksimum mencapai 46 Volt, dapat beroperasi dengan arus yang besar (4A). *Driver* motor dengan menggunakan IC L298N ini digunakan untuk menggerakkan bus karena memiliki arus yang cukup besar dan cukup untuk menggerakkan motor *gear box* pada *bus*. IC ini di desain untuk menerima logika TTL dan dapat mengendalikan beban induktif seperti relay, solenoid, motor dc dan motor stepper. Dua input kaki *enable* dapat diberikan logika *high* atau *low* tergantung dari input yang diberikan. Di dalam IC ini terdapat rangkaian transistor yang dirangkai secara *bridge*. Fungsi rangkaian ini sebagai *external sensing resistor*.

Inputs		Function
$V_{en} = H$	$C = H ; D = L$	Forward
	$C = L ; D = H$	Reverse
	$C = D$	Fast Motor Stop
$V_{en} = L$	$C = X ; D = X$	Free Running Motor Stop

L = Low

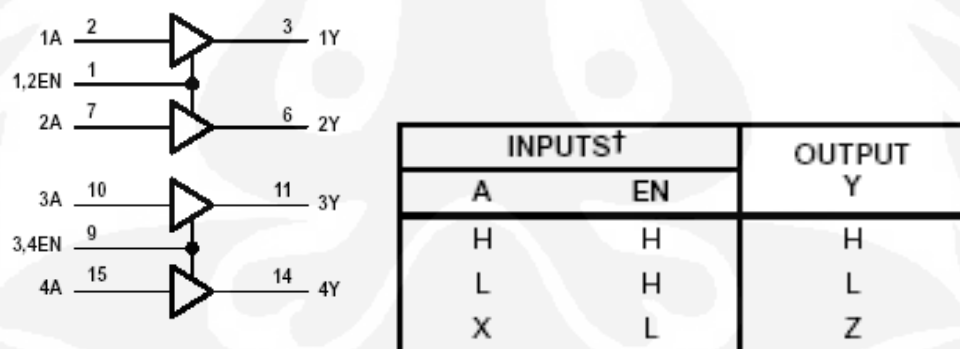
H = High

X = Don'tcare

**Gambar 2.11 IC L298N dan fungsi masukan**

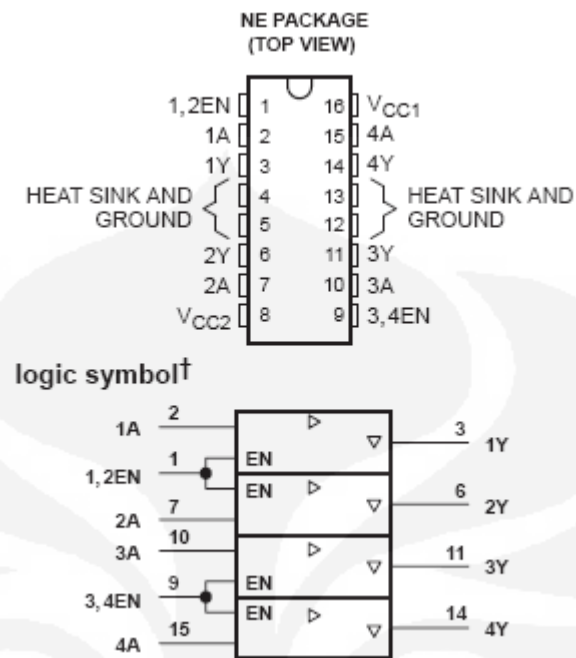
Bila kaki *enable* diberi logika *high*, kaki c diberi logika *high* dan kaki d diberi logika *low* maka motor akan bergerak maju dan sebaliknya. Namun bila kaki c dan kaki d diberi logika yang sama maka motor akan berhenti.

Bila kaki *enable* diberi logika *low* maka motor tidak akan bergerak walaupun input pada kaki c atau d diberi kondisi *high*. IC *driver* motor ini dapat menghantarkan arus hingga 1A pada tegangan 4.5V sampai 36V. Kaki 1 dan 9 merupakan *enable* yang dapat beri kondisi *high* Untuk *logic* keluarannya dapat di lihat pada tabel berikut:



**Gambar 2.12 IC L298N Diagram logika**

## 2.5 Driver motor menggunakan IC L293D



**Gambar 2.13 IC L293D**

IC L293D adalah IC yang digunakan sebagai driver penggerak motor yang memiliki kapasitas arus yang lebih kecil. Pada perancangan *driver* motor digunakan IC L293D karena motor yang digunakan memiliki arus yang tidak terlalu besar, jadi L293D dapat dimanfaatkan dengan baik. Untuk *pin port* dimasukkan ke PB1 dan PB2 karena untuk *logiknya* diatur dengan mikrokontroler. *Driver* ini digunakan untuk motor yang ditempatkan di pintu bus ini dikarenakan motornya yang berukuran kecil dan tidak memerlukan arus yang cukup besar.

## 2.6 RFID (Radio Frequency Identification)

**RFID** atau **Identifikasi Frekuensi Radio** adalah sebuah metode identifikasi dengan menggunakan sarana yang disebut label RFID atau transponder untuk menyimpan dan mengambil data jarak jauh.

### 2.6.1 Inductive Coupled RFID Tag dan Capacitive Coupled RFID Tag [3]

*Inductive Coupled* RFID tag terdiri dari dua jenis yaitu yang aktif (yang menggunakan baterai) dan pasif tidak menggunakan baterai, yang tidak menggunakan baterai hanya dapat dibaca saja, sedangkan yang menggunakan baterai dapat dibaca dan ditulis, baik untuk menambah data maupun menghapusnya.

Bahan yang digunakan untuk membuat *inductive coupled RFID tag* terdiri dari bahan-bahan sebagai berikut :

*Silicon Microprocessor*

*Silicon microprocessor* adalah sebuah *chip* yang terletak dalam sebuah *tag* yang berfungsi sebagai penyimpan data.

*Metal Coil*

*Metal coil* merupakan komponen yang terbuat dari kawat aluminium yang berfungsi sebagai antena dan beroperasi pada frekuensi 13,56 MHz. Jika sebuah *tag* masuk ke dalam jangkauan *reader* maka antena ini akan mengirimkan data yang ada pada *tag* kepada *reader* terdekat.

*Encapsulating Material*

*Encapsulating Material* adalah bahan yang membungkus *tag* yang terbuat dari bahan kaca.

*Capacitive Coupled RFID Tag*

Secara struktur *Capacitive Coupled RFID tag* tidak berubah, tetapi bahan dan ukurannya berubah dengan maksud untuk menekan biaya produksi. *Capacitive coupled RFID tag* terdiri dari bahan sebagai berikut :

*Silicon Microprocessor*

Ukuran dalam *capacitive RFID silicon microprocessor*-nya ( $3\text{mm}^2$ ) lebih kecil dari pada ukuran *inductive RFID*. *Microprocessor* ini dapat menyimpan data sebesar 96-bit, yang mampu menyimpan jutaan angka sekaligus sebagai kode.

*Conductive Carbon Ink*

*Conductive Carbon Ink* adalah tinta karbon yang memiliki sifat dapat menghantarkan listrik. Tinta inilah yang berfungsi sebagai antena. Tinta ini dicetak di atas sebuah kertas yang melapisi *silicon microprocessor*.

Kertas

Kertas inilah yang melapisi *microprocessor* dan tempat tinta dicetak. Penggunaan bahan kertas menjadikan label jenis ini mudah dihancurkan bila sudah tidak dipakai.



## 2.6.2 Komponen RFID Tag

*Radio Frequency ID* terdiri dari tiga komponen sebagai berikut .

RFID *Tag* atau *tranponder*, yang menampung identifikasi data obyek.

RFID *tag reader* atau *transceiver* yang berfungsi untuk membaca dan menulis data *tag*.

*Server database* menyimpan kumpulan *record* isi dari *tag*.

### 2.6.2.1 Tag

Tag atau kartu RFID adalah sebuah benda yang bisa dipasang atau dimasukkan di dalam sebuah produk dengan tujuan untuk identifikasi menggunakan gelombang radio. Label RFID terdiri atas mikrochip [silikon](#) dan [antena](#). *Tag* (kartu/label) secara fisik ditempelkan pada barang. *Tag* tersusun dari *microchip* yang berfungsi untuk menyimpan dan komputasi, yang disatukan dengan lilitan antena yang berfungsi untuk komunikasi. Pada Gambar 2.14 terlihat bagian bagian *tag* RFID.



**Gambar 2.14 Bagian-bagian Tag RFID**



**Gambar 2.15 ISO Card Tag 18**

Menurut klasifikasi *tag* dibedakan menjadi tiga yaitu : aktif, semi-pasif dan pasif.

*Tag* aktif mempunyai sumber tenaga seperti baterai dan dapat dilakukan komunikasi untuk dibaca dan ditulis.

*Tag* semi-pasif mempunyai baterai tetapi hanya dapat merespon transmisi yang datang (*incoming transmissions*).

*Tag* pasif menerima tenaga dari *reader*, antena yang akan menjadi sumber tenaga dengan memanfaatkan medan magnet yang ditimbulkan dari pembaca (*reader*).

Pada Tabel 3. terlihat klasifikasi *tag*.

**Tabel 2.7 Klasifikasi *tag***

	<b>Pasif</b>	<b>Semi-pasif</b>	<b>Aktif</b>
Sumber daya	Pasif	Baterai	Baterai
Transmitter	Pasif	Pasif	Aktif
Jangkauan Maksimal	10 meter	100 meter	1000 meter

#### **2.6.2.2 Tag Reader**

*Tag reader* berfungsi untuk membaca data yang ada pada *tag* melewati RF *interface*. Untuk menambah fungsi *reader* dilengkapi dengan *internal storage*, dan aplikasi perangkat lunak untuk menyimpan data pada *server database*. Pada prakteknya *tag reader* dapat berupa perangkat keras yang terletak pada suatu tempat yang tetap. Pada aplikasinya *tag reader* dapat membaca sendiri *tag* yang dideteksi (*smart self*). *Tag reader smart self* dapat mendeteksi ketika ada penambahan *tag* atau ada *tag* yang keluar. Pada dasarnya *tag reader* merupakan suatu peralatan yang sederhana dan dapat digabungkan kedalam perlengkapan *mobile* seperti telepon selular atau PDAs. Saluran (*channel*) dari *reader* ke *tag* disebut dengan saluran *forward* (*forward channel*), saluran dari *tag* ke *reader* disebut dengan saluran *backward* (*backward channel*).[4]

### 2.6.3 Cara Kerja RFID

Telah dijelaskan bahwa *tag* ada yang memiliki sumber listrik sendiri dan ada yang tidak. Cara kerja untuk *tag* yang tidak memiliki energi antenanya yang mengambil tenaga dari *reader* akan memodulasi medan magnet untuk berkomunikasi mengirim data ke *reader*. Data yang diterima *reader* akan diteruskan menuju *host* mikrokontroler. Data yang masuk pada mikrokontroler akan diolah sesuai dengan program aplikasi yang ada di komputer. *Reader* yang digunakan oleh RFID memiliki bagian antena yang berfungsi untuk menyalurkan frekuensi. *RF module* yang mengatur frekuensi dan *control module* memproses data.

### 2.6.4 Frekuensi RFID

RFID beroperasi pada frekuensi *Industrial-Scientific-Medical (ISM) band*, bebas untuk daya yang rendah dan sistem jarak pendek. *Band* ini ditentukan oleh *International Telecommunication Union (ITU)*.

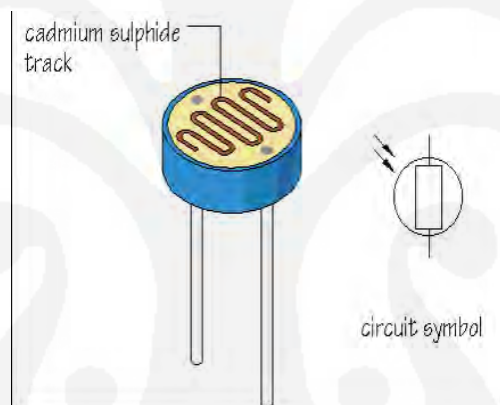
**Tabel 2.8** Daftar frekuensi yang digunakan pada *smart label*

Frekuensi	Klasifikasi
5.8 GHz <i>Europe toll standard</i>	<i>Very High Frequency</i>
2.45 GHz 900 MHz <i>US toll standard</i>	
13.56 MHz <i>Smart cards</i>	<i>High Frequency</i>
<i>Smart labels</i>	
125 – 134 kHz LF/ <i>passive tags</i> <i>Livestock. Auto anti-theif</i>	<i>Low Frequency</i>

### 2.6.5 Kegunaan RFID

*Auto-ID* sistem RFID mempunyai kelebihan dapat membaca 100 *tag* tiap detik , dengan jangkauan pembacaan antara 10 m sampai dengan 100 meter, dapat membaca *tag* yang terhalang bahan non konduktor (kertas, karton, kardus) tanpa mempertimbangkan arah pembacaan. Dengan mempunyai kelebihan seperti di atas, *tag* RFID dapat digunakan untuk pemberian label pada inventori di pabrik, perpustakaan, toko, atau bahkan dapat digunakan untuk memberi ID pada hewan ternak. Tetapi penggunaan RFID pada Automatisasi Simulasi *Bus Way* ini menggunakan *Taq 18 smart label* yang memiliki klasifikasi *Low Frequency* mempunyai daya batas baca 18-24 cm yang digunakan pada setiap stasiun

### 2.7 Light Dependent Resistor ( LDR )



Gambar 2.13 *Light Dependent Resistor* (LDR)

*Light Dependent Resistor* (LDR) atau fotoresistor adalah komponen elektronika yang resistansinya akan menurun jika ada perubahan intensitas cahaya yang mengenainya. Fotoresistor dapat merujuk pula pada *Light Dependent Resistor* (LDR), atau fotokonduktor. Fotoresistor dibuat dari semikonduktor beresistansi tinggi tinggi., foton yang diserap oleh semi konduktor akan menyebabkan elektron memiliki energi yang cukup untuk meloncat ke pita konduksi. Elektron bebas yang dihasilkan (dan pasangan lubangnya) akan mengalirkan listrik, sehingga menurunkan resistansinya.

### 2.7.1 Cadmium Sulphide Cells ( CdS )

*Cadmium Sulphide Cells (CdS)* merupakan bahan pembuat *LDR* di mana bahan tersebut resistansinya tergantung dari cahaya yang di terima, bahan ini memiliki batas resistansinya kurang dari 100 ohm pada cahaya terang dan 10 Mohm pada cahaya gelap, selain itu bahan ini memiliki sensitifitas pada daerah 500nm-600nm.

### 2.8 Optocoupler

Optocoupler adalah suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu transmitter dan receiver yang merupakan komponen penggandeng (*coupling*) antara rangkaian input dengan rangkaian output yang menggunakan media cahaya (*opto*) sebagai penghubung. Komponen ini sebenarnya termasuk keluarga *Switch ON/OFF* juga. Namun, karena digunakan secara khusus dengan memanfaatkan transmisi cahaya, baik cahaya "putih" (*visible light*) maupun cahaya infra merah sebagai pemicu ON/OFF-nya maka Infra Red ini dimasukkan dalam kelompok *switch* yang khusus, pada tugas akhir ini menggunakan dua tipe optocoupler yaitu jenis U dan pantul.

### 2.9 Limit Switch



**Gambar 2.17 Limit Switch**

*Limit switch* adalah saklar yang digunakan untuk membatasi hubungan berpakontak mekanik dan program yang dioperasikan baik secara otomatis maupun manual. *Limit switch* yang bekerja secara otomatis adalah jenis *limit switch* yang tidak mempertahankan kontak, sedangkan *limit switch* yang bekerja manual adalah *limit switch* yang mempertahankan kontak. Di sini berfungsi sebagai ada atau tidaknya objek pada lokasi tertentu yang ditempatkan di pintu mobil sebagai pembatas putaran motor.

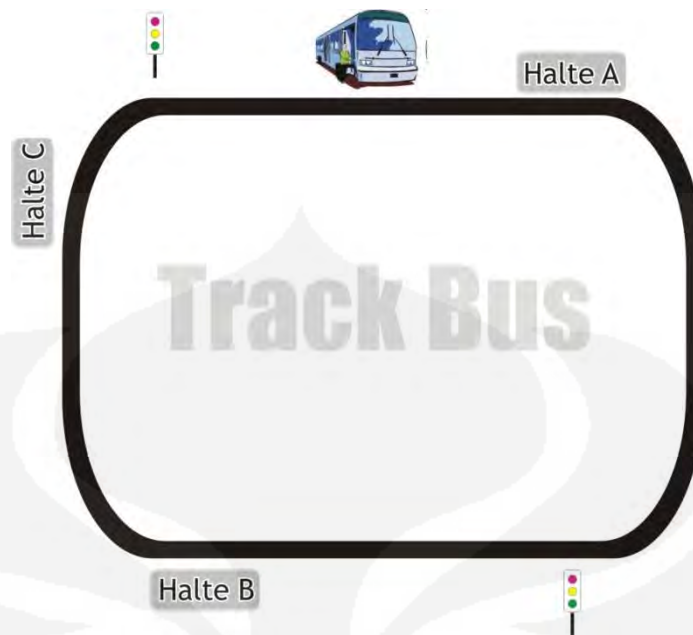
## **BAB III**

### **PERANCANGAN SISTEM**

Secara keseluruhan sistem ini dibagi menjadi dua bagian yaitu sistem yang berada di bus dengan sistem yang berada di luar bus untuk mengatur perjalanan bus tersebut secara otomatis. Dari ke dua sistem tersebut di bagi lagi terutama sistem yang berada di bus karena sistem di dalam bus terbagi menjadi beberapa sub sistem bus, yang melibatkan hubungan antara sensor-sensor serta motor yang di control oleh mikrokontroler AVR ATmega 8535, untuk menjalankan sistem yang ada di dalam bus secara keseluruhan.

Keseluruhan sistem di dalam bus secara garis besar terbagi menjadi 3 sub sistem, yaitu sistem 1 proses jalan lurus, sistem 2 proses pemberhentian bus, sistem 3 proses belokkan bus, ketiga proses tersebut saling berhubungan sehingga dari ke tiga proses tersebut, akan dapat mengatur proses perjalanan bus secara otomatis yang mengatur kinerja dari sensor-sensor dan motor-motor, sistem 1 dan sistem 3 saling berhubungan satu dengan yang lain, sedangkan sistem 2 mempengaruhi kinerja dari sistem 1 dan sistem 3.

Pada sistem 1 proses pemberhentian jalan lurus, sensor yang bekerja adalah LDR dan motor yang bekerja adalah motor dc belakang yang di olah oleh mikrokontroler. Pada sistem 2 proses pemberhentian bus, sensor yang bekerja adalah RFID yang berfungsi untuk mendeteksi adanya halte, optocoupler pantul yang berfungsi sebagai proses penghitungan jumlah penumpang, limit switch yang di tempatkan di kiri dan kanan bus, serta motor dc pintu yang semuanya di olah mikrokontroler proses-proses tersebut semuanya di tampilkan di LCD. Pada sistem ke 2 proses pemberhentian bus, sensor yang bekerja adalah 2 dari 3 sensor LDR baik yang tengah kanan, maupun yang tengah kiri, serta Optocoupler U yang berfungsi sebagai rotary encoder, penghitungan pulsa untuk proses belokkannya yang semuanya di olah oleh mikrokontroler semuanya di tampilkan di LCD.

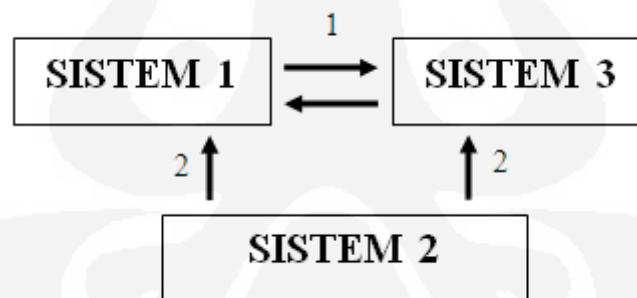


**Gambar 3.1 Sistem Pengaturan Jalur Bus**

### 3.1 Blok Diagram Sistem

#### 3.1.1 Sistem di dalam Bus

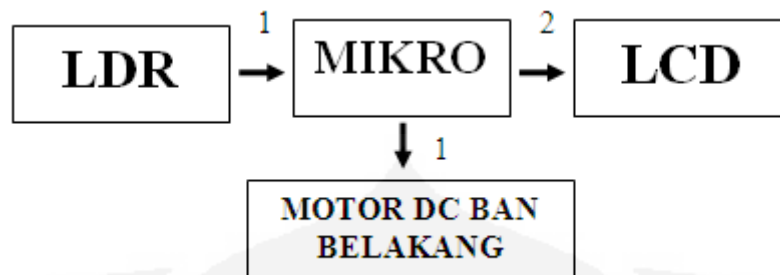
##### 3.1.1.1 Penggabungan sistem di dalam bus



**Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem di dalam bus**

Sistem di dalam bus secara keseluruhan terbagi menjadi 3 sistem besar yaitu sistem jalan lurus, sistem pemberhentian bus, dan sistem belokkan bus, di mana ke 3 sistem tersebut saling mempengaruhi, sistem 1 dan sistem 3 saling bekerja dalam pengaturan jalannya bus, sedangkan sistem 2 melakukan proses pemberhentian bus yang akan mempengaruhi kerja dari sistem 1 dan 3, yang menyebabkan bus berhenti, tetapi sistem 1 dan sistem 3 tidak dapat mempengaruhi kerja dari sistem 2.

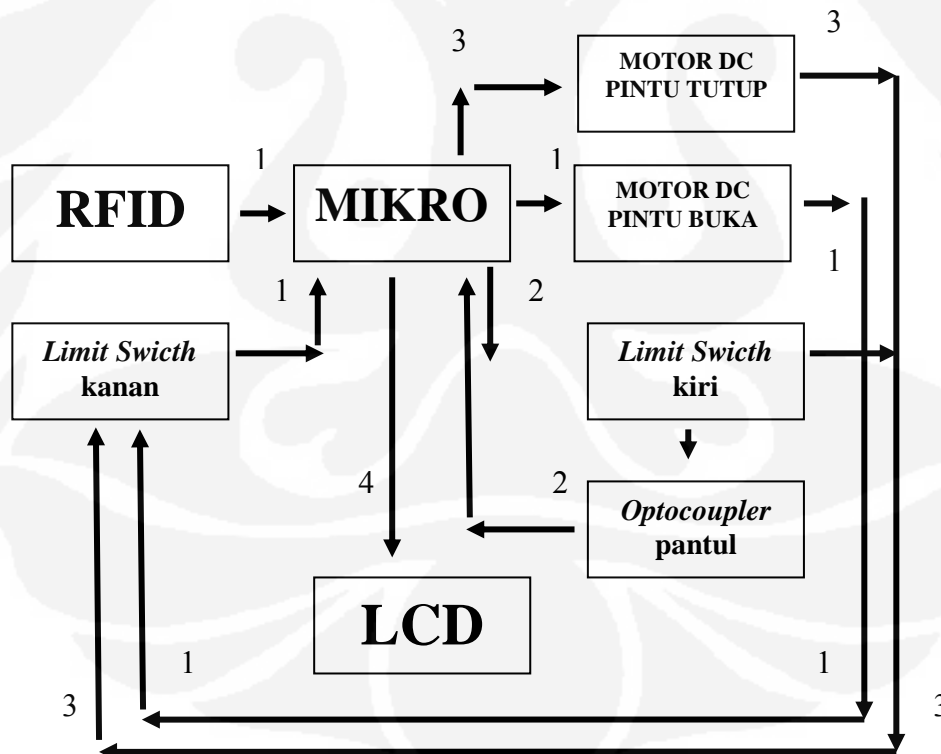
### 3.1.1.2 Sistem 1 Proses Jalan Lurus



Gambar 3.3 Diagram Blok Proses Jalan Lurus

Pada sistem 1 proses jalan lurus, ketika sensor LDR yang di tempatkan di tengah mendeteksi adanya garis maka akan di kelola oleh mikro untuk menjalankan motor DC yang di tempatkan di belakang bus yang di tunjukkan pada alur 1, yang kemudian akan di displaykan oleh LCD bahwa bus sedang dalam keadaan jalan lurus yang di tunjukkan apada alur 2.

### 3.1.1.3 Sistem 2 Proses pemberhentian Bus

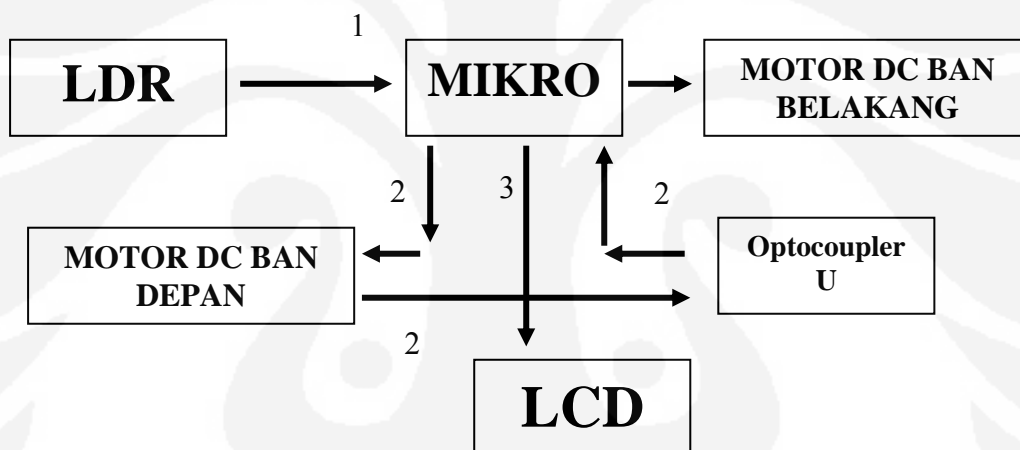


Gambar 3.4 Diagram Blok Proses Pemberhentian Bus



Pada sistem 2 proses pemberhentian bus, ketika RFID mendeteksi adanya *iso card* pada setiap halte maka, akan memberi perintah ke mikro, lalu mikro akan menjalankan motor dc pintu sampai terkena limit switch kiri yang di tunjukan oleh alur 1, setelah limit swicth kiri aktif maka akan memberi sinyal ke mikro untuk melakukan proses *delay* beberapa saat, sampai *optocoupler* pantul selesai melakukan proses *counter* penumpang di tunjukan pada alur 2, dan memberi sinyal ke mikro untuk menjalankan motor dc pintu dengan arah yang berlawanan dari sebelumnya, sehingga pintu bus tertutup, dan mengenai *limit switch* kanan, setelah *limit switch* kanan aktif maka akan memberi sinyal ke mikro bahwa bus telah siap untuk di berangkatkan kembali ditunjukkan pada alur 3, dan semua prosesnya di tampilkan di LCD, yang di kirim dari mikro yang di tunjukan pada alur 4.

#### 3.1.1.4 Sistem 3 Proses Belokkan Bus



**Gambar 3.5 Diagram Blok Proses Belokkan Bus**

Pada sistem 3 proses belokkan bus, sistem 3 adalah lanjutan dari sistem 1 proses jalan lurus pada alur 1 tetapi ketika 2 diantara 3 sensor LDR mendeteksi adanya garis, lalu memberi sinyal ke mikro bahwa jalan berbelok, dan menggerakkan motor depan, dan langsung mengaktifkan *Optocoupler* U dan memberi sinyal ke mikro seberapa tajam belokkannya yang di tunjukan pada alur 2, sampai nantinya LDR hanya mendeksi satu sensor di garis lintasan dan kembali ke sistem 1 dan semua prosesnya di tampilkan di LCD, yang di kirim dari mikro yang di tunjukan pada alur 3.

### 3.1.2 Sistem di luar Bus



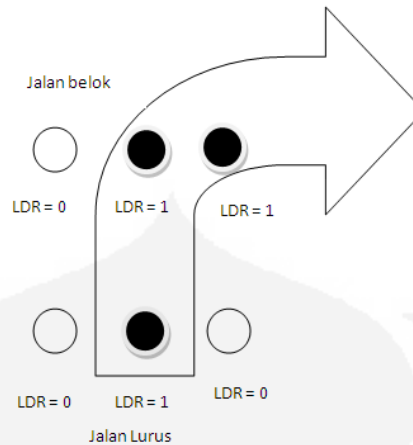
**Gambar 3.6 Diagram Blok Sistem di luar bus**

Sistem di luar bus ini untuk proses *traffic light* yang ada agar perjalanan bus tidak terganggu, ketika sensor *optocoupler* pantul mendeteksi adanya bus lewat dalam radius yang telah di tentukan maka, *traffic light* yang di lewati bus tersebut akan memberikan lampu hijau, yang menandakan bus terus jalan, dan jalur yang lain akan memberikan lampu merah, yang akan menstop dari berbagai arah sehingga proses perjalanan bus tidak terganggu.

Pada sistem pengontrolan jalur bus pemantauan perangkat kerasnya berupa, RFID, LDR, *Optocoupler*, *display LCD*, dan motor penggerak yang semuanya diintegrasikan pada minimum sistem dengan menggunakan *software* yang dihubungkan ke mikrokontroler ATmega 8535.

Sistem kontrol jalur *bus* dengan menggunakan mikrokontroller memiliki tahapan-tahapan sebagai berikut:

Sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) akan memandu perjalanan bus agar selalu berada pada *line tracking* yang telah dibuat supaya bus tetap berada pada jalurnya dengan cara mendeteksi pantulan cahaya yang berasal dari LED yang kemudian ditangkap oleh LDR, dengan menggunakan tiga buah sensor LDR yang ditempatkan berbaris yang berada di kanan untuk mendeteksi jalur yang berada di kanan, dan di kiri untuk mendeteksi jalur yang berada di kiri juga tengah untuk mendeteksi jalur yang lurus. *Line Tracking* dibuat buat berwarna hitam dan latar lapangan untuk lintasan berwarna putih sehingga sensor LDR dapat lebih mudah mendeteksi pantulan di mana bila terkena latar berwarna putih cahaya akan dipantulkan dan LDR dan indikator akan memberikan logika nol tetapi jika terkena *line tracking* yang berwarna hitam maka indikator pada rangkaian LDR akan memberikan logika satu yang kemudian di baca ke mikro yang nantinya akan diprogram untuk menggerakkan motor pada bus sehingga bus dapat berjalan pada jalurnya.



**Gambar 3.7 Peletakkan Sensor LDR**

RFID (*Radio Frequency Identification*) yang ditempatkan dalam *bus* dan *Iso Card* seri *Taq 18* yang ditempatkan di setiap halte berfungsi sebagai *transmitter* untuk memberi tahu bahwa ada stasiun pemberhentian yang nantinya bus tersebut mengetahui telah sampai di stasiun A, B, atau C . Setelah RFID mendeteksi adanya *Iso Card* maka RFID akan mematikan sensor LDR yang ada di bus sehingga nantinya bus tersebut akan berhenti di setiap halte dan mendisplaykannya di LCD bahwa telah sampai pada salah satu stasiun tertentu, sehingga bus tersebut tidak salah mengetahui telah sampai di stasiun mana berhenti, barulah motor yang terdapat di pintu berputar untuk buka tutup pintu lalu meneruskan perjalanan kembali.

*Driver* Motor IC L293D dan IC L298N digunakan pada simulasi ini digunakan untuk mengatur pergerakan motor baik untuk perjalanan bus maupun untuk mengatur buka tutupnya pintu bus.

Rangkaian *Optocoupler* digunakan sebagai proses *counter* penumpang dalam menentukan banyak sedikitnya penumpang yang ada di dalam bus sebelum bus tersebut melanjutkan perjalanan, setelah bus tersebut kurang sama dengan jumlah penumpang yang di tentukan dalam program dan dalam waktu yang telah di tentukan maka bus akan meneruskan perjalanannya.

Rangkaian *Optocoupler* ini digunakan sebagai *switch* pada proses meng-ON kan *Traffic Light* pada jalur yang dilalui bus sehingga lampu pada *traffic light* berwarna hijau dan meng-OFF kan jalur lain sehingga *traffic light* berwarna merah sehingga dianggap tidak terjadi tabrakan ataupun hambatan sehingga bus tersebut dapat berjalan dengan lancar. Rangkaian ini berupa *transmitter* dan *receiver* yang ditempatkan pada tempat yang berbeda setelah sinyal *infra red* dipantulkan dan ditangkap oleh *receiver* karena adanya bus yang lewat maka dari *receiver* tersebut akan diolah oleh mikrokontroller, dan dari mikrokontroller akan diteruskan untuk mengatur *traffic light*.

### 3.2 Diagram Alir Sistem di Dalam Bus

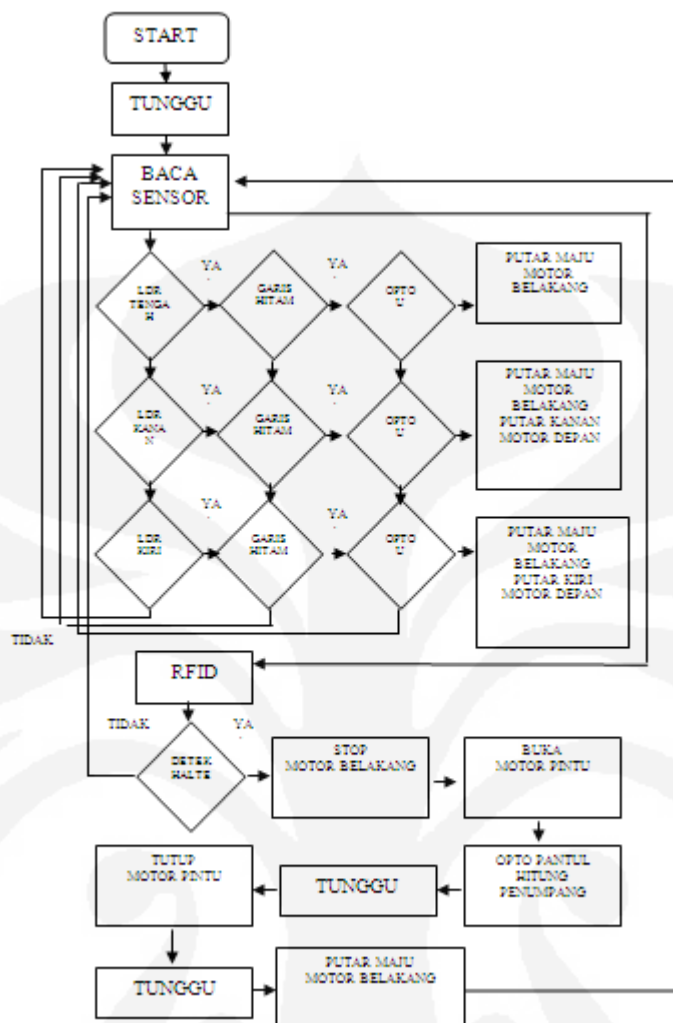


Diagram alir sistem yang ada di dalam bus yaitu ketika start sistem akan menunggu sampai baca sensor, ketika LDR yang tengah mendeteksi garis maka motor belakang akan berputar, tetapi ketika 2 dari 3 LDR mendeteksi adanya garis maka akan memutar motor belakang dan motor depan sehingga terjadi belokkan kanan dan kiri, jika LDR tidak mendeteksi adanya garis maka ia akan menunggu, sedangkan Untuk RFID ketika mendeteksi halte maka sistem akan memberhentikan motor belakang dan melakukan proses buka pintu sampai proses penghitungan penumpang selesai maka ia akan menutup pintu itu kembali, lalu menjalankan motor belakang, tetapi jika RFID tidak mendeteksi halte maka ia akan menunggu sampai sensor terbaca lagi, sistem di atas terjadi proses *looping* secara terus menerus.

### 3.3 Diagram Alir Sistem di Luar Bus

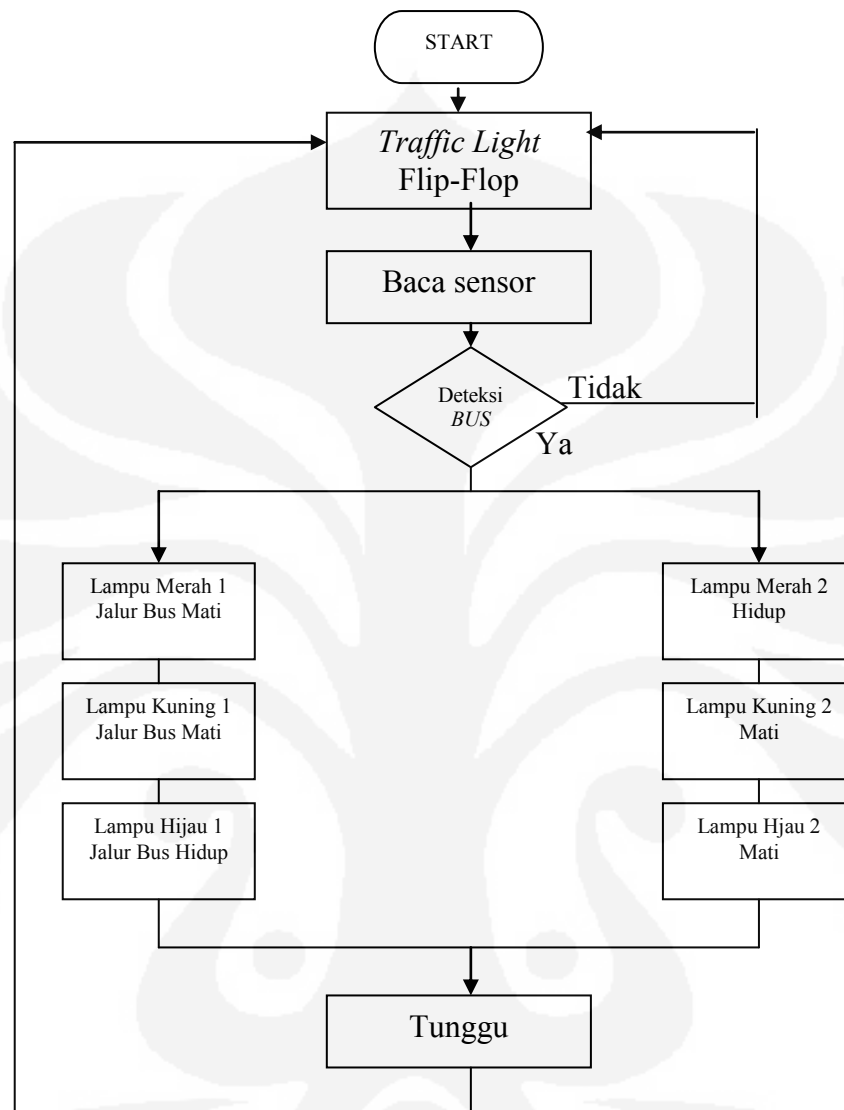


Diagram Alir Sistem di Luar yaitu proses pengaturan *traffic light*, pertama *start* kondisi *traffic light* di anggap pada kondisi flip-flop sampai melakukan proses baca sensor ketika sensor mendeteksi ada Bus maka maka Lampu Hijau pada jalur bus akan hidup sedangkan pada jalur yang lain lampu hijaunya akan mati, setelah itu menunggu dan terjadi lah proses looping di program, tetapi jika tidak mendeteksi adanya bus maka *traffic light* akan terus berada pada kondisi flip-flop.

### 3.4 PERANCANGAN PERANGKAT KERAS (HARDWARE)

Rancangan minimum sistem mikrokontroler ATmega 8535

Rancangan *driver* motor L293D

Rancangan *driver* motor L298N

Rancangan *driver* Infra Red

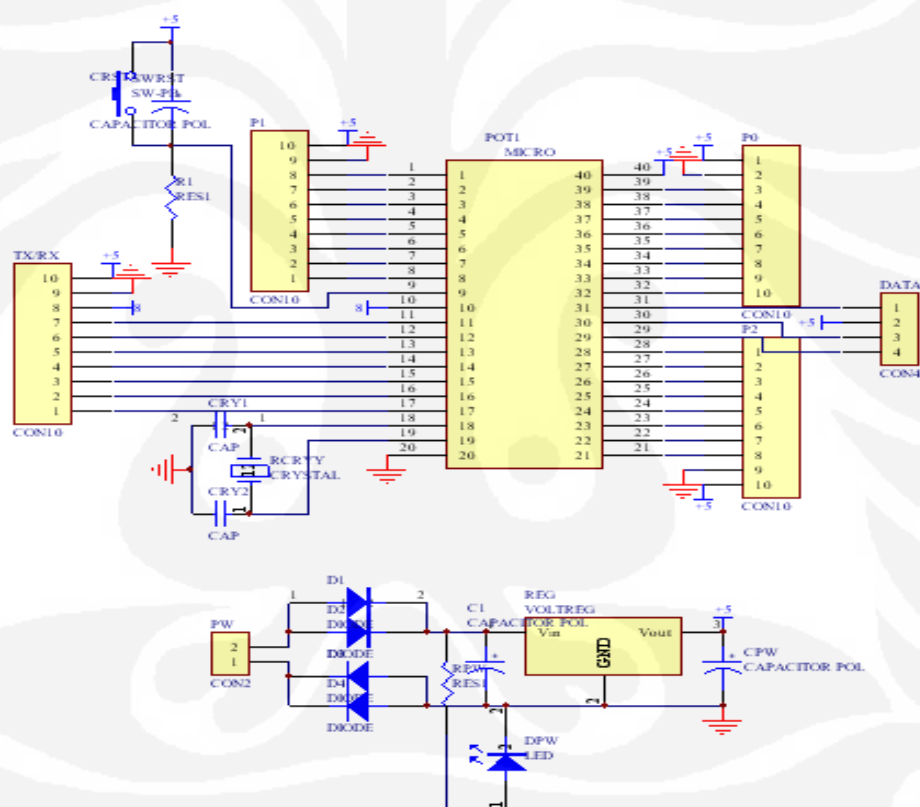
Rancangan *driver* RFID

Rancangan *driver* Ultrasonik

Rancangan *driver* LDR

Rancangan Mekanik

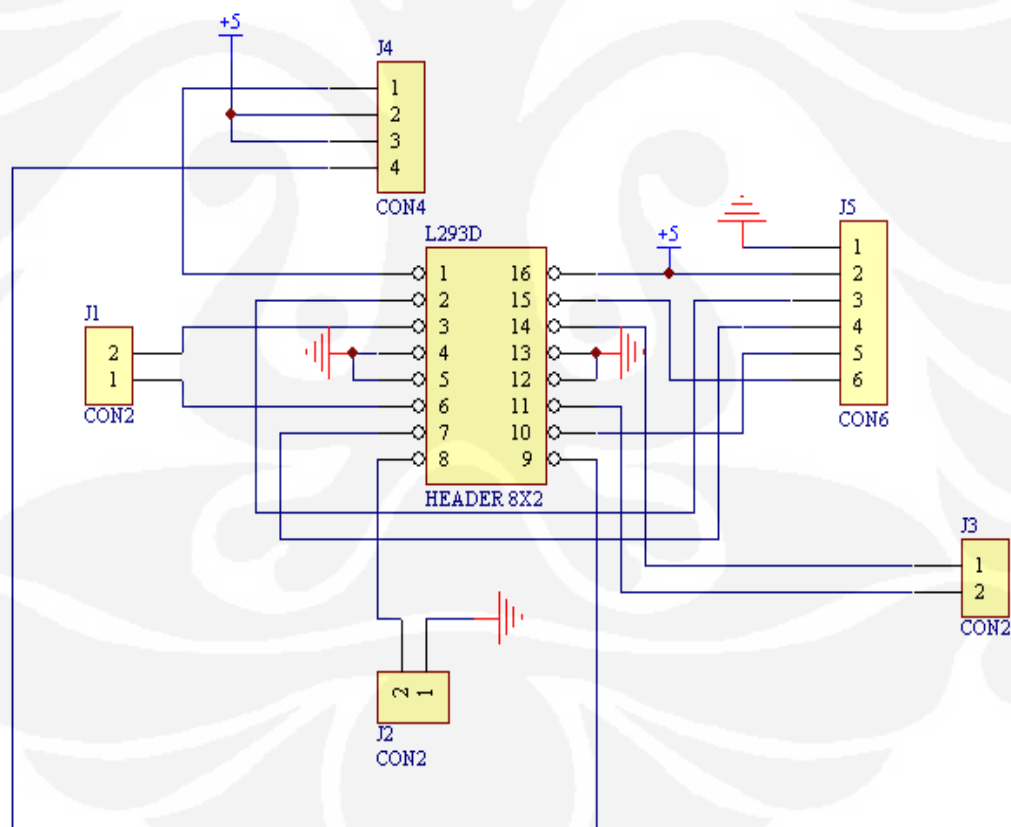
#### 3.4.1 Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega 8535



Gambar 3.8 Rangkaian sistem minimum ATmega 8535

Gambar di atas merupakan skematik sistem minimum mikrokontroller **ATMega 8535** sebagai penyimpan program dan pengatur kerja rangkaian yang lain di dalam *bus* yang telah di lengkapi dengan regulator LM 7805 sehingga dapat meregulasi tegangan yang masuk ke dalam rangkaian. Sistem minimum ini terdiri dari 4 port yang dapat digunakan, tetapi port 0 tidak dapat digunakan untuk sensor-sensor, sensor-sensor hanya dapat digunakan pada port 1,2, dan 3 karena port-port ini bebas dan langsung terhubung ke IC **ATMega 8535** sehingga tidak ada masalah dalam mengontrol sistem kerja sensor-sensor pada *bus*, tetapi port 0 dapat digunakan untuk keperluan yang lain seperti untuk display LCD. Fasilitas TX dan RX yang terdapat pada sistem minimum yang terdapat pada ATMEL 89S52 ini yang nantinya akan digunakan untuk receiver RFID sebagai inputan ke sistem minimum **ATMega 8535** untuk mendeteksi adanya halte yang telah ditempatkan *Iso Card TAQ 18*

### 3.4.2 Rancangan *driver* motor menggunakan IC L293D

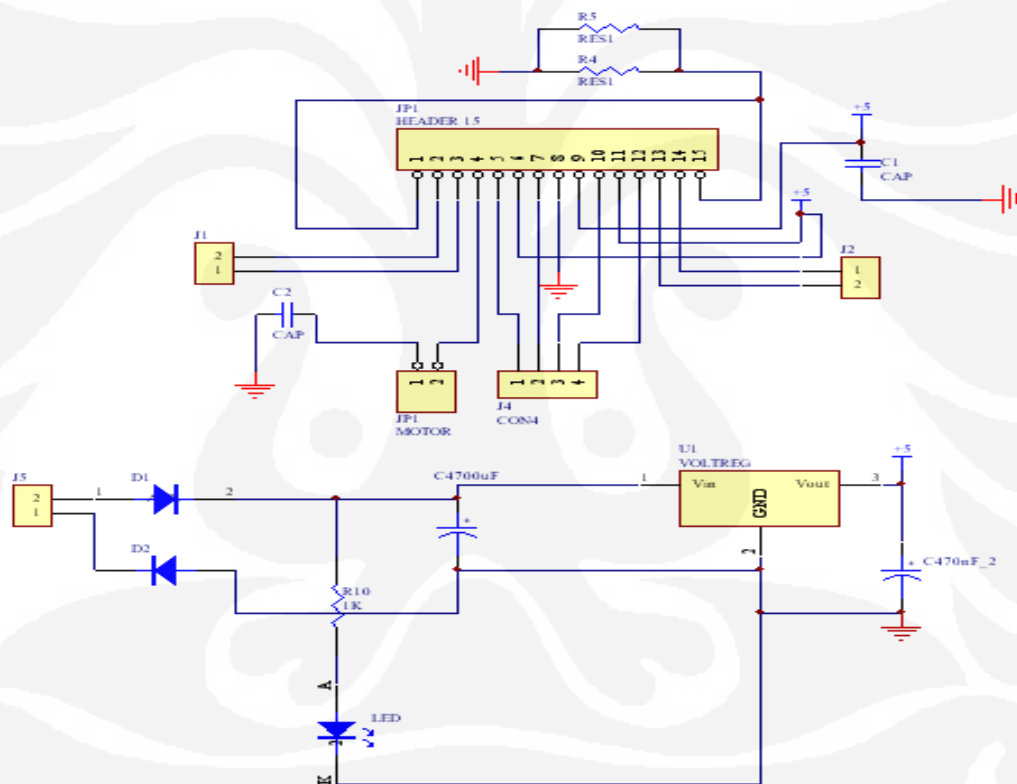


**Gambar 3.9 Rangkaian *driver* motor L293D**



Gambar skematik di atas merupakan driver motor dengan menggunakan IC L293D, dengan memberikan suplai 5 volt dari sistem minimum ATmega 8535 dan 12 volt untuk motor *gear box*. Dari skematik di atas kita dapat mengatur putaran 2 buah motor baik berputar searah jarum jam atau kebalikannya, tetapi di sini hanya digunakan satu baik searah atau pun kebalikannya, driver ini digunakan untuk memutar motor gear box yang di tempatkan di pintu bus yang berfungsi membuka dan menutup karena gear box yang digunakan kecil dan memerlukan arus yang kecil pula sehingga digunakan rangkaian driver motor menggunakan L293D

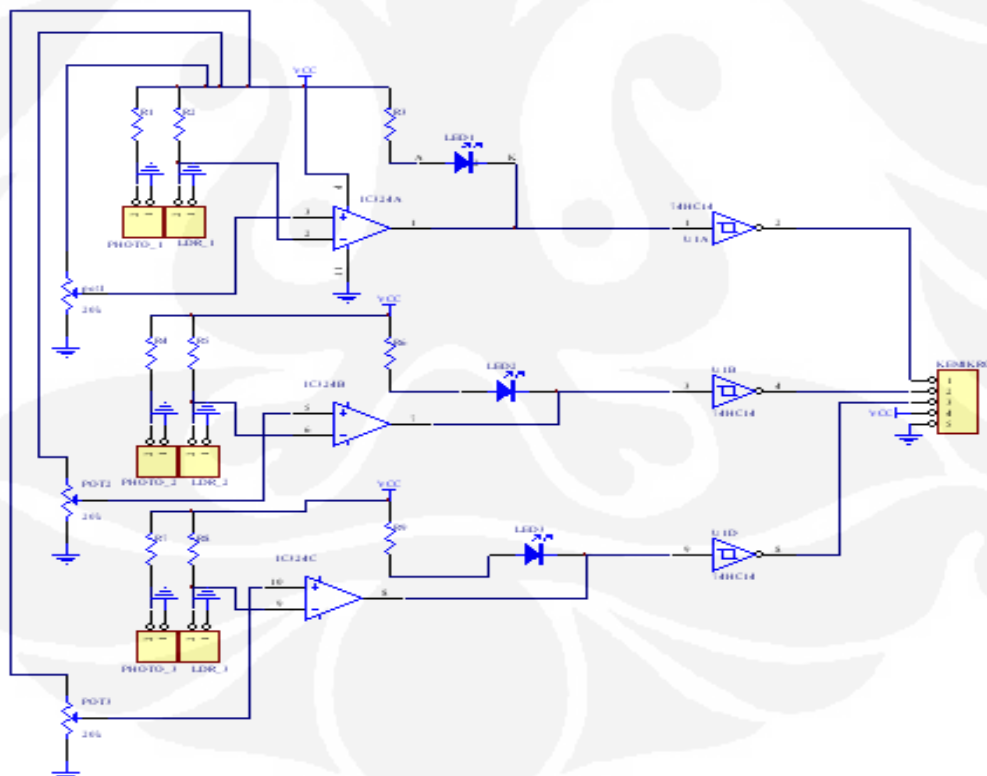
### 3.4.3 Rancangan *driver motor* menggunakan IC L298N



Gambar 3.10 Rangkaian *driver motor* L298N

Gambar skematik di atas merupakan driver motor dengan menggunakan IC L298N, dengan memberikan suplai 5 volt dari sistem minimum **ATMega 8535** dan 12 volt untuk motor *gear box*. Dari skematik di atas kita dapat mengatur putaran 2 buah motor baik berputar searah jarum jam atau kebalikannya, driver ini digunakan untuk menggerakkan dua buah roda bus baik maju atau pun mundur, L298N memiliki kemampuan sampai 15 Watt, tegangan maksimum mencapai 46 Volt, dapat beroperasi dengan arus yang besar (4A). *Driver* motor dengan menggunakan IC L298N ini digunakan untuk menggerakkan bus karena memiliki arus yang cukup besar dan cukup untuk menggerakkan motor *gear box* pada *bus*. IC ini di desain untuk menerima logika TTL dan dapat mengendalikan beban induktif seperti relay, solenoid, motor dc dan motor stepper, driver ini digunakan karena motor yang dijalankan cukup besar memerlukan arus dan tegangan yang cukup besar untuk mengoperasikannya.

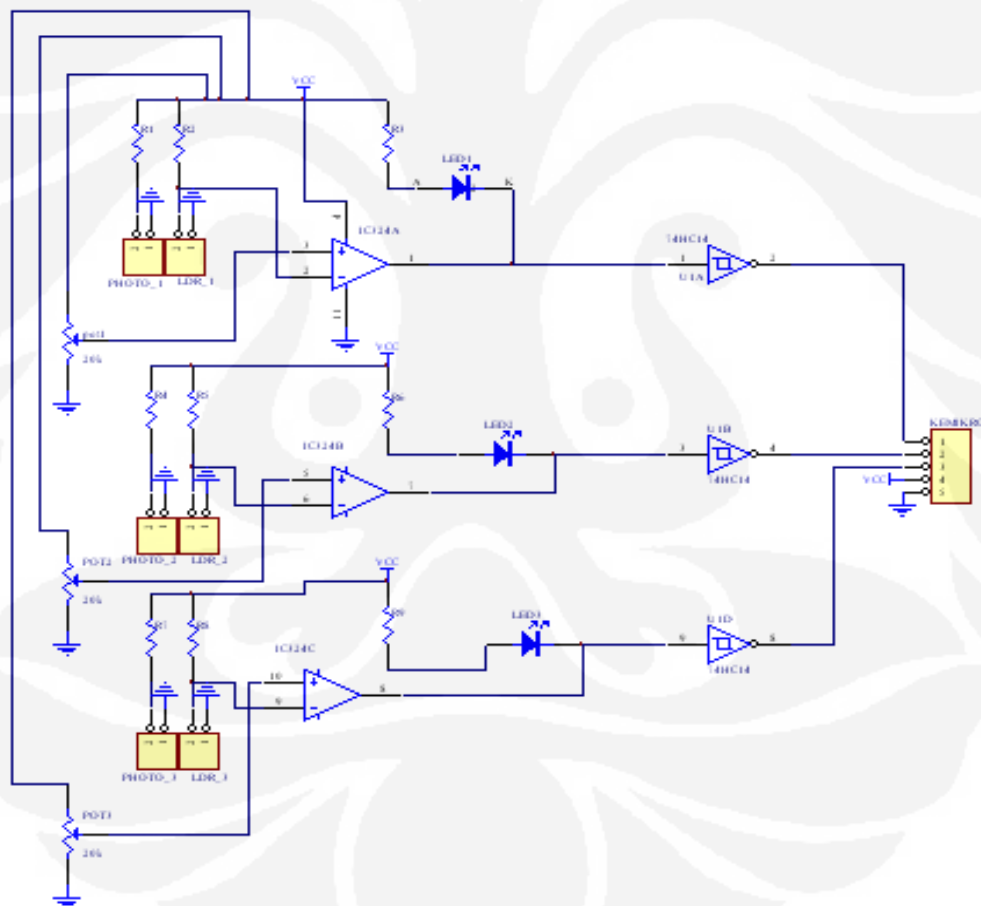
### 3.4.4 Rancangan *driver* LDR



**Gambar 3.11** Rangkaian driver LDR

Gambar skematik di atas merupakan rangkaian driver LDR sebagai sensor cahaya yang nantinya untuk mendeteksi line tracking yang akan di lalui oleh bus. Rangkaian di atas merupakan rangkaian komparator dengan menggunakan IC 324, keluaran dari IC tersebut kemudian di inverter oleh IC 74HC14 agar keluaran dari rangkaian menjadi digital sebelum masuk ke mikro, pengaturan intensitas masing-masing LDR di atur oleh tiap-tiap potensio yang terhubung oleh IC komparator di mana potensio untuk mengatur V ref sehingga dapat di bandingkan dengan tegangan input, kemudian tegangan yang ke luar dari komparator yang masih analog digitalkan menggunakan IC 74HC14 sehingga output dari rangkaian yang akan masuk ke mikro hanya berlogika '1' atau '0' saja.

### 3.4.5 Rancangan *driver Optocoupler*



**Gambar 3.12 Rangkaian driver *Optocoupler***

Gambar skematik di atas merupakan rangkaian driver *Optocoupler* sebagai sensor cahaya yang nantinya untuk mendeteksi jumlah pemumpang di dalam bus. Rangkaian di atas merupakan rangkaian komparator dengan menggunakan IC 324, keluaran dari IC tersebut kemudian di inverter oleh IC 74HC14 agar keluaran dari rangkaian menjadi digital sebelum masuk ke mikro, pengaturan intensitas masing-masing *Optocoupler* di atur oleh tiap-tiap potensio yang terhubung oleh IC komparator di mana potensio untuk mengatur  $V_{ref}$  sehingga dapat di bandingkan dengan tegangan input, kemudian tegangan yang ke luar dari komparator yang masih analog digitalkan menggunakan IC 74HC14 sehingga output dari rangkaian yang akan masuk ke mikro hanya berlogika '1' atau '0' saja.

## BAB IV

### DATA PENGAMATAN DAN ANALIASA

Setelah keseluruhan sistem dibuat, maka langkah selanjutnya perlu dilakukan uji coba dan analisa sistem, apakah sistem dapat bekerja dengan baik dan benar. Pengujian dan pengambilan data ini dilakukan berdasarkan topik yang dibahas sehingga penulis hanya melakukan pengambilan data terhadap rangkaian yang penting.

#### 4.1 Pengujian Alat dan Pengambilan Data

Proses pengujian dan pengambilan data dilakukan secara sebagian atau secara sub sistem-subsistem dari sini di dapat data-data yang di peroleh dari sensor-sensor dan jarak serta waktu tempuh. Dalam pengujian dan pengambilan data , diperlukan peralatan tambahan, antara lain:

1. Multimeter Digital untuk mengetahui keluaran dari sensor-sensor sehingga logika yang bekerja pada driver rangkaian dapat diketahui.
2. Mistar untuk mengetahui seberapa jauh sensor dapat mendeteksi objek
3. *Stopwatch* untuk mengetahui berapa lama motor berputar.

#### 4.2.1 Data Logika sensor LDR

##### Belok Kanan

Sensor	LDR Kanan	LDR Tengah	LDR Kiri
Logika	1	1	0
Indikator LED	Hidup	Hidup	Mati

##### Belok Kiri

Sensor	LDR Kanan	LDR Tengah	LDR Kiri
Logika	0	1	1
Indikator LED	Mati	Hidup	Hidup

### Jalan Lurus

Sensor	LDR Kanan	LDR Tengah	LDR Kiri
Logika	0	1	0
Indikator LED	Mati	Hidup	Mati

Data di atas merupakan hasil pemberian logika yang diberikan pada bus untuk mendeteksi adanya jalur yang berupa garis hitam, rangkaian diatas menggunakan rangkaian *komparator* yaitu rangkaian pembanding tegangan. LDR pada rangkaian ini bersifat *aktif high* sehingga jika LDR mendeteksi adanya garis berwarna hitam yang mempunyai sifat menyerap cahaya yang berasal dari *transmitter* berupa LED maka resistansinya akan berkurang sehingga akan memberikan logika *high* pada mikrokontroller ini dapat dilihat dari indikator Led yang menyala jika melewati garis hitam. Tetapi berbeda jika tidak mendeteksi garis yaitu mendeteksi latar lapangan yang berwarna putih maka LDR rangkaian akan bersifat aktif *low* pada mikrokontroller ini dikarenakan resistansi pada LDR bertambah.

#### 4.2.2 Data Jarak Deteksi Maksimal Sensor

Sensor	LDR Kanan	LDR Tengah	LDR Kiri
Logika	1	1	1
Jarak (cm)	2.3 cm	9.4 cm	2 cm

Data di atas merupakan hasil pengukuran jarak deteksi maksimal LDR terhadap garis berwarna hitam di ukur dari lantai terhadap jarak LDR di bawah permukaan bus, data yang didapat di atas berbeda-beda dikarenakan hasil pengaturan potensiometer terhadap sensitifitas LDR dalam mendeteksi adanya garis berwarna hitam. Data LDR tengah mempunyai jarak deteksi lebih jauh dikarenakan pada saat proses pengaturan potensiometer di buat lebih mempunyai nilai sensitifitas tinggi ini

dikarenakan untuk mendeteksi garis di tengah yang nantinya akan menggerakkan motor pada roda bus untuk berjalan lurus, berbeda untuk LDR kanan dan LDR kiri yang telah di setting mempunyai nilai sensitifitas yang kurang, ini karena hanya digunakan pada saat bus berjalan berbelok, jarak LDR yang tengah untuk mendeteksi garis lurus memiliki jarak yang lebih jauh di karenakan LDR yang tengah menerima cahaya dari LED yang ada di kanan dan di kiri, sehingga menerima intensitas cahaya yang jauh lebih besar dibandingkan dengan LDR yang berada di kanan dan kiri, yang menyebabkan tingkat sensitifitasnya tidak sebaik LDR yang ada di sisi kanan dan kiri, walaupun sisi permukaan LDR telah di tutupi untuk menghindari adanya bias cahaya yang masuk dari ke dua sisi, tetapi tetap saja adanya cahaya yang terbiaskan ke LDR yang berada di tengah.

#### 4.2.3 Data Pengujian Motor Gear Box pada Roda Bus

Sensor	Logika Motor	
	Belakang	Depan
<b>Belok Kiri</b>	1 0	0 1
<b>Belok Kanan</b>	1 0	1 0
<b>Jalan Lurus</b>	1 0	0 0

Data pengujian motor *gear box* pada roda bus ini berfungsi untuk mengetahui logika yang di berikan putaran motor dalam penentuan arah gerak bus, pemberian *logic* motor ini terbalik tidak mempengaruhi motor tetapi yang terpenting pemberian logika yang diberikan mikrokontroller terhadap motor tersebut.

#### 4.2.4 Data Iso Card Taq 18

Iso Card Taq 18	Data	Jarak
<b>Warna Hitam-1</b>	A80026A55B70	3.2 cm
<b>Warna Hitam-2</b>	A8000B704291	3.8 cm

Data diatas merupakan data yang diberikan oleh *Iso Card Taq 18* yang nantinya data-data tersebut itu digunakan untuk mendeteksi adanya halte tempat pemberhentian bus, sehingga nantinya bus akan mengetahui telah sampai di stasiun dan dapat membeda-bedakan stasiun yang ditujunya.

#### 4.2.5 Data Pengujian Motor *Gear Box* pada pintu

- **Data logika output motor pada berbagai kondisi putaran**

Kondisi	Logika Motor Pintu
Pintu Terbuka	1 0
Pintu Tertutup	0 1

- **Data Waktu Lama Motor terhadap buka tutup pintu**

Kondisi	Waktu (sekon)
Pintu Terbuka	2.5 sekon
Pintu Setelah terbuka	30 sekon
Pintu Tertutup	2.23 sekon
Pintu setelah Tertutup	1.89 sekon

- **Data Lamanya Waktu Bus Dalam Satu Kali perjalanan**

Waktu Tempuh = 120 sekon

Data logika output motor diatas untuk mengetahui proses kondisi pintu bus pemberian *logic* motor yang terbalik tidak mempengaruhi motor tetapi yang terpenting pengaturan *logic* yang diberikan mikrokontroller terhadap motor yang perlu diatur, juga data waktu lamanya motor terhadap buka tutup pintu bus sehingga dapat diketahui lamanya bus berhenti di setiap hotel yang di tuju sehingga tidak terjadi keterlambatan dalam prose otomatisasi *bus way* ini.



#### 4.2.6 Data Pengujian *Optocoupler* Pantul pada pintu

Data pengujian *Optocoupler* di sesuaikan dengan waktu menutupnya pintu bus yaitu 30 sekon, set jumlah penumpang sekitar 10 penumpang, proses penghitungan penumpang di hitung berdasarkan deteksi orang oleh ke dua sensor pantul tersebut, jika *Optocoupler* pertama menjumlahkan maka *Optocoupler* ke dua mengurangi sampai batas waktu yang ditentukan atau sampai jumlah penumpang sesuai dengan *set point* yang di tetapkan oleh program.

#### 4.2.7 Data Logika Sensor *Optocoupler* pantul *Traffic Light*

Logika Optocoupler	M1	K1	H1	M2	K2	H2
<b>1</b>	1	0	0	0	0	1
<b>0</b>	0	0	1	1	0	0

Data logika out put sensor *optocoupler* ini untuk mengetahui adanya bus yang melewati *traffic light* yang nantinya sensor ini mengatur traffic light yang di lewati oleh bus tersebut seperti yang terlihat pada data pengamatan di atas, sehingga nantinya bus tidak terganggu dalam proses perjalanan menuju halte, dan bus dianggap tidak mengalami gangguan selama perjalanan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil dan kelemahan dari alat yang telah dibuat. Setelah melakukan perencanaan, pembuatan, dan implementasi sistem “Automatisasi Simulasi *Bus Way*” kemudian dilakukan pengujian dan analisa maka dapat diambil kesimpulan dan saran-saran sebagai berikut :

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah melalui tahap perencanaan, pembuatan, dan pengujian sistem “Automatisasi Simulasi *Bus Way*”, ada beberapa hal yang dapat disimpulkan antara lain :

1. Dari beberapa pengujian yang dilakukan di dapat hasil bahwa robot mendeteksi adanya halte dan dapat mendeteksi data dari Iso Card Taq 18 di setiap halte.
2. Dari pengujian deteksi sensor LDR untuk mendeteksi adanya garis hitam di dapat hasil robot dapat mendeteksi adanya garis.
3. Dari pengujian deteksi sensor *Optocoupler* di dapat bahwa sensor dapat mendeteksi adanya bus dan mengatur *traffic light*.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Wardhana, Lingga, *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2006
- [2] Pitowarno, Endra, *Robotika Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*, Andi Yogyakarta, 2006
- [3] Rivas, Mario, *RFID – its Applications and Benefits*, Philips, 2004
- [4] Weis, Stephen August, *Security in Radio-Frequency Identification Devices*, Massachusetts Institute of Technology, May 2003, <http://www.eicar.org/rfid/kickoffcd/04%20%20Hintergrundinformationen/13%20-%20Security%20and%20Privacy%20in%20RFID%20devices.pdf>, 29 September 2004, 10.30.



# LAMPIRAN

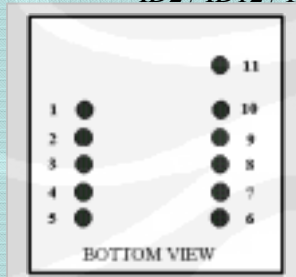
# ID SERIES DATASHEET Mar 01, 2005

## ID-2/ID-12 Brief Data

The ID2, ID12 and ID20 are similar to the obsolete ID0, ID10 and ID15 MK(ii) series devices, but they have extra pins that allow Magnetic Emulation output to be included in the functionality. The ID-12 and ID-20 come with internal antennas, and have read ranges of 12+ cm and 16+ cm, respectively. With an external antenna, the ID-2 can deliver read ranges of up to 25 cm. All three readers support ASCII, Wiegand26 and Magnetic ABA Track2 data formats.



### ID2 / ID12 / ID20 PIN-OUT



1. GND
2. RES (Reset Bar)
3. ANT (Antenna)
4. ANT (Antenna)
5. CP
6. Future
7. +/- (Format Selector)
8. D1 (Data Pin 1)
9. D0 (Data Pin 0)
10. LED (LED / Beeper)
11. +5V

### Operational and Physical Characteristics

Parameters	ID-2	ID-12	ID-20
Read Range	N/A (no internal antenna)	12+ cm	16+ cm
Dimensions	21 mm x 19 mm x 6 mm	26 mm x 25 mm x 7 mm	40 mm x 40 mm x 9 mm
Frequency	125 kHz	125 kHz	125 kHz
Card Format	EM 4001 or compatible	EM 4001 or compatible	EM 4001 or compatible
Encoding	Manchester 64-bit, modulus 64	Manchester 64-bit, modulus 64	Manchester 64-bit, modulus 64
Power Requirement	5 VDC @ 13mA nominal	5 VDC @ 30mA nominal	5 VDC @ 65mA nominal
I/O Output Current	+/-200mA PK	-	-
Voltage Supply Range	+4.6V through +5.4V	+4.6V through +5.4V	+4.6V through +5.4V

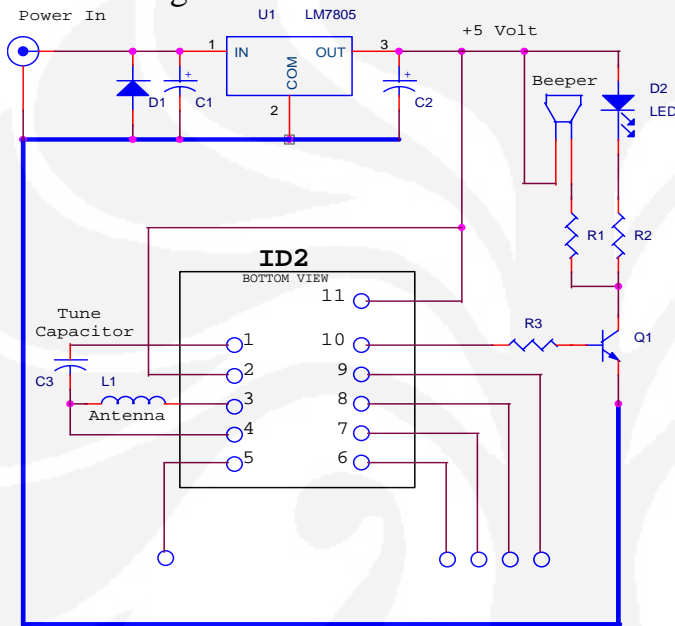
### Pin Description & Output Data Formats

Pin No.	Description	ASCII	Magnet Emulation	Wiegand26
Pin 1	Zero Volts and Tuning Capacitor Ground	GND 0V	GND 0V	GND 0V
Pin 2	Strap to +5V	Reset Bar	Reset Bar	Reset Bar
Pin 3	To External Antenna and Tuning Capacitor	Antenna	Antenna	Antenna
Pin 4	To External Antenna	Antenna	Antenna	Antenna
Pin 5	Card Present	No function	Card Present *	No function

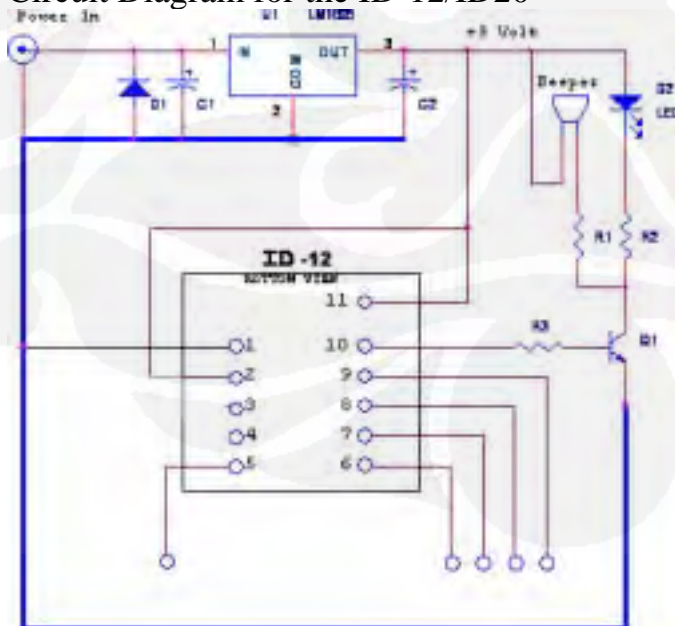
Pin 6	Future	Future	Future	Future
Pin 7	Format Selector (+/-)	Strap to GND	Strap to Pin 10	Strap to +5V
Pin 8	Data 1	CMOS	Clock *	One Output *
Pin 9	Data 0	TTL Data (inverted)	Data *	Zero Output *
Pin 10	3.1 kHz Logic	Beeper / LED	Beeper / LED	Beeper / LED
Pin 11	DC Voltage Supply	+5V	+5V	+5V

\* Requires 4K7 Pull-up resistor to +5V

### Circuit Diagram for the ID2

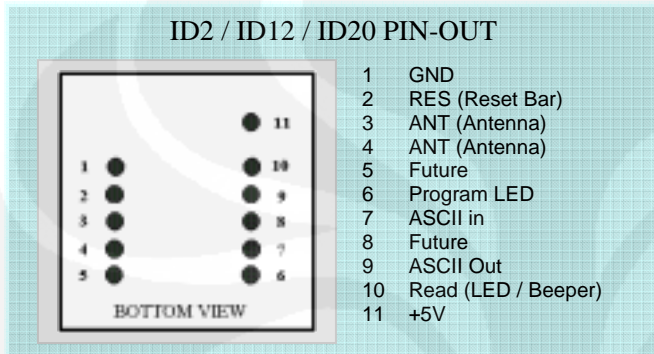


### Circuit Diagram for the ID-12/ID20



## ID-2RW/ID-12RW Brief Data

The ID2-RW, ID12-RW and ID15-RW are a new series of Read/Write modules for the Temec Q5 tag. It has full functionality including password. They contain built-in algorithms to assist customers programming the popular Sokymat Unique type tag. Password protection is allowed. Control is via a host computer using a simple terminal program such as hyper terminal or Qmodem.



### Operational and Physical Characteristics

Parameters	ID-2RW	ID-12RW	ID-20RW
Read Range	N/A (no internal antenna)	12+ cm (Unique Format)	15+ cm (Unique Format)
Dimensions	21 mm x 19 mm x 6 mm	26 mm x 25 mm x 7 mm	40 mm x 40 mm x 9 mm
Frequency	125 kHz	125 kHz	125 kHz
Card Format	Temec Q5555	Temec Q5555	Temec Q5555
Read Encoding	Manchester modulus 64	Manchester modulus 64	Manchester modulus 64
Power Requirement	5 VDC @ 13mA nominal	5 VDC @ 30mA nominal	5 VDC @ 50mA nominal
I/O Output Current	+/-200mA PK	-	-
Voltage Supply Range	+4.6V through +5.4V	+4.6V through +5.4V	+4.6V through +5.4V
Coil Detail	L = 0.6mH - 1.5mH, Q = 15-30	-	-

### Description

A simple terminal program such as Qmodem or Hyper-terminal can be used to send commands to the module. The blocks are individually programmable. The command interface is simple to use and easily understood. The programmer also has two types of internal reader. One of these is provided to read Sokymat 'Unique' type tag configuration. The module does not require a MAX232 type chip interface. The module does **not** need an RS232 interface such as a MAX232 IC. The input pin7 goes to the computer through a 4k7 resistor and the output goes to the computer through a 100R resistor.

## DATA FORMATS

### Output Data Structure – ASCII

STX (02h)	DATA (10 ASCII)	CHECK SUM (2 ASCII)	CR	LF	ETX (03h)
-----------	-----------------	---------------------	----	----	-----------

[The 1byte (2 ASCII characters) Check sum is the “Exclusive OR” of the 5 hex bytes (10 ASCII) Data characters.]

### Output Data Structure – Wiegand26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
P	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	P
Even parity (E)													Odd parity (O)													

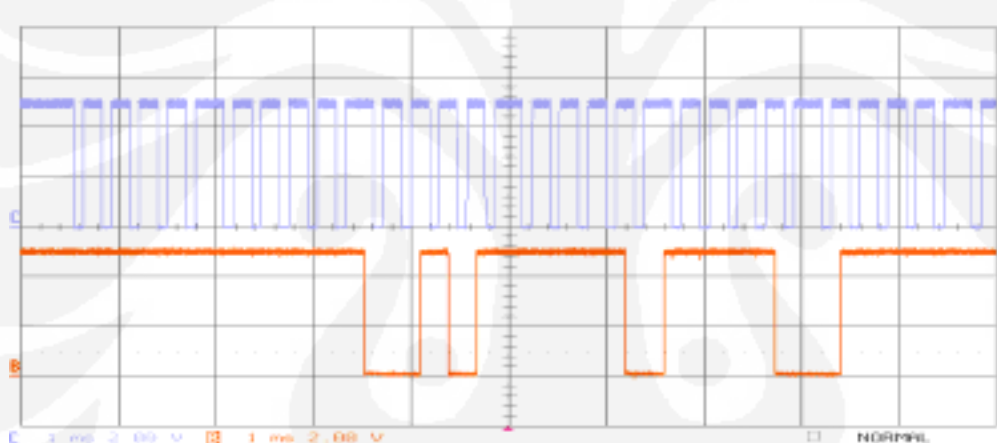
P = Parity start bit and stop bit

### Output Data Magnetic ABA Track2

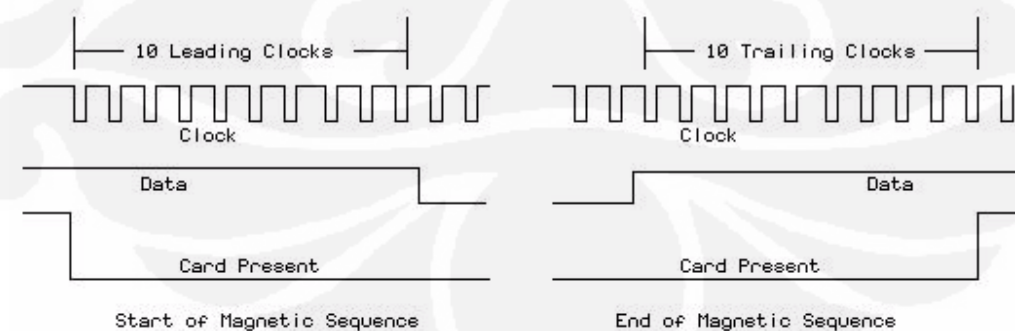
10 Leading Zeros	SS	Data	ES	LCR	10 Ending Zeros
------------------	----	------	----	-----	-----------------

[SS is the Start Character of 11010, ES is the end character of 11111, LRC is the Longitudinal Redundancy Check.]

### Magnetic Emulation Waveforms

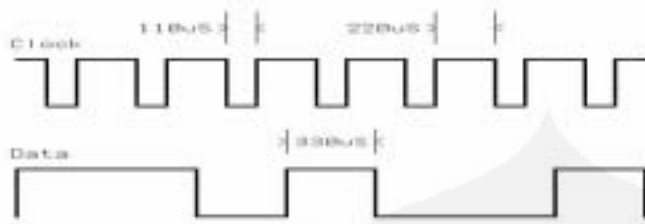


### Start and End Sequences For Magnetic Timing



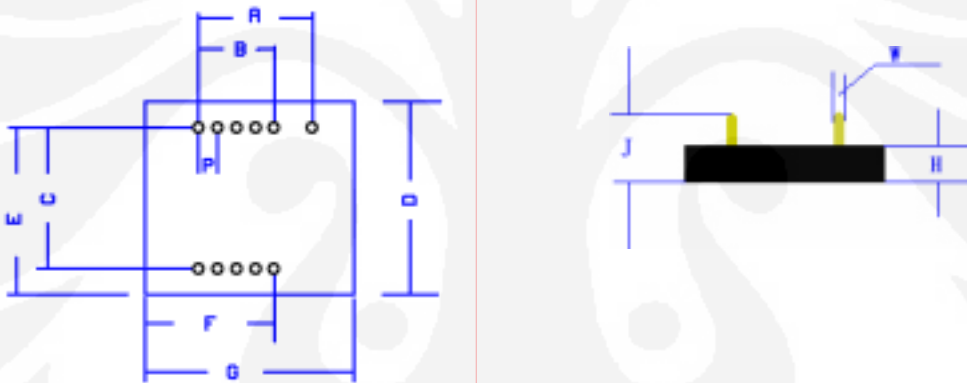
### DATA TIMINGS FOR MAGNETIC EMULATION





The magnetic Emulation Sequence starts with the Card Present Line going active (down). There next follows 10 clocks with Zero '0' data. At the end of the 10 leading clocks the start character (11010) is sent and this is followed by the data. At the end of the data the end character is sent followed by the LCR. Finally 10 trailing clocks are sent and the card present line is raised. The data bit duration is approximately 330uS. The approximate clock duration is 110uS. Because of the symmetry data can be clocked off either the rising or falling edge of the clock.

### Dimensions (Top View) (mm)



	ID-0/ID-2wr			ID-10/ID-12wr			ID-15/ID-20wr		
	Nom.	Min.	Max.	Nom.	Min.	Max.	Nom.	Min.	Max.
A	12.0	11.6	12.4	12.0	11.6	12.4	12.0	11.6	12.4
B	8.0	7.6	8.4	8.0	7.6	8.4	8.0	7.6	8.4
C	15.0	14.6	15.4	15.0	14.6	15.4	15.0	14.6	15.4
D	20.5	20.0	21.5	25.3	24.9	25.9	40.3	40.0	41.0
E	18.5	18.0	19.2	20.3	19.8	20.9	27.8	27.5	28.5
F	14.0	13.0	14.8	16.3	15.8	16.9	22.2	21.9	23.1
G	22.0	21.6	22.4	26.4	26.1	27.1	38.5	38.2	39.2
P	2.0	1.8	2.2	2.0	1.8	2.2	2.0	1.8	2.2
H	5.92	5.85	6.6	6.0	5.8	6.6	6.8	6.7	7.0
J	9.85	9.0	10.5	9.9	9.40	10.5	9.85	9.4	10.6
W	0.66	0.62	0.67	0.66	0.62	0.67	0.66	0.62	0.67

Note – measurements do not include any burring of edges.

*NOTICE - Innovated Devices reserve the right to change these specifications without prior notice.*

## Designing Coils for ID2

The recommended Inductance is 1.08mH to be used with an internal tuning capacitor of 1n5. In general the bigger the antenna the better, provided the reader is generating enough field strength to excite the tag. The ID-2 is relatively low power so a maximum coil size of 15x15cm is recommended if it is intended to read ISO cards. If the reader is intended to read glass tags the maximum coil size should be smaller, say 10x10cm.

There is a science to determine the exact size of an antenna but there are so many variables that in general it is best to get a general idea after which a degree of 'Try it and see' is unavoidable.

If the reader is located in a position where there is a lot of heavy interference then less range cannot be avoided. In this situation the coil should be made smaller to increase the field strength and coupling.

It is difficult to give actual examples of coils for hand winding because the closeness and tightness of the winding will significantly change the inductance. A professionally wound coil will have much more inductance than a similar hand wound coil.

For those who want a starting point into practical antenna winding it was found that 63 turns on a 120mm diameter former gave an inductance of 1.08mH. For those contemplating adding an additional tuning capacitor it was found that 50 turns on a 120mm diameter former gave 700uH. The wire diameter is not important.

Anybody who wishes to be more theoretical we recommend a trip to the Microchip Website where we found an application sheet for Loop Antennas.

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00831b.pdf>

### The Tuning Capacitor

It is recommended that the internal 1n5 capacitor is used for tuning, however a capacitor may be also be added externally. The combined capacitance should not exceed 2n7. Do not forget that the choice of tuning capacitor can also substantially affect the quality of your system. The Id12 is basically an ID2 with an internal antenna. The loss in an ID12 series antenna is required to be fairly high to limit the series current. A low Q will hide a lot of the shortcomings of the capacitor, but for quality and reliability and repeatability the following capacitors are recommend.

Polypropylene	Good Readily available. Ensure AC voltage at 125kHz is sufficient.
COG/NPO	Excellent. Best Choice
Silver Mica	Excellent but expensive
Polycarbonate	Good Readily available. Ensure AC voltage at 125kHz is sufficient.

### Voltage Working.

A capacitor capable of withstanding the RMS voltage at 125KHz MUST be chosen. The working voltage will depend on the coil design. I suggest the designer start with rugged 1n5 Polypropylene 630v capacitor to do his experiments and the come down to a suitable size/value. The capacitor manufacturer will supply information on their capacitors. Do not simply go by the DC voltage. This means little. A tolerance of 2% is preferable. A tolerance of 5% is acceptable.

### Fine Tuning

We recommend using an oscilloscope for fine-tuning. Connect the oscilloscope to observe the 125KHz AC voltage across the coil. Get a sizeable piece of ferrite and bring it up to the antenna loop. If the voltage increases then you need more inductance (or more capacitance). If the voltage decreases as you bring the ferrite up to the antenna then the inductance is too great. If you have no ferrite then a piece of aluminum

sheet may be used for testing in a slightly different way. Opposing currents will flow in the aluminum and it will act as a negative inductance. If the 125kHz AC voltage increases as the aluminum sheet approaches the antenna then the inductance is too high. Note it may be possible that the voltage will first maximize then decrease. This simply means that you are near optimum tuning. If you are using ferrite then the coil is a little under value and if you are using an aluminum sheet then the coil is a over under value.



**ID Innovations**  
**Advanced Digital Reader Technology**  
*----Better by Design*

## PUSH-PULL FOUR CHANNEL DRIVER WITH DIODES

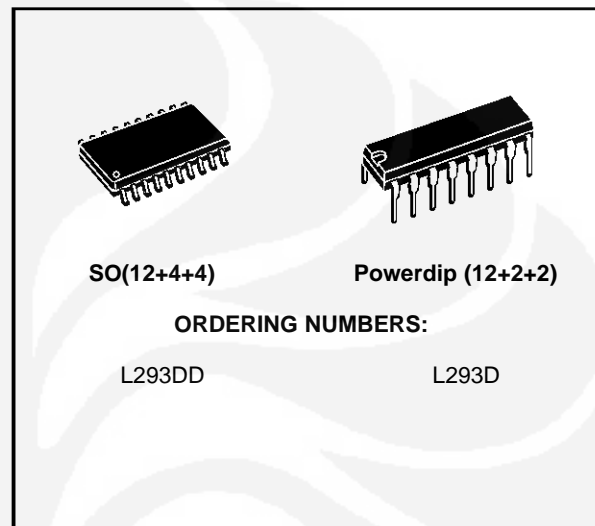
- 600mA OUTPUT CURRENT CAPABILITY PER CHANNEL
- 1.2A PEAK OUTPUT CURRENT (non repetitive) PER CHANNEL
- ENABLE FACILITY
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)
- INTERNAL CLAMP DIODES

### DESCRIPTION

The Device is a monolithic integrated high voltage, high current four channel driver designed to accept standard DTL or TTL logic levels and drive inductive loads (such as relays solenoides, DC and stepping motors) and switching power transistors.

To simplify use as two bridges each pair of channels is equipped with an enable input. A separate supply input is provided for the logic, allowing operation at a lower voltage and internal clamp diodes are included.

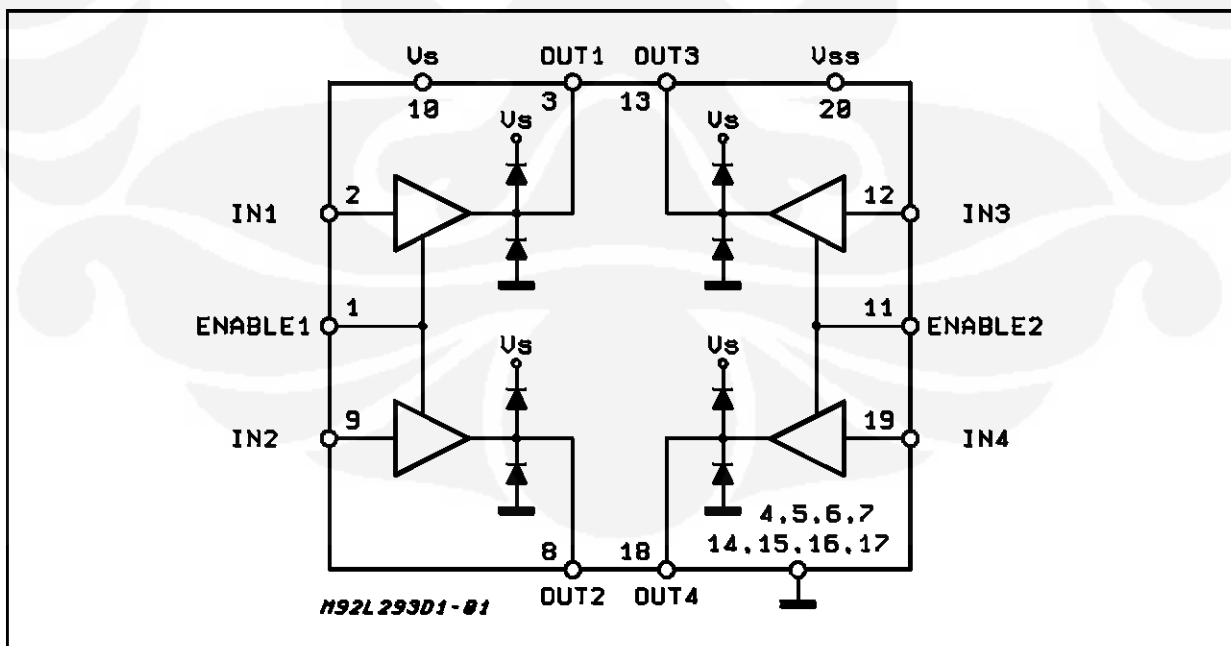
This device is suitable for use in switching applications at frequencies up to 5 kHz.



The L293D is assembled in a 16 lead plastic package which has 4 center pins connected together and used for heatsinking

The L293DD is assembled in a 20 lead surface mount which has 8 center pins connected together and used for heatsinking.

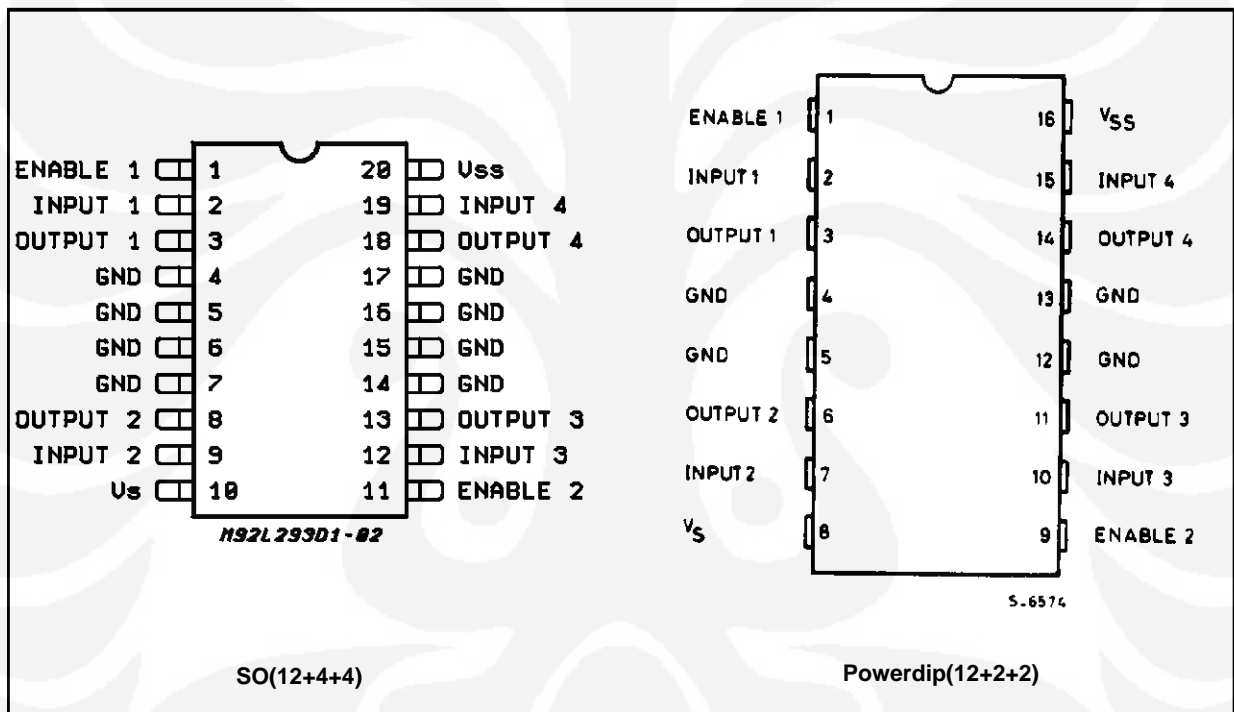
### BLOCK DIAGRAM



**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

Symbol	Parameter	Value	Unit
V <sub>S</sub>	Supply Voltage	36	V
V <sub>SS</sub>	Logic Supply Voltage	36	V
V <sub>i</sub>	Input Voltage	7	V
V <sub>en</sub>	Enable Voltage	7	V
I <sub>o</sub>	Peak Output Current (100 μs non repetitive)	1.2	A
P <sub>tot</sub>	Total Power Dissipation at T <sub>pins</sub> = 90 °C	4	W
T <sub>stg</sub> , T <sub>j</sub>	Storage and Junction Temperature	- 40 to 150	°C

**PIN CONNECTIONS (Top view)**



**THERMAL DATA**

Symbol	Description	DIP	SO	Unit
R <sub>th j-pins</sub>	Thermal Resistance Junction-pins	max.	14	°C/W
R <sub>th j-amb</sub>	Thermal Resistance junction-ambient	max.	50 (*)	°C/W
R <sub>th j-case</sub>	Thermal Resistance Junction-case	max.	-	

(\*) With 6sq. cm on board heatsink.

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** (for each channel,  $V_S = 24\text{ V}$ ,  $V_{SS} = 5\text{ V}$ ,  $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_S$	Supply Voltage (pin 10)		$V_{SS}$		36	V
$V_{SS}$	Logic Supply Voltage (pin 20)		4.5		36	V
$I_S$	Total Quiescent Supply Current (pin 10)	$V_i = L$ ; $I_O = 0$ ; $V_{en} = H$		2	6	mA
		$V_i = H$ ; $I_O = 0$ ; $V_{en} = H$		16	24	mA
		$V_{en} = L$			4	mA
$I_{SS}$	Total Quiescent Logic Supply Current (pin 20)	$V_i = L$ ; $I_O = 0$ ; $V_{en} = H$		44	60	mA
		$V_i = H$ ; $I_O = 0$ ; $V_{en} = H$		16	22	mA
		$V_{en} = L$		16	24	mA
$V_{IL}$	Input Low Voltage (pin 2, 9, 12, 19)		-0.3		1.5	V
$V_{IH}$	Input High Voltage (pin 2, 9, 12, 19)	$V_{SS} \leq 7\text{ V}$	2.3		$V_{SS}$	V
		$V_{SS} > 7\text{ V}$	2.3		7	V
$I_{IL}$	Low Voltage Input Current (pin 2, 9, 12, 19)	$V_{IL} = 1.5\text{ V}$			-10	$\mu\text{A}$
$I_{IH}$	High Voltage Input Current (pin 2, 9, 12, 19)	$2.3\text{ V} \leq V_{IH} \leq V_{SS} - 0.6\text{ V}$		30	100	$\mu\text{A}$
$V_{enL}$	Enable Low Voltage (pin 1, 11)		-0.3		1.5	V
$V_{enH}$	Enable High Voltage (pin 1, 11)	$V_{SS} \leq 7\text{ V}$	2.3		$V_{SS}$	V
		$V_{SS} > 7\text{ V}$	2.3		7	V
$I_{enL}$	Low Voltage Enable Current (pin 1, 11)	$V_{enL} = 1.5\text{ V}$		-30	-100	$\mu\text{A}$
$I_{enH}$	High Voltage Enable Current (pin 1, 11)	$2.3\text{ V} \leq V_{enH} \leq V_{SS} - 0.6\text{ V}$			$\pm 10$	$\mu\text{A}$
$V_{CE(sat)H}$	Source Output Saturation Voltage (pins 3, 8, 13, 18)	$I_O = -0.6\text{ A}$		1.4	1.8	V
$V_{CE(sat)L}$	Sink Output Saturation Voltage (pins 3, 8, 13, 18)	$I_O = +0.6\text{ A}$		1.2	1.8	V
$V_F$	Clamp Diode Forward Voltage	$I_O = 600\text{ nA}$		1.3		V
$t_r$	Rise Time (*)	0.1 to 0.9 $V_O$		250		ns
$t_f$	Fall Time (*)	0.9 to 0.1 $V_O$		250		ns
$t_{on}$	Turn-on Delay (*)	0.5 $V_i$ to 0.5 $V_O$		750		ns
$t_{off}$	Turn-off Delay (*)	0.5 $V_i$ to 0.5 $V_O$		200		ns

(\*) See fig. 1.

TRUTH TABLE (one channel)

Input	Enable (*)	Output
H	H	H
L	H	L
H	L	Z
L	L	Z

Z = High output impedance  
 (\*) Relative to the considered channel

Figure 1: Switching Times

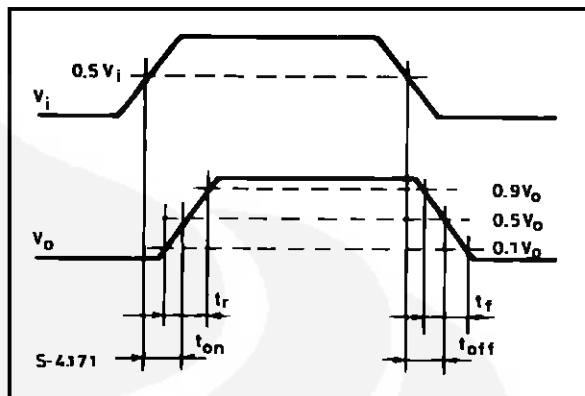
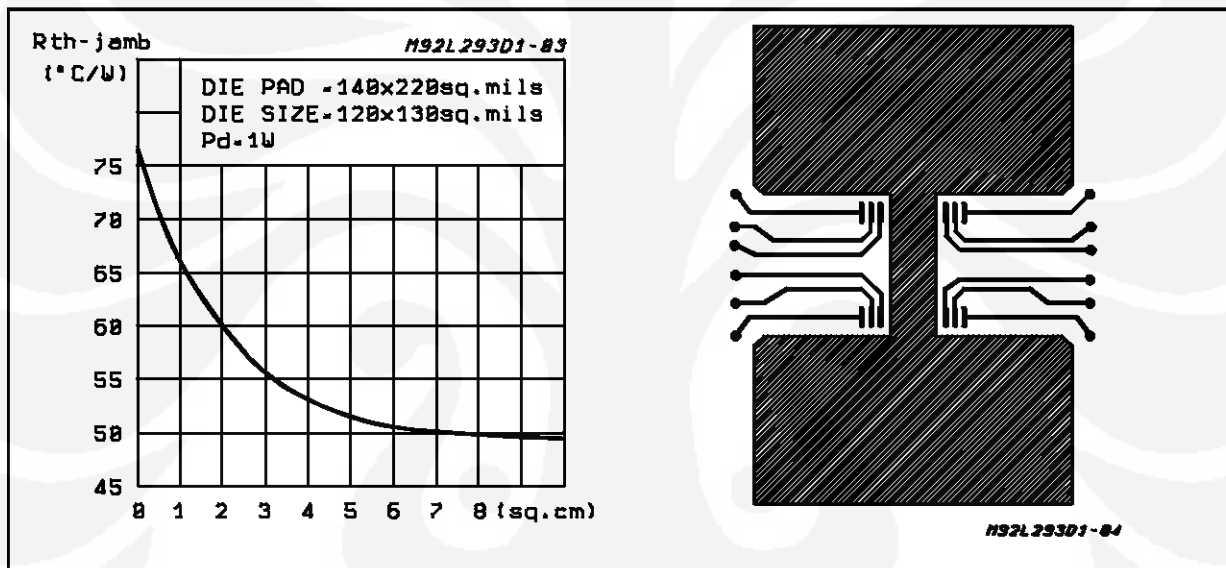
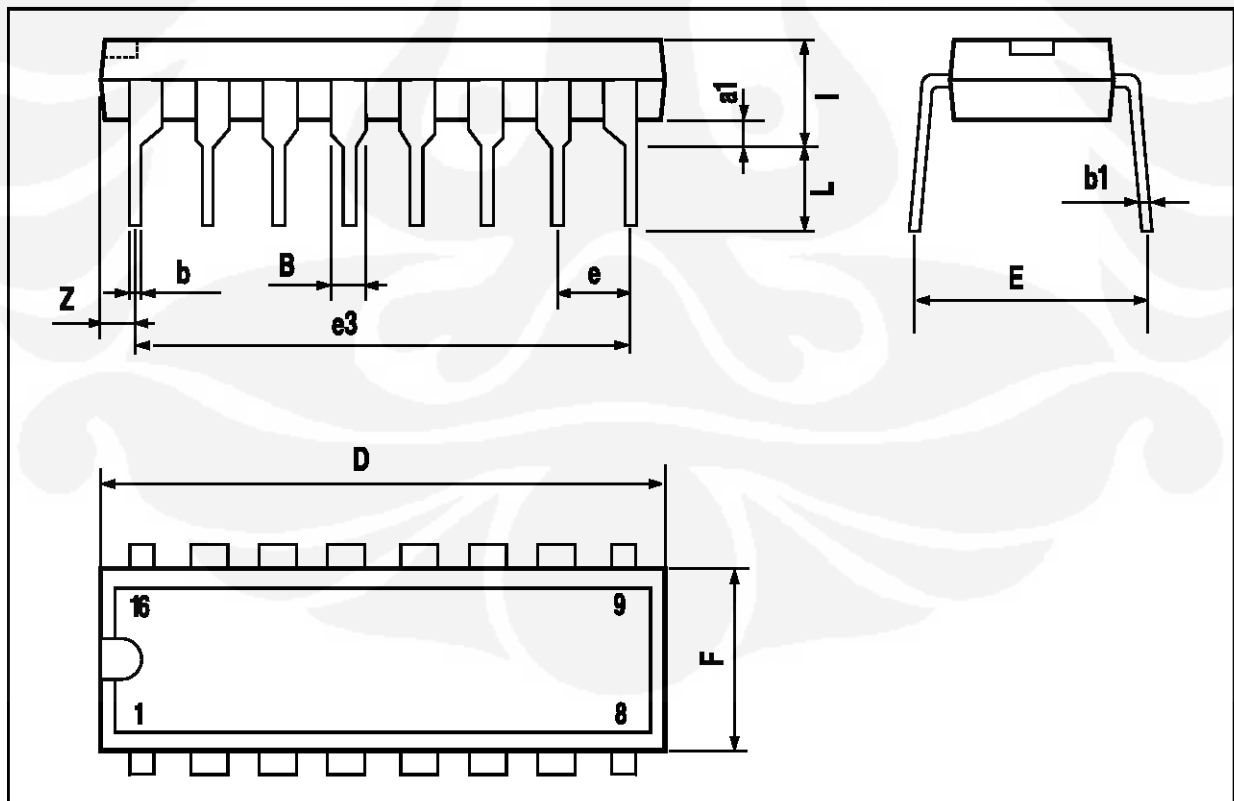


Figure 2: Junction to ambient thermal resistance vs. area on board heatsink (SO12+4+4 package)



## POWERDIP16 PACKAGE MECHANICAL DATA

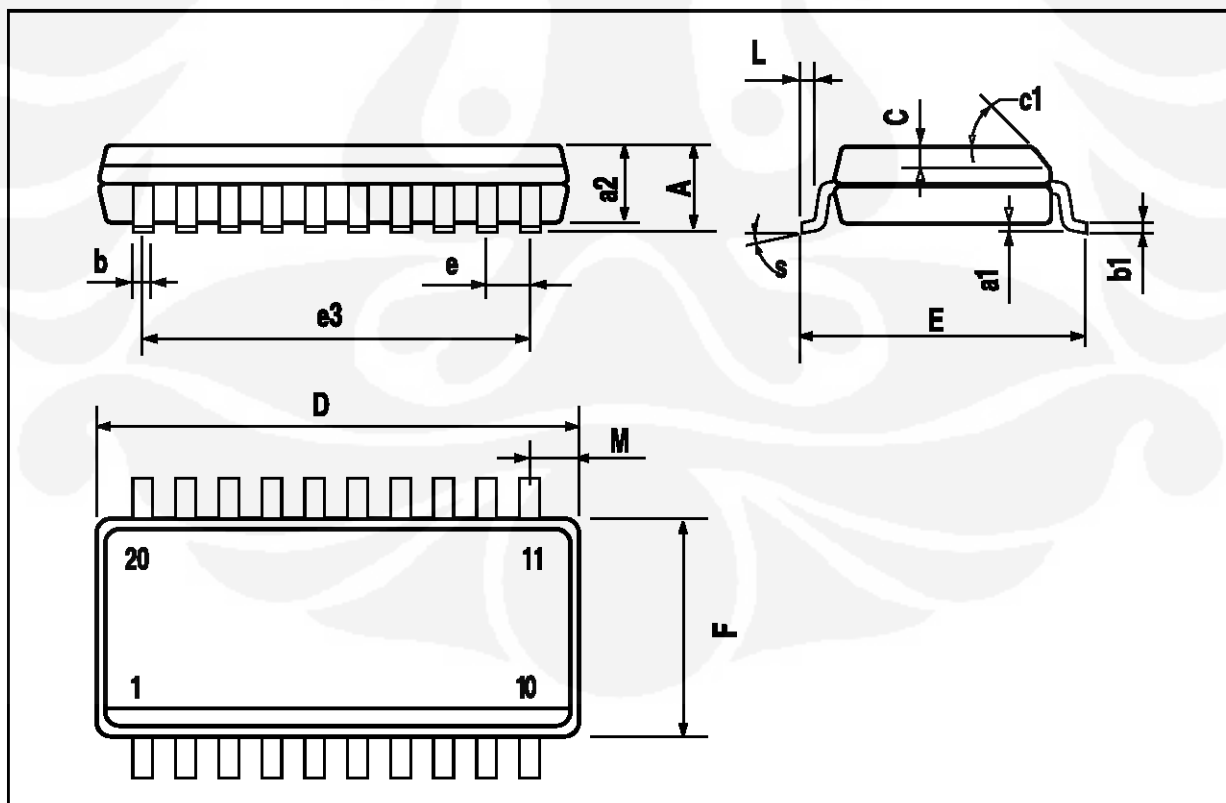
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.85		1.40	0.033		0.055
b		0.50			0.020	
b1	0.38		0.50	0.015		0.020
D			20.0			0.787
E		8.80			0.346	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.10			0.280
I			5.10			0.201
L		3.30			0.130	
Z			1.27			0.050





SO20 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			2.65			0.104
a1	0.1		0.2	0.004		0.008
a2			2.45			0.096
b	0.35		0.49	0.014		0.019
b1	0.23		0.32	0.009		0.013
C		0.5			0.020	
c1		45			1.772	
D		1	12.6		0.039	0.496
E	10		10.65	0.394		0.419
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
F		1	7.4		0.039	0.291
G	8.8		9.15	0.346		0.360
L	0.5		1.27	0.020		0.050
M			0.75			0.030
S	8° (max.)					





Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, SGS-THOMSON Microelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of SGS-THOMSON Microelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. SGS-THOMSON Microelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of SGS-THOMSON Microelectronics.

© 1996 SGS-THOMSON Microelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved  
SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Hong Kong - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Morocco - The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.

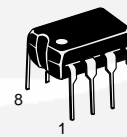
# LM311 LM211

## Highly Flexible Voltage Comparators

The ability to operate from a single power supply of 5.0 V to 30 V or  $\pm 15$  V split supplies, as commonly used with operational amplifiers, makes the LM211/LM311 a truly versatile comparator. Moreover, the inputs of the device can be isolated from system ground while the output can drive loads referenced either to ground, the  $V_{CC}$  or the  $V_{EE}$  supply. This flexibility makes it possible to drive DTL, RTL, TTL, or MOS logic. The output can also switch voltages to 50 V at currents to 50 mA. Thus the LM211/LM311 can be used to drive relays, lamps or solenoids.

### HIGH PERFORMANCE VOLTAGE COMPARATORS

#### SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA



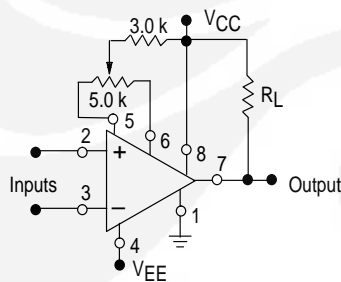
**N SUFFIX**  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 626



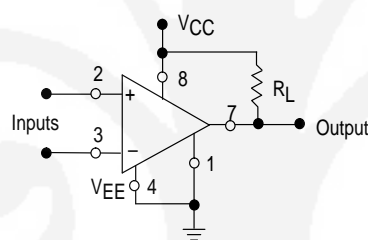
**D SUFFIX**  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 751  
(SO-8)

#### Typical Comparator Design Configurations

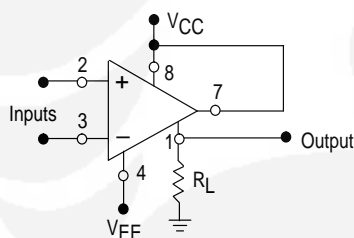
##### Split Power Supply with Offset Balance



##### Single Supply

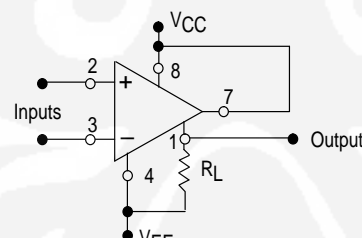


##### Ground-Referred Load



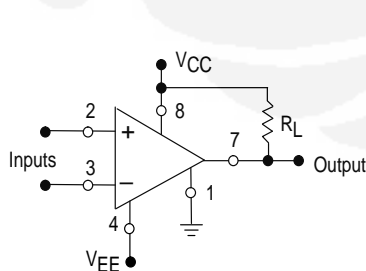
Input polarity is reversed when Gnd pin is used as an output.

##### Load Referred to Negative Supply

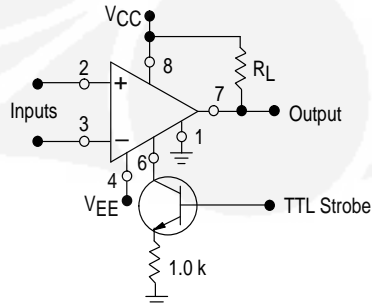


Input polarity is reversed when Gnd pin is used as an output.

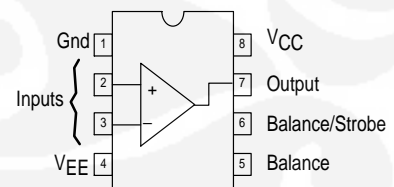
##### Load Referred to Positive Supply



##### Strobe Capability



#### PIN CONNECTIONS



(Top View)

#### ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM211D	$T_A = 25^\circ$ to $+85^\circ\text{C}$	SO-8
LM311D LM311N	$T_A = 0^\circ$ to $+70^\circ\text{C}$	SO-8 Plastic DIP

# LM311 LM211

## MAXIMUM RATINGS (T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	LM211	LM311	Unit
Total Supply Voltage	$V_{CC} +  V_{EE} $	36	36	Vdc
Output to Negative Supply Voltage	$V_O - V_{EE}$	50	40	Vdc
Ground to Negative Supply Voltage	$V_{EE}$	30	30	Vdc
Input Differential Voltage	$V_{ID}$	±30	±30	Vdc
Input Voltage (Note 2)	$V_{in}$	±15	±15	Vdc
Voltage at Strobe Pin	–	$V_{CC}$ to $V_{CC}-5$	$V_{CC}$ to $V_{CC}-5$	Vdc
Power Dissipation and Thermal Characteristics Plastic DIP Derate Above T <sub>A</sub> = +25°C	$P_D$ $1/\theta_{JA}$	625 5.0		mW mW/°C
Operating Ambient Temperature Range	T <sub>A</sub>	–25 to +85	0 to +70	°C
Operating Junction Temperature	T <sub>J(max)</sub>	+150	+150	°C
Storage Temperature Range	T <sub>stg</sub>	–65 to +150	–65 to +150	°C

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V<sub>CC</sub> = +15 V, V<sub>EE</sub> = –15 V, T<sub>A</sub> = 25°C, unless otherwise noted [Note 1].)

Characteristic	Symbol	LM211			LM311			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (Note 3) R <sub>S</sub> ≤ 50 kΩ, T <sub>A</sub> = +25°C R <sub>S</sub> ≤ 50 kΩ, T <sub>low</sub> ≤ T <sub>A</sub> ≤ T <sub>high</sub> *	V <sub>IO</sub>	–	0.7	3.0	–	2.0	7.5	mV
Input Offset Current (Note 3) T <sub>A</sub> = +25°C T <sub>low</sub> ≤ T <sub>A</sub> ≤ T <sub>high</sub> *	I <sub>IO</sub>	–	1.7	10	–	1.7	50	nA
Input Bias Current T <sub>A</sub> = +25°C T <sub>low</sub> ≤ T <sub>A</sub> ≤ T <sub>high</sub> *	I <sub>IB</sub>	–	45	100	–	45	250	nA
Voltage Gain	A <sub>V</sub>	40	200	–	40	200	–	V/mV
Response Time (Note 4)		–	200	–	–	200	–	ns
Saturation Voltage V <sub>ID</sub> ≤ –5.0 mV, I <sub>O</sub> = 50 mA, T <sub>A</sub> = 25°C V <sub>ID</sub> ≤ –10 mV, I <sub>O</sub> = 50 mA, T <sub>A</sub> = 25°C V <sub>CC</sub> ≥ 4.5 V, V <sub>EE</sub> = 0, T <sub>low</sub> ≤ T <sub>A</sub> ≤ T <sub>high</sub> * V <sub>ID</sub> ≤ 6.0 mV, I <sub>sink</sub> ≤ 8.0 mA V <sub>ID</sub> ≤ 10 mV, I <sub>sink</sub> ≤ 8.0 mA	V <sub>OL</sub>	–	0.75	1.5	–	–	–	V
Strobe "On" Current (Note 5)	I <sub>S</sub>	–	3.0	–	–	3.0	–	mA
Output Leakage Current V <sub>ID</sub> ≥ 5.0 mV, V <sub>O</sub> = 35 V, T <sub>A</sub> = 25°C, I <sub>strobe</sub> = 3.0 mA V <sub>ID</sub> ≥ 10 mV, V <sub>O</sub> = 35 V, T <sub>A</sub> = 25°C, I <sub>strobe</sub> = 3.0 mA V <sub>ID</sub> ≥ 5.0 mV, V <sub>O</sub> = 35 V, T <sub>low</sub> ≤ T <sub>A</sub> ≤ T <sub>high</sub> *		–	0.2	10	–	–	–	nA
Input Voltage Range (T <sub>low</sub> ≤ T <sub>A</sub> ≤ T <sub>high</sub> *)	V <sub>ICR</sub>	–14.5	–14.7 to 13.8	+13.0	–14.5	–14.7 to 13.8	+13.0	V
Positive Supply Current	I <sub>CC</sub>	–	+2.4	+6.0	–	+2.4	+7.5	mA
Negative Supply Current	I <sub>EE</sub>	–	–1.3	–5.0	–	–1.3	–5.0	mA

\* T<sub>low</sub> = –25°C for LM211  
= 0°C for LM311

T<sub>high</sub> = +85°C for LM211  
= +70°C for LM311

- NOTES:**
- Offset voltage, offset current and bias current specifications apply for a supply voltage range from a single 5.0 V supply up to ±15 V supplies.
  - This rating applies for ±15 V supplies. The positive input voltage limit is 30 V above the negative supply. The negative input voltage limit is equal to the negative supply voltage or 30 V below the positive supply, whichever is less.
  - The offset voltages and offset currents given are the maximum values required to drive the output within a volt of either supply with a 1.0 mA load. Thus, these parameters define an error band and take into account the "worst case" effects of voltage gain and input impedance.
  - The response time specified is for a 100 mV input step with 5.0 mV overdrive.
  - Do not short the strobe pin to ground; it should be current driven at 3.0 mA to 5.0 mA.

# LM311 LM211

Figure 1. Circuit Schematic

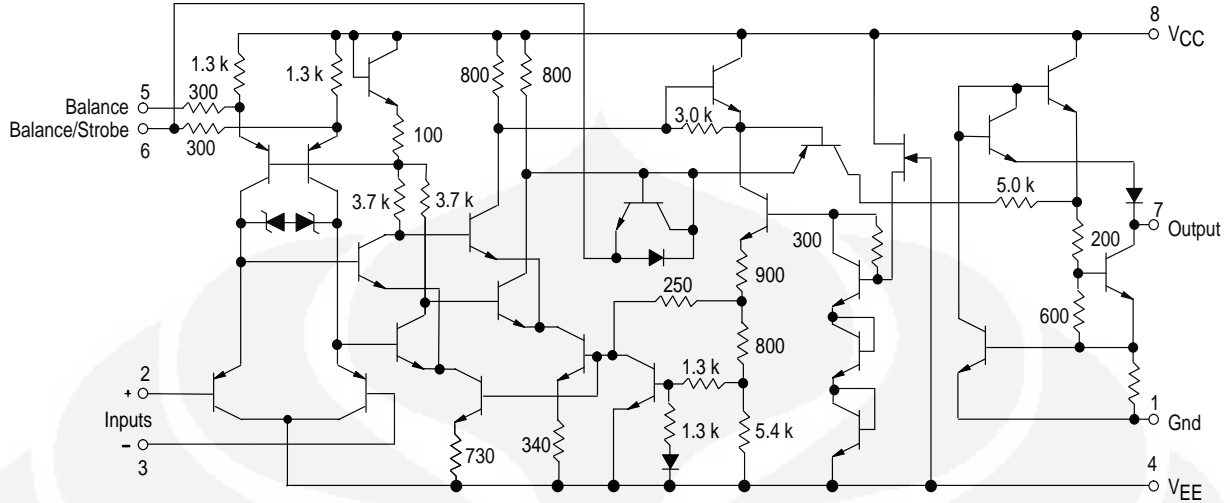


Figure 2. Input Bias Current versus Temperature

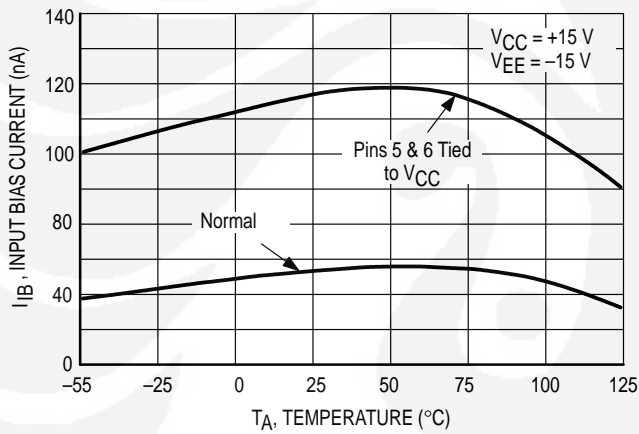


Figure 3. Input Offset Current versus Temperature

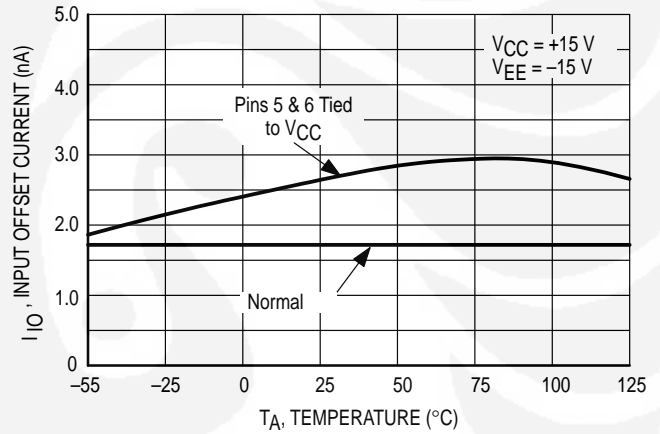


Figure 4. Input Bias Current versus Differential Input Voltage

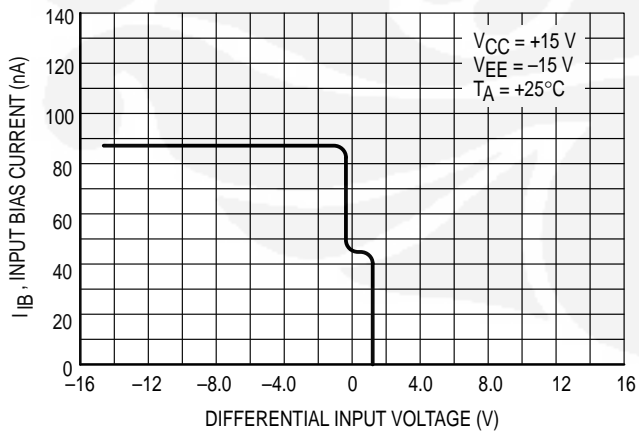


Figure 5. Common Mode Limits versus Temperature

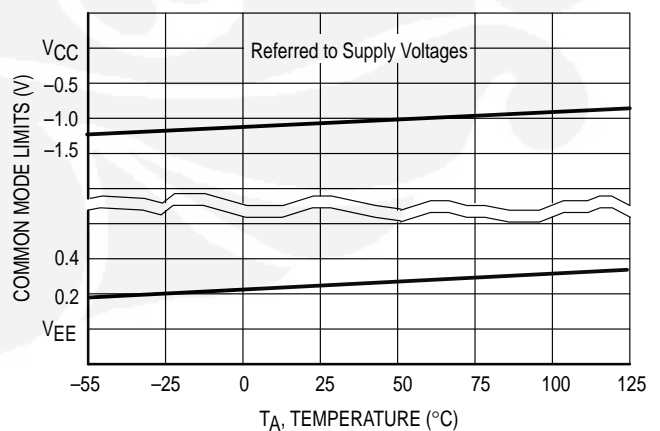


Figure 6. Response Time for Various Input Overdrives

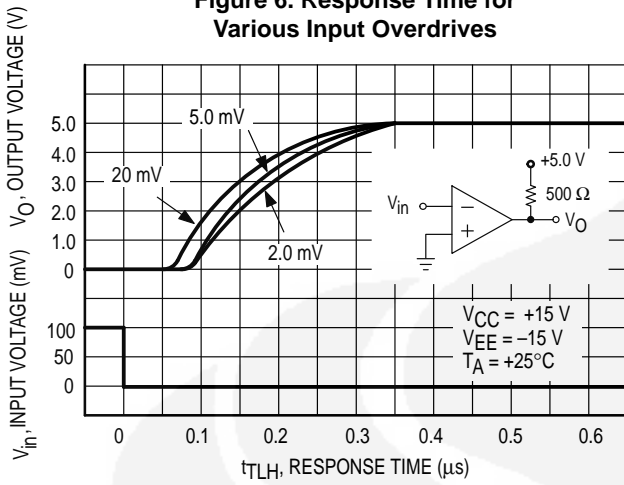


Figure 7. Response Time for Various Input Overdrives

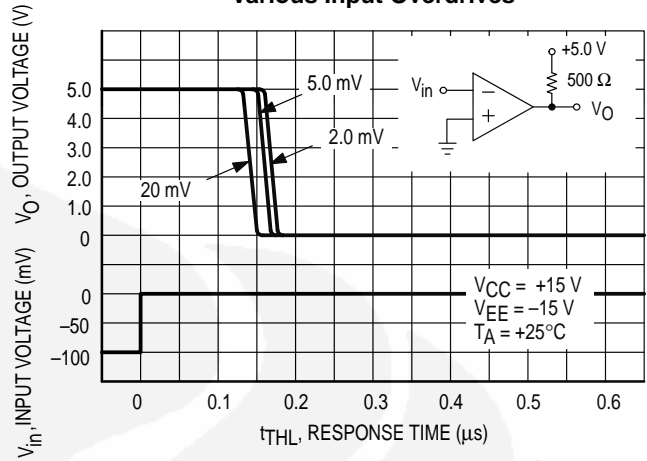


Figure 8. Response Time for Various Input Overdrives

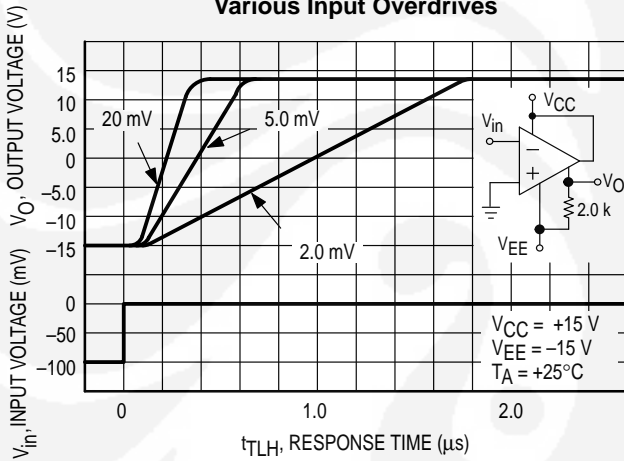


Figure 9. Response Time for Various Input Overdrives

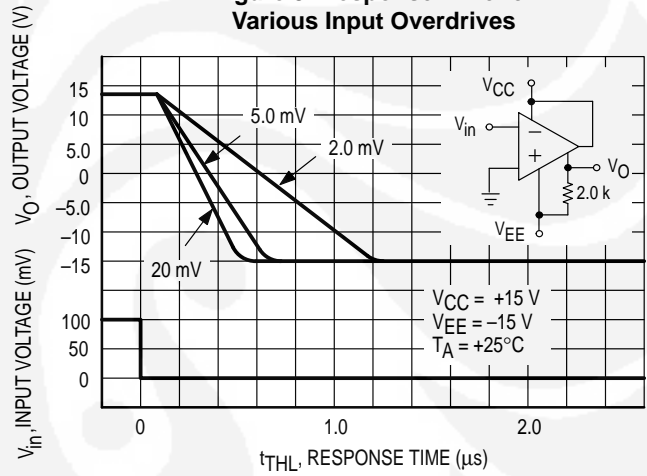


Figure 10. Output Short Circuit Current Characteristics and Power Dissipation

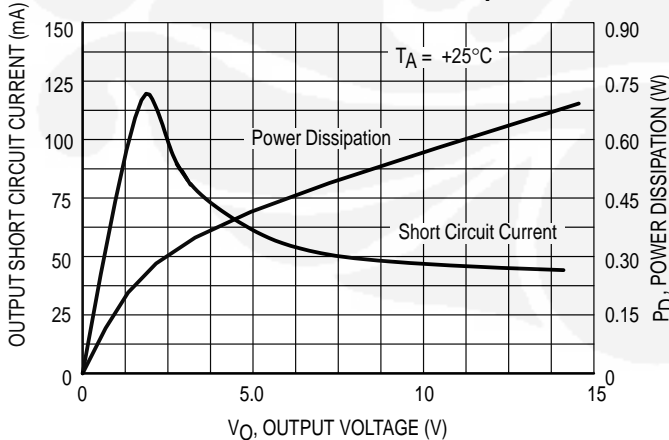
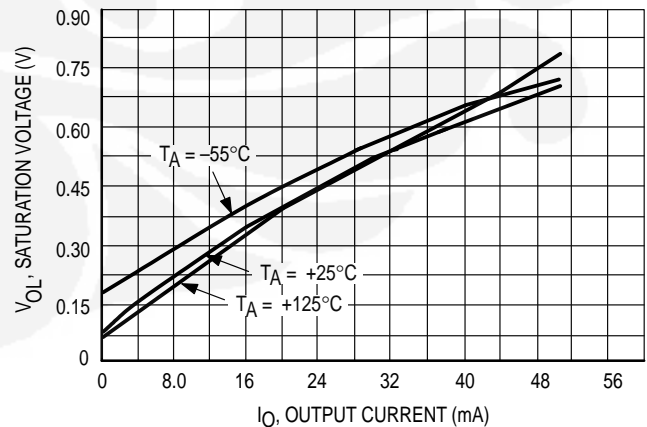
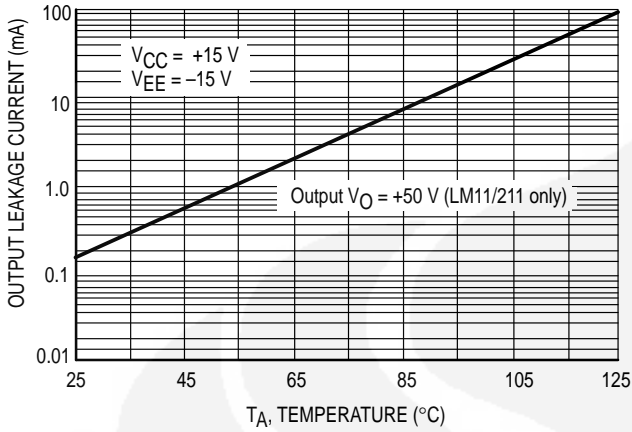


Figure 11. Output Saturation Voltage versus Output Current

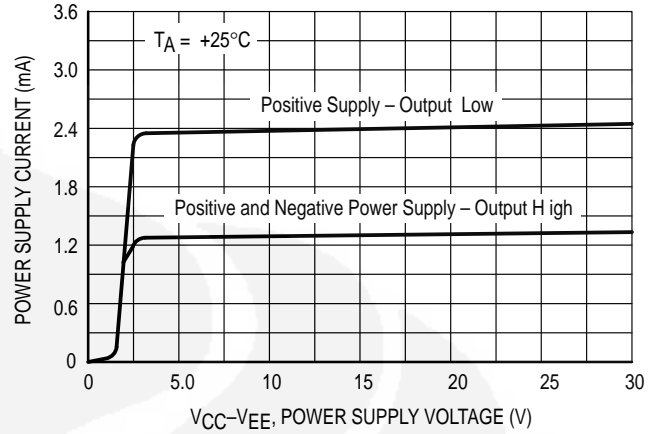


# LM311 LM211

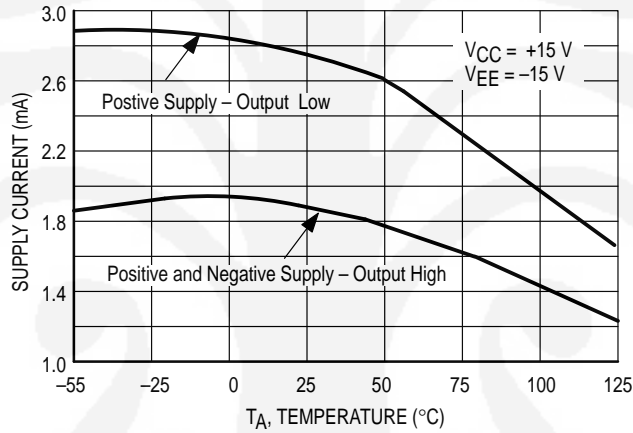
**Figure 12. Output Leakage Current versus Temperature**



**Figure 13. Power Supply Current versus Supply Voltage**

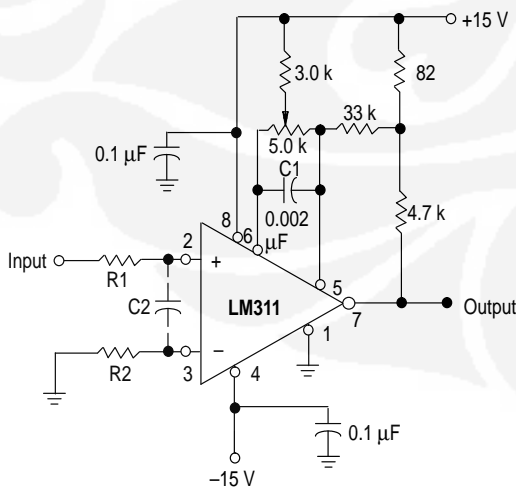


**Figure 14. Power Supply Current versus Temperature**

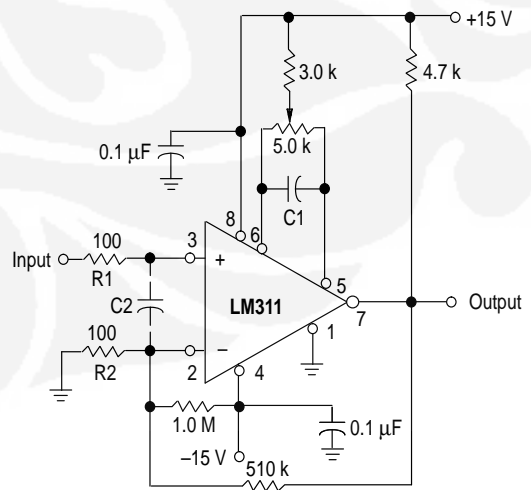


## APPLICATIONS INFORMATION

**Figure 15. Improved Method of Adding Hysteresis Without Applying Positive Feedback to the Inputs**



**Figure 16. Conventional Technique for Adding Hysteresis**



TECHNIQUES FOR AVOIDING OSCILLATIONS IN COMPARATOR APPLICATIONS

When a high speed comparator such as the LM211 is used with high speed input signals and low source impedances, the output response will normally be fast and stable, providing the power supplies have been bypassed (with 0.1  $\mu\text{F}$  disc capacitors), and that the output signal is routed well away from the inputs (Pins 2 and 3) and also away from Pins 5 and 6.

However, when the input signal is a voltage ramp or a slow sine wave, or if the signal source impedance is high (1.0 k $\Omega$  to 100 k $\Omega$ ), the comparator may burst into oscillation near the crossing-point. This is due to the high gain and wide bandwidth of comparators like the LM211 series. To avoid oscillation or instability in such a usage, several precautions are recommended, as shown in Figure 15.

The trim pins (Pins 5 and 6) act as unwanted auxiliary inputs. If these pins are not connected to a trim-pot, they should be shorted together. If they are connected to a trim-pot, a 0.01  $\mu\text{F}$  capacitor (C1) between Pins 5 and 6 will minimize the susceptibility to AC coupling. A smaller capacitor is used if Pin 5 is used for positive feedback as in Figure 15. For the fastest response time, tie both balance pins to  $V_{CC}$ .

Certain sources will produce a cleaner comparator output waveform if a 100 pF to 1000 pF capacitor (C2) is connected directly across the input pins. When the signal source is applied through a resistive network, R1, it is usually advantageous to choose R2 of the same value, both for DC and for dynamic (AC) considerations. Carbon, tin-oxide, and metal-film resistors have all been used with good results in comparator input circuitry, but inductive wirewound resistors should be avoided.

When comparator circuits use input resistors (e.g., summing resistors), their value and placement are particularly important. In all cases the body of the resistor should be close to the device or socket. In other words, there should be a very short lead length or printed-circuit foil run between comparator and resistor to radiate or pick up signals. The same applies to capacitors, pots, etc. For example, if R1 = 10 k $\Omega$ , as little as 5 inches of lead between the resistors and the input pins can result in oscillations that are very hard to dampen. Twisting these input leads tightly is the best alternative to placing resistors close to the comparator.

Since feedback to almost any pin of a comparator can result in oscillation, the printed-circuit layout should be engineered thoughtfully. Preferably there should be a groundplane under the LM211 circuitry (e.g., one side of a double layer printed circuit board). Ground, positive supply or negative supply foil should extend between the output and the inputs to act as a guard. The foil connections for the inputs should be as small and compact as possible, and should be essentially surrounded by ground foil on all sides to guard against capacitive coupling from any fast high-level signals (such as the output). If Pins 5 and 6 are not used, they should be shorted together. If they are connected to a trim-pot, the trim-pot should be located no more than a few inches away from the LM211, and a 0.01  $\mu\text{F}$  capacitor should be installed across Pins 5 and 6. If this capacitor cannot be used, a shielding printed-circuit foil may be advisable between Pins 6 and 7. The power supply bypass capacitors should be located within a couple inches of the LM211.

A standard procedure is to add hysteresis to a comparator to prevent oscillation, and to avoid excessive noise on the output. In the circuit of Figure 16, the feedback resistor of 510 k $\Omega$  from the output to the positive input will cause about 3.0 mV of hysteresis. However, if R2 is larger than 100  $\Omega$ , such as 50 k $\Omega$ , it would not be practical to simply increase the value of the positive feedback resistor proportionally above 510 k $\Omega$  to maintain the same amount of hysteresis.

When both inputs of the LM211 are connected to active signals, or if a high-impedance signal is driving the positive input of the LM211 so that positive feedback would be disruptive, the circuit of Figure 15 is ideal. The positive feedback is applied to Pin 5 (one of the offset adjustment pins). This will be sufficient to cause 1.0 mV to 2.0 mV hysteresis and sharp transitions with input triangle waves from a few Hz to hundreds of kHz. The positive-feedback signal across the 82  $\Omega$  resistor swings 240 mV below the positive supply. This signal is centered around the nominal voltage at Pin 5, so this feedback does not add to the offset voltage of the comparator. As much as 8.0 mV of offset voltage can be trimmed out, using the 5.0 k $\Omega$  pot and 3.0 k $\Omega$  resistor as shown.

Figure 17. Zero-Crossing Detector Driving CMOS Logic

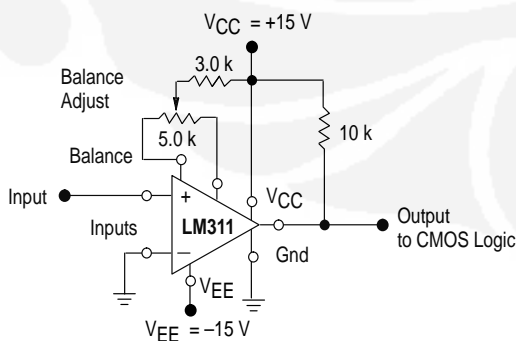
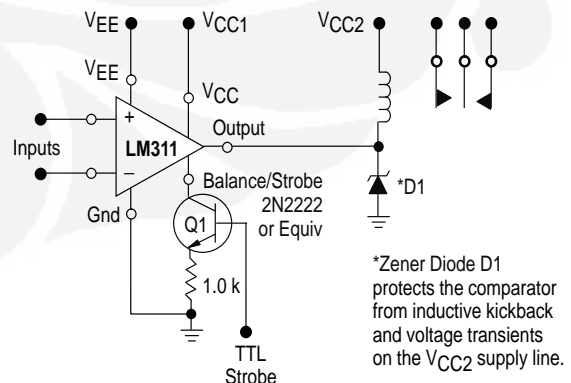


Figure 18. Relay Driver with Strobe Capability



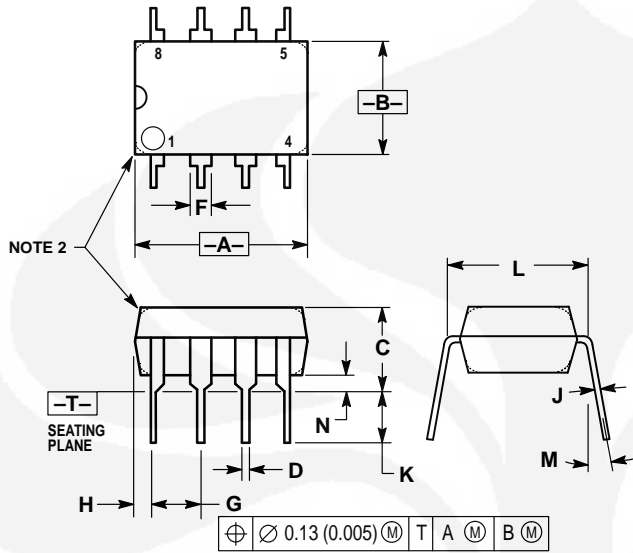
\*Zener Diode D1 protects the comparator from inductive kickback and voltage transients on the  $V_{CC2}$  supply line.



# LM311 LM211

## OUTLINE DIMENSIONS

### N SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 626-05 ISSUE K

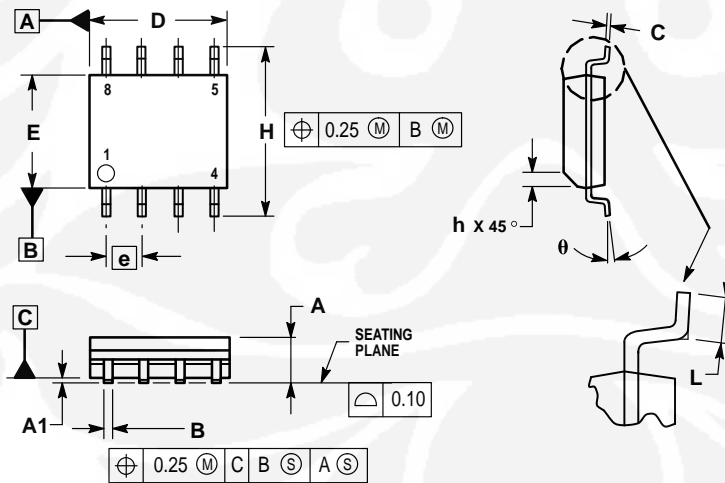


NOTES:

1. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
2. PACKAGE CONTOUR OPTIONAL (ROUND OR SQUARE CORNERS).
3. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	9.40	10.16	0.370	0.400
B	6.10	6.60	0.240	0.260
C	3.94	4.45	0.155	0.175
D	0.38	0.51	0.015	0.020
F	1.02	1.78	0.040	0.070
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	0.76	1.27	0.030	0.050
J	0.20	0.30	0.008	0.012
K	2.92	3.43	0.115	0.135
L	7.62 BSC		0.300 BSC	
M	10°		10°	
N	0.76	1.01	0.030	0.040


### D SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 751-05 (SO-8) ISSUE R



NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M, 1994.
2. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
3. DIMENSION D AND E DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 PER SIDE.
5. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 TOTAL IN EXCESS OF THE B DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS	
	MIN	MAX
A	1.35	1.75
A1	0.10	0.25
B	0.35	0.49
C	0.18	0.25
D	4.80	5.00
E	3.80	4.00
e	1.27 BSC	
H	5.80	6.20
h	0.25	0.50
L	0.40	1.25
θ	0° 7°	

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 which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. 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  are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

**How to reach us:**

**USA/EUROPE/Locations Not Listed:** Motorola Literature Distribution;  
P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447 or 602-303-5454

**JAPAN:** Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center,  
3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315

**MFAX:** RMFAX0@email.sps.mot.com – TOUCHTONE 602-244-6609  
**INTERNET:** <http://Design-NET.com>

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

**MOTOROLA**

# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

## Single Supply Quad Operational Amplifiers

The LM324 series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. They have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V (LM224, LM324, LM324A)
- Low Input Bias Currents: 100 nA Maximum (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Device Operation

### MAXIMUM RATINGS ( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

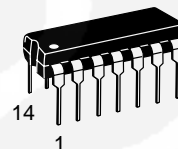
Rating	Symbol	LM224 LM324, LM324A	LM2902, LM2902V	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	$V_{CC}$ $V_{CC}, V_{EE}$	32 $\pm 16$	26 $\pm 13$	Vdc
Input Differential Voltage Range (Note 1)	$V_{IDR}$	$\pm 32$	$\pm 26$	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	$V_{ICR}$	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	$t_{SC}$	Continuous		
Junction Temperature	$T_J$	150		$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-65 to +150		$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range	$T_A$			$^\circ\text{C}$
LM224		-25 to +85		
LM324, 324A		0 to +70		
LM2902			-40 to +105	
LM2902V, NCV2902			-40 to +125	

1. Split Power Supplies.

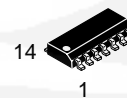


ON Semiconductor®

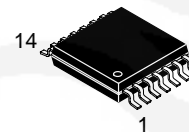
<http://onsemi.com>



PDIP-14  
N SUFFIX  
CASE 646

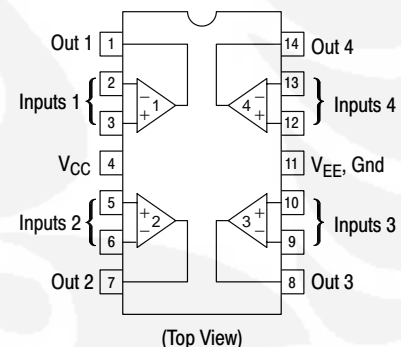


SO-14  
D SUFFIX  
CASE 751A



TSSOP-14  
DTB SUFFIX  
CASE 948G

### PIN CONNECTIONS



### ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 9 of this data sheet.

### DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 10 of this data sheet.

# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ , $V_{EE} = \text{Gnd}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V/NCV2902			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ to $30\text{ V}$ ( $26\text{ V}$ for LM2902, V), $V_{ICR} = 0\text{ V}$ to $V_{CC} - 1.7\text{ V}$ , $V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 0\ \Omega$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ (Note 2) $T_A = T_{\text{low}}$ (Note 2)	$V_{IO}$	–	2.0	5.0	–	2.0	3.0	–	2.0	7.0	–	2.0	7.0	–	2.0	7.0	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Notes 2 and 4)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	–	7.0	–	–	7.0	30	–	7.0	–	–	7.0	–	–	7.0	–	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 2)	$I_{IO}$	–	3.0	30	–	5.0	30	–	5.0	50	–	5.0	50	–	5.0	50	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Notes 2 and 4)	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	–	10	–	–	10	300	–	10	–	–	10	–	–	10	–	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 2)	$I_{IB}$	–	–90	–150	–	–45	–100	–	–90	–250	–	–90	–250	–	–90	–250	nA
Input Common Mode Voltage Range (Note 3) $V_{CC} = 30\text{ V}$ ( $26\text{ V}$ for LM2902, V) $T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 2)	$V_{ICR}$	0	–	28.3	0	–	28.3	0	–	28.3	0	–	24.3	0	–	24.3	V
Differential Input Voltage Range	$V_{IDR}$	–	–	$V_{CC}$	–	–	$V_{CC}$	–	–	$V_{CC}$	–	–	$V_{CC}$	–	–	$V_{CC}$	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ , $V_{CC} = 15\text{ V}$ , for Large $V_O$ Swing $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 2)	$A_{VOL}$	50	100	–	25	100	–	25	100	–	25	100	–	25	100	–	V/mV
Channel Separation $10\text{ kHz} \leq f \leq 20\text{ kHz}$ , Input Referenced	CS	–	–120	–	–	–120	–	–	–120	–	–	–120	–	–	–120	–	dB
Common Mode Rejection, $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	CMR	70	85	–	65	70	–	65	70	–	50	70	–	50	70	–	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	–	65	100	–	65	100	–	50	100	–	50	100	–	dB

2. LM224:  $T_{\text{low}} = -25^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +85^\circ\text{C}$   
 LM324/LM324A:  $T_{\text{low}} = 0^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +70^\circ\text{C}$   
 LM2902:  $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +105^\circ\text{C}$   
 LM2902V & NCV2902:  $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +125^\circ\text{C}$   
*NCV2902 is qualified for automotive use.*

3. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is  $V_{CC} - 1.7\text{ V}$ .
4. Guaranteed by design.

# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ , $V_{EE} = \text{Gnd}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V/NCV2902			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage– High Limit ( $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ ) (Note 5) $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ , $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2902, V), $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2902, V), $R_L = 10\text{ k}\Omega$	$V_{OH}$	3.3	3.5	–	3.3	3.5	–	3.3	3.5	–	3.3	3.5	–	3.3	3.5	–	V
Output Voltage – Low Limit, $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 5)	$V_{OL}$	–	5.0	20	–	5.0	20	–	5.0	20	–	5.0	100	–	5.0	100	mV
Output Source Current ( $V_{ID} = +1.0\text{ V}$ , $V_{CC} = 15\text{ V}$ ) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 5)	$I_{O+}$	20	40	–	20	40	–	20	40	–	20	40	–	20	40	–	mA
Output Sink Current ( $V_{ID} = -1.0\text{ V}$ , $V_{CC} = 15\text{ V}$ ) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 5) $(V_{ID} = -1.0\text{ V}$ , $V_O = 200\text{ mV}$ , $T_A = 25^\circ\text{C})$	$I_{O-}$	10	20	–	10	20	–	10	20	–	10	20	–	10	20	–	mA
Output Short Circuit to Ground (Note 6)	$I_{SC}$	–	40	60	–	40	60	–	40	60	–	40	60	–	40	60	mA
Power Supply Current ( $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ ) (Note 5) $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2902, V), $V_O = 0\text{ V}$ , $R_L = \infty$ $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ , $V_O = 0\text{ V}$ , $R_L = \infty$	$I_{CC}$	–	–	3.0	–	1.4	3.0	–	–	3.0	–	–	3.0	–	–	3.0	mA

5. LM224:  $T_{\text{low}} = -25^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +85^\circ\text{C}$   
 LM324/LM324A:  $T_{\text{low}} = 0^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +70^\circ\text{C}$   
 LM2902:  $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +105^\circ\text{C}$   
 LM2902V & NCV2902:  $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +125^\circ\text{C}$   
*NCV2902 is qualified for automotive use.*

6. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is  $V_{CC} - 1.7\text{ V}$ .

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

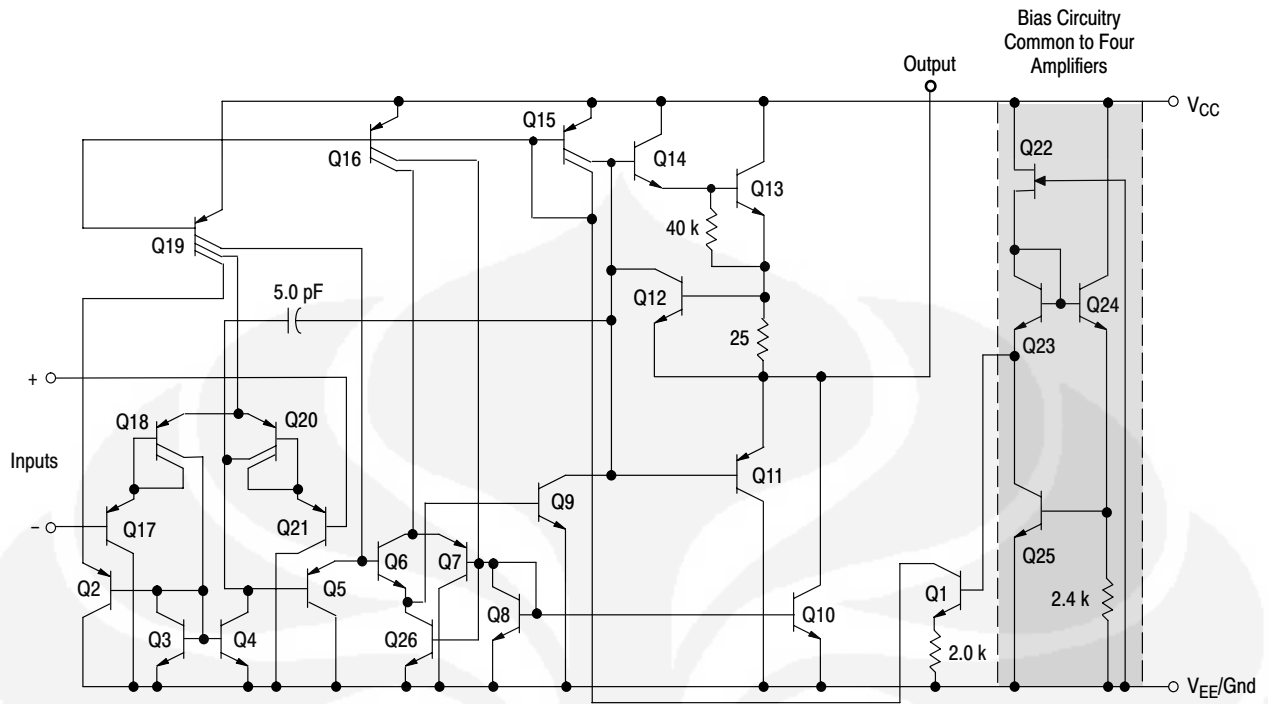


Figure 1. Representative Circuit Diagram  
(One-Fourth of Circuit Shown)

CIRCUIT DESCRIPTION

The LM324 series is made using four internally compensated, two-stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single-ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

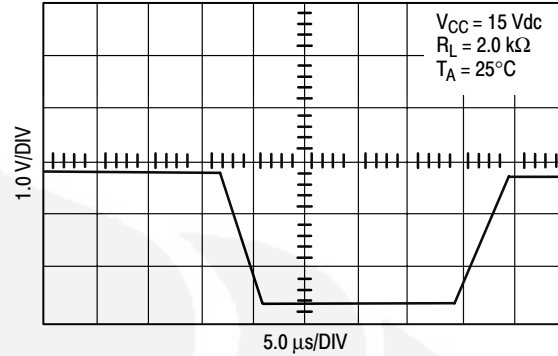


Figure 2. Large Signal Voltage Follower Response

Each amplifier is biased from an internal-voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.

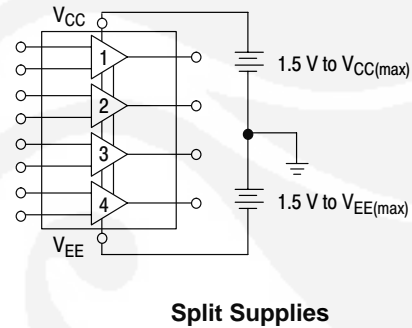
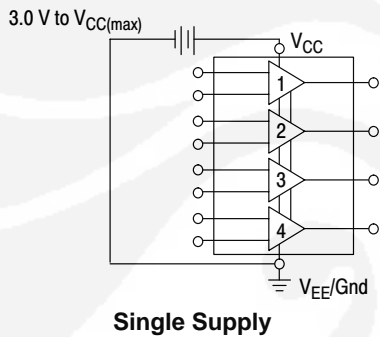


Figure 3.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

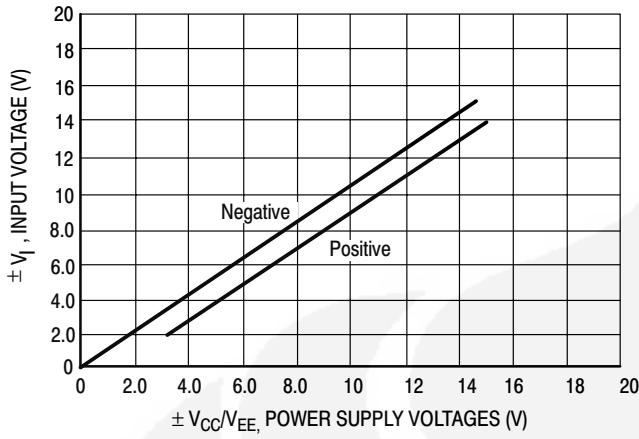


Figure 4. Input Voltage Range

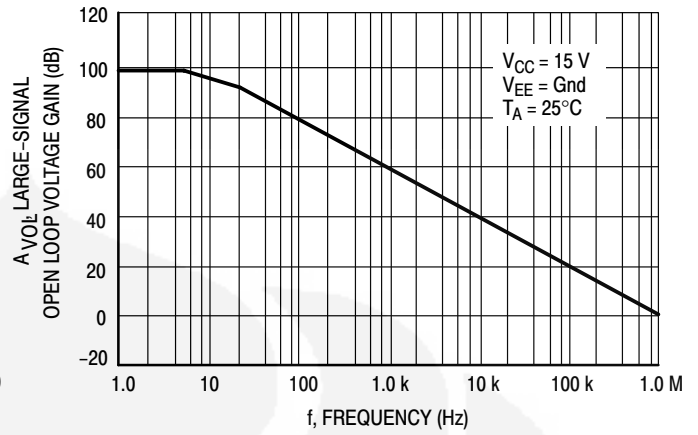


Figure 5. Open Loop Frequency

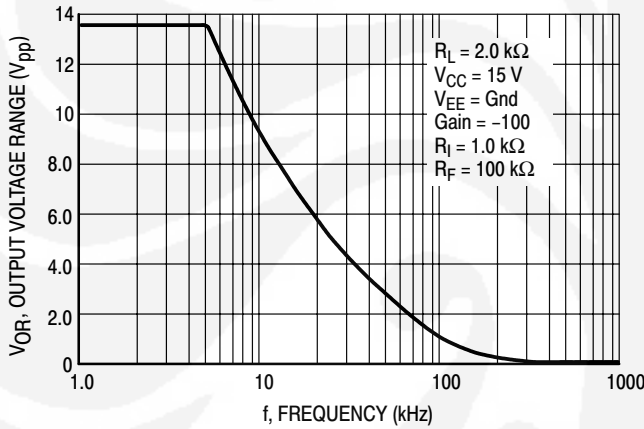


Figure 6. Large-Signal Frequency Response

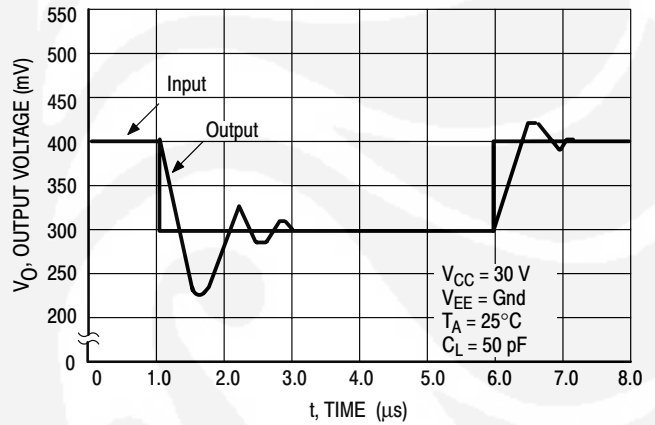


Figure 7. Small-Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)

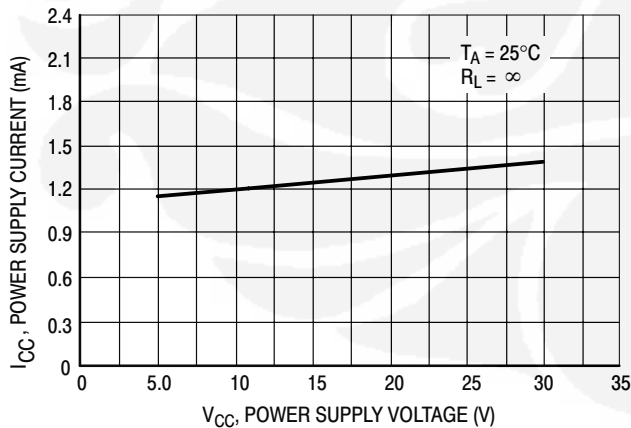


Figure 8. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

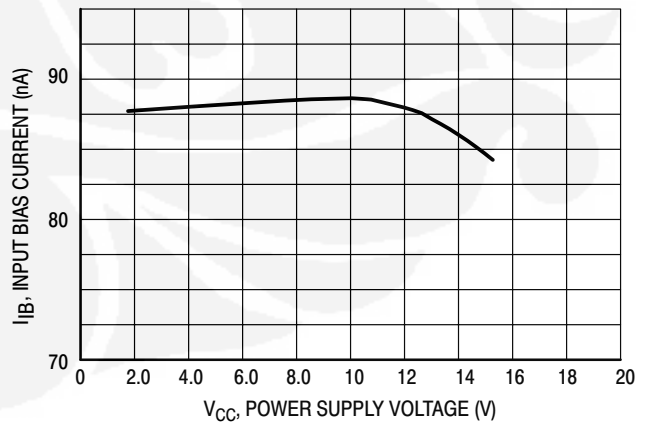


Figure 9. Input Bias Current versus Power Supply Voltage



# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

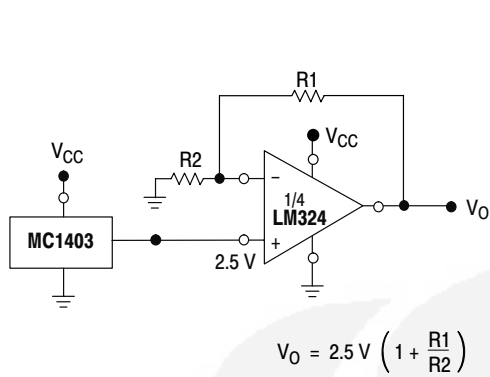


Figure 10. Voltage Reference

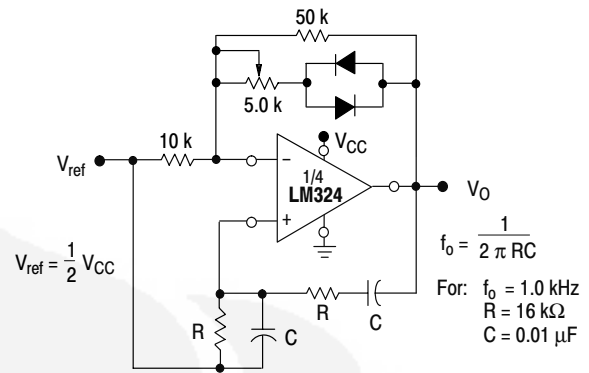


Figure 11. Wien Bridge Oscillator

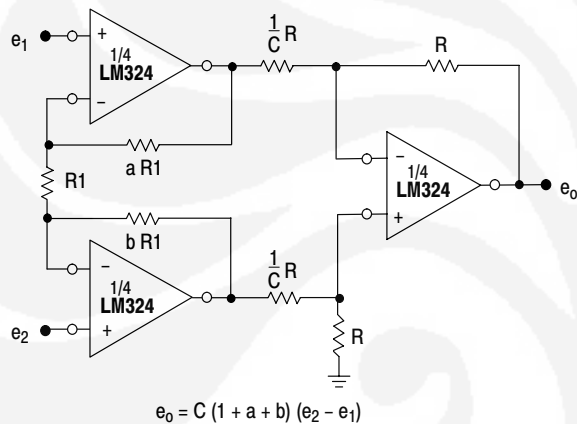


Figure 12. High Impedance Differential Amplifier

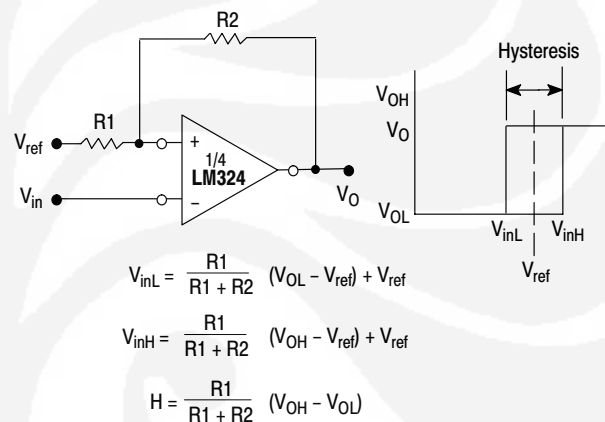


Figure 13. Comparator with Hysteresis

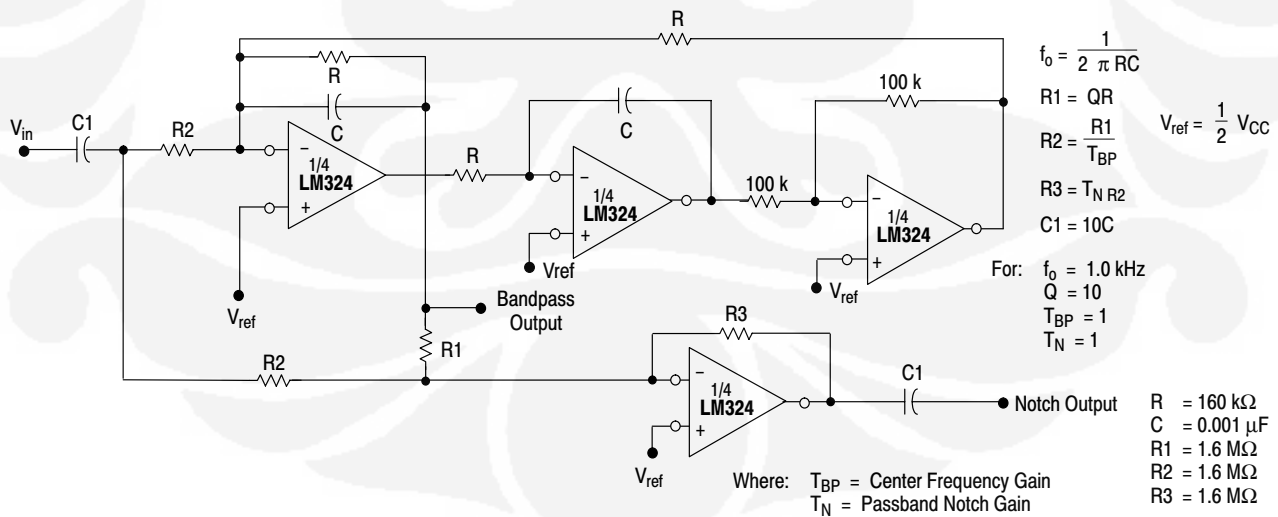


Figure 14. Bi-Quad Filter

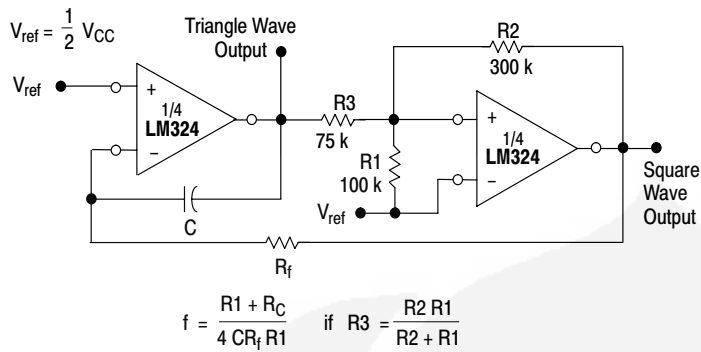


Figure 15. Function Generator

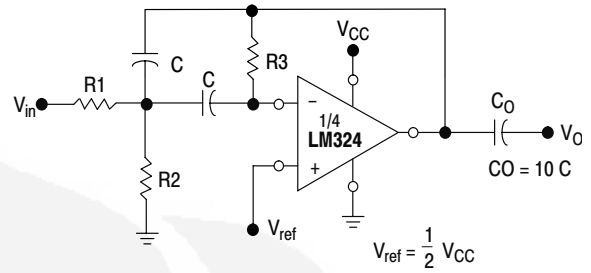


Figure 16. Multiple Feedback Bandpass Filter

Given:  $f_0$  = center frequency  
 $A(f_0)$  = gain at center frequency

Choose value  $f_0, C$

Then:  $R3 = \frac{Q}{\pi f_0 C}$

$R1 = \frac{R3}{2 A(f_0)}$

$R2 = \frac{R1 R3}{4Q^2 R1 - R3}$

For less than 10% error from operational amplifier,  $\frac{Q_0 f_0}{BW} < 0.1$

where  $f_0$  and BW are expressed in Hz.

If source impedance varies, filter may be preceded with voltage follower buffer to stabilize filter parameters.

# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

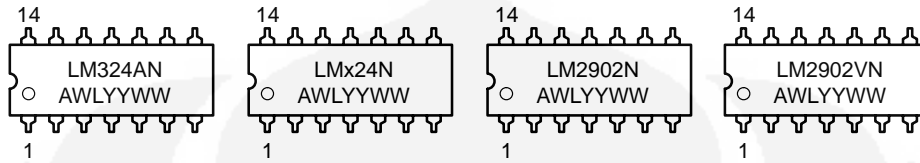
## ORDERING INFORMATION

Device	Package	Operating Temperature Range	Shipping
LM224D	SO-14	-25° to +85°C	55 Units/Rail
LM224DR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM224DTB	TSSOP-14		96 Units/Rail
LM224DTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM224N	PDIP-14		25 Units/Rail
LM324D	SO-14	0° to +70°C	55 Units/Rail
LM324DR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM324DTB	TSSOP-14		96 Units/Rail
LM324DTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM324N	PDIP-14		25 Units/Rail
LM324AD	SO-14		55 Units/Rail
LM324ADR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM324ADTB	TSSOP-14		96 Units/Rail
LM324ADTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM324AN	PDIP-14		25 Units/Rail
LM2902D	SO-14	-40° to +105°C	55 Units/Rail
LM2902DR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM2902DTB	TSSOP-14		96 Units/Rail
LM2902DTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM2902N	PDIP-14		25 Units/Rail
LM2902VD	SO-14	-40° to +125°C	55 Units/Rail
LM2902VDR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM2902VDTB	TSSOP-14		96 Units/Rail
LM2902VDTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM2902VN	PDIP-14		25 Units/Rail
NCV2902DR2	SO-14		2500 Tape & Reel

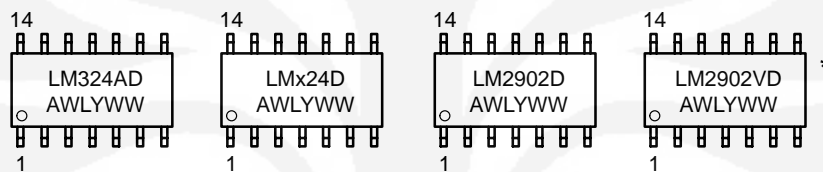
# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

## MARKING DIAGRAMS

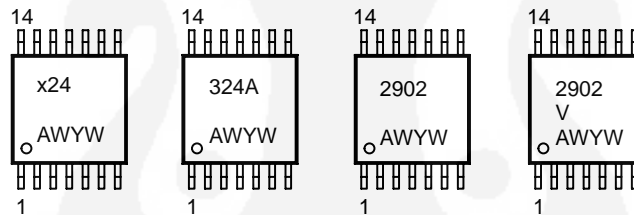
### PDIP-14 N SUFFIX CASE 646



### SO-14 D SUFFIX CASE 751A



### TSSOP-14 DTB SUFFIX CASE 948G



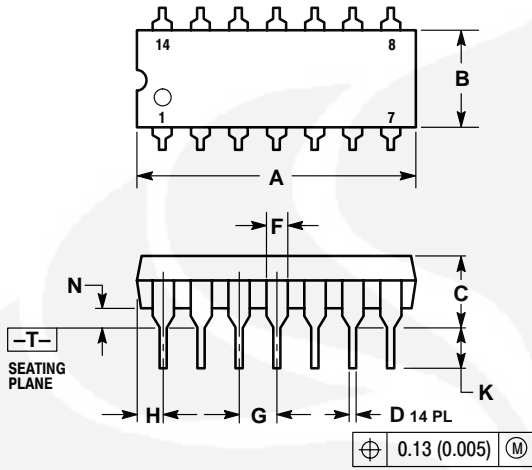
x = 2 or 3  
A = Assembly Location  
WL = Wafer Lot  
YY, Y = Year  
WW, W = Work Week

\*This marking diagram also applies to NCV2902.

# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

## PACKAGE DIMENSIONS

PDIP-14  
N SUFFIX  
CASE 646-06  
ISSUE M

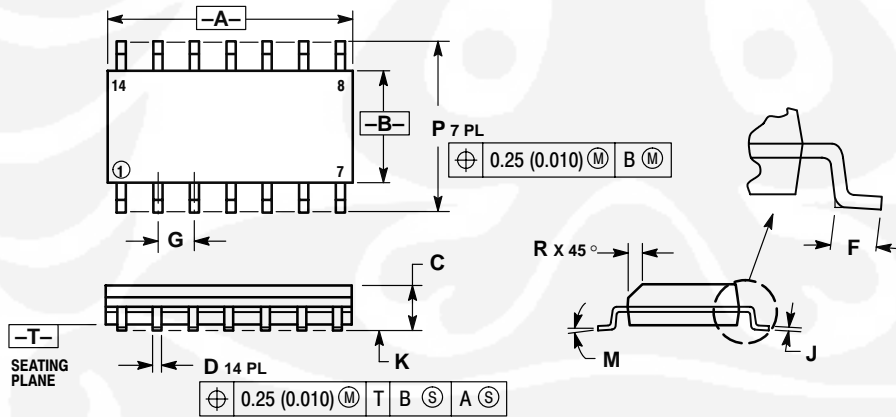


NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	18.80
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.290	0.310	7.37	7.87
M	---	10°	---	10°
N	0.015	0.039	0.38	1.01

SO-14  
D SUFFIX  
CASE 751A-03  
ISSUE F



NOTES:

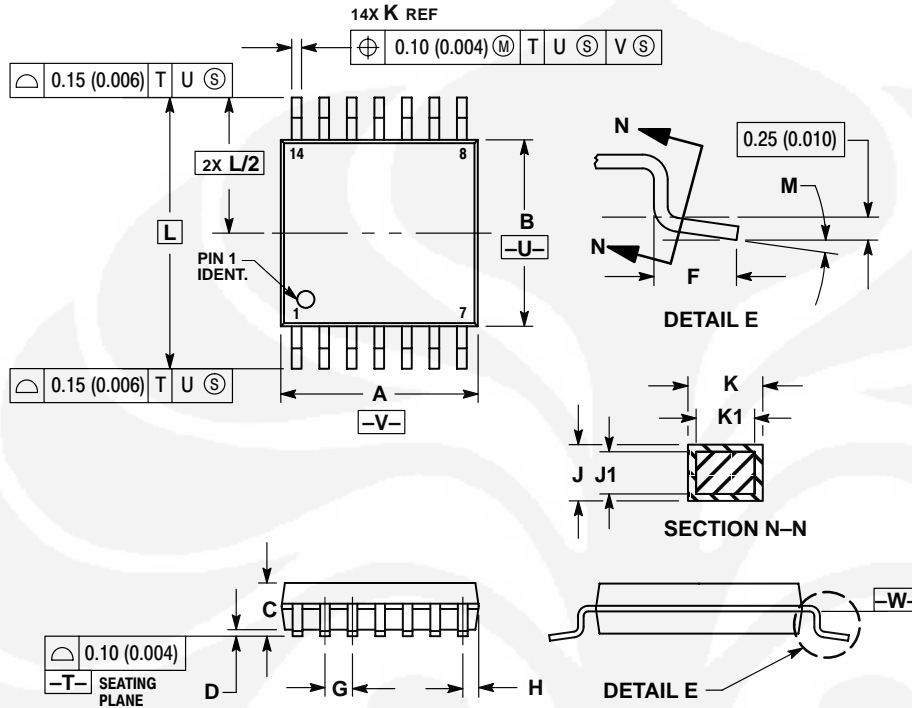
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

## PACKAGE DIMENSIONS

TSSOP-14  
DTB SUFFIX  
CASE 948G-01  
ISSUE O



### NOTES:

- DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
- CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
- DIMENSION A DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS. MOLD FLASH OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.15 (0.006) PER SIDE.
- DIMENSION B DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION. INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION SHALL NOT EXCEED 0.25 (0.010) PER SIDE.
- DIMENSION K DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.08 (0.003) TOTAL IN EXCESS OF THE K DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
- TERMINAL NUMBERS ARE SHOWN FOR REFERENCE ONLY.
- DIMENSION A AND B ARE TO BE DETERMINED AT DATUM PLANE -W-.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.90	5.10	0.193	0.200
B	4.30	4.50	0.169	0.177
C	---	1.20	---	0.047
D	0.05	0.15	0.002	0.006
F	0.50	0.75	0.020	0.030
G	0.65 BSC		0.026 BSC	
H	0.50	0.60	0.020	0.024
J	0.09	0.20	0.004	0.008
J1	0.09	0.16	0.004	0.006
K	0.19	0.30	0.007	0.012
K1	0.19	0.25	0.007	0.010
L	6.40 BSC		0.252 BSC	
M	0°	8°	0°	8°

ON Semiconductor and are registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC 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 special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC 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 SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC 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 SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

### PUBLICATION ORDERING INFORMATION

#### Literature Fulfillment:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA  
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
Email: ONlit@hibbertco.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free USA/Canada

JAPAN: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center  
4-32-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan 141-0031  
Phone: 81-3-5740-2700  
Email: r14525@onsemi.com

ON Semiconductor Website: <http://onsemi.com>

For additional information, please contact your local Sales Representative.

# DATA SHEET

For a complete data sheet, please also download:

- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications
- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information
- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines

## **74HC/HCT14** Hex inverting Schmitt trigger

Product specification  
File under Integrated Circuits, IC06

September 1993

## Hex inverting Schmitt trigger

## 74HC/HCT14

## FEATURES

- Output capability: standard
- $I_{CC}$  category: SSI

## GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT14 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT14 provide six inverting buffers with Schmitt-trigger action. They are capable of transforming slowly changing input signals into sharply defined, jitter-free output signals.

## QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V;  $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $t_r = t_f = 6\text{ ns}$

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
$t_{PHL}/t_{PLH}$	propagation delay nA to nY	$C_L = 15\text{ pF}$ ; $V_{CC} = 5\text{ V}$	12	17	ns
$C_I$	input capacitance		3.5	3.5	pF
$C_{PD}$	power dissipation capacitance per gate	notes 1 and 2	7	8	pF

## Notes

1.  $C_{PD}$  is used to determine the dynamic power dissipation ( $P_D$  in  $\mu\text{W}$ ):

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o) \text{ where:}$$

$f_i$  = input frequency in MHz

$f_o$  = output frequency in MHz

$C_L$  = output load capacitance in pF

$V_{CC}$  = supply voltage in V

$\sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$  = sum of outputs

2. For HC the condition is  $V_I = \text{GND to } V_{CC}$   
For HCT the condition is  $V_I = \text{GND to } V_{CC} - 1.5\text{ V}$

## ORDERING INFORMATION

See ["74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information"](#).

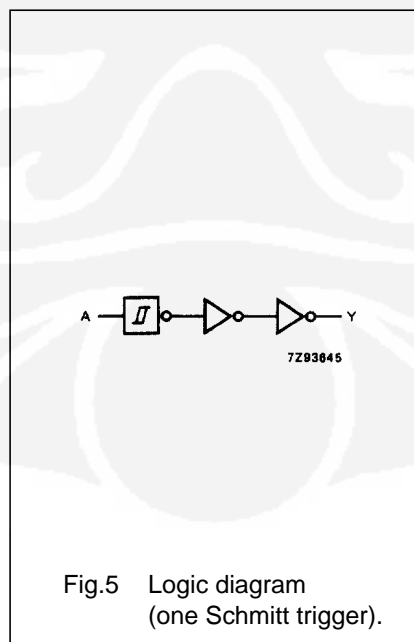
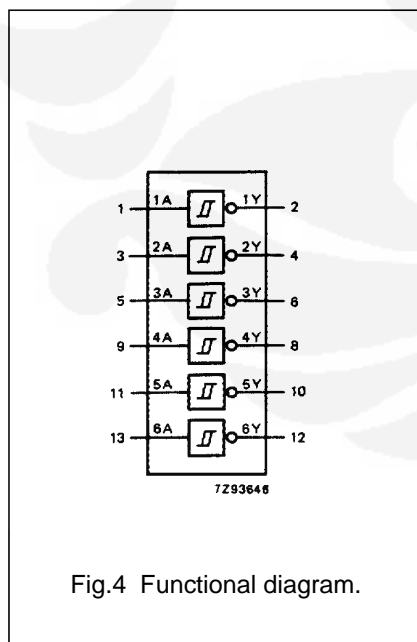
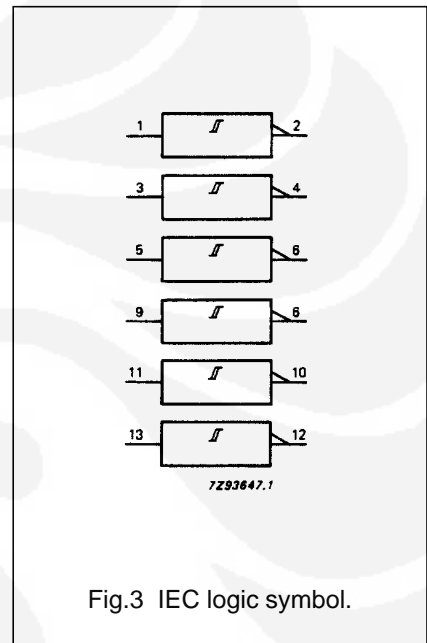
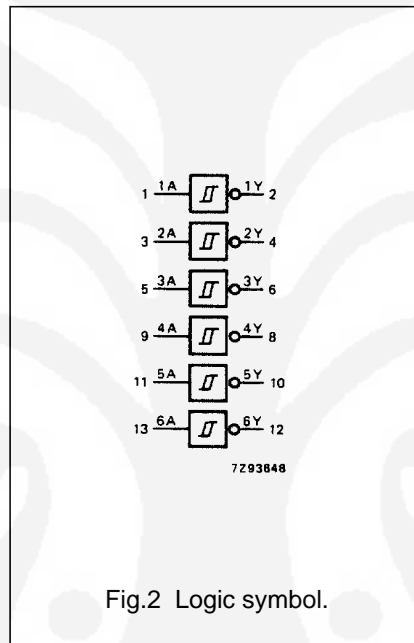
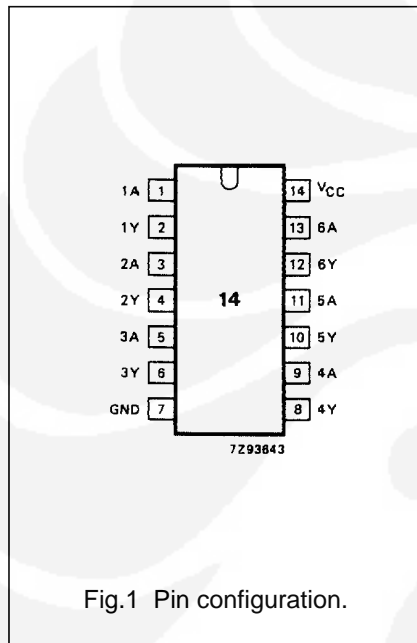


# Hex inverting Schmitt trigger

# 74HC/HCT14

## PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
1, 3, 5, 9, 11, 13	1A to 6A	data inputs
2, 4, 6, 8, 10, 12	1Y to 6Y	data outputs
7	GND	ground (0 V)
14	V <sub>CC</sub>	positive supply voltage



## FUNCTION TABLE

INPUT	OUTPUT
nA	nY
L	H
H	L

### Notes

1. H = HIGH voltage level  
L = LOW voltage level

### APPLICATIONS

- Wave and pulse shapers
- Astable multivibrators
- Monostable multivibrators

## Hex inverting Schmitt trigger

## 74HC/HCT14

**DC CHARACTERISTICS FOR 74HC**

For the DC characteristics see "*74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications*". Transfer characteristics are given below.

Output capability: standard

I<sub>CC</sub> category: SSI

**Transfer characteristics for 74HC**

Voltages are referenced to GND (ground = 0 V)

SYMBOL	PARAMETER	T <sub>amb</sub> (°C)								UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HC									V <sub>CC</sub> (V)	WAVEFORMS
		+25			-40 to +85		-40 to +125					
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.	max.				
V <sub>T+</sub>	positive-going threshold	0.7	1.18	1.5	0.7	1.5	0.7	1.5	V	2.0 4.5 6.0	Figs 6 and 7	
V <sub>T-</sub>	negative-going threshold	0.3	0.52	0.90	0.3	0.90	0.30	0.90	V	2.0 4.5 6.0	Figs 6 and 7	
V <sub>H</sub>	hysteresis (V <sub>T+</sub> - V <sub>T-</sub> )	0.2	0.66	1.0	0.2	1.0	0.2	1.0	V	2.0 4.5 6.0	Figs 6 and 7	

**AC CHARACTERISTICS FOR 74HC**

GND = 0 V; t<sub>f</sub> = t<sub>r</sub> = 6 ns; C<sub>L</sub> = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T <sub>amb</sub> (°C)								UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HC									V <sub>CC</sub> (V)	WAVEFORMS
		+25			-40 to +85		-40 to +125					
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.	max.				
t <sub>PHL</sub> / t <sub>PLH</sub>	propagation delay nA to nY		41	125		155		190	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.8	
t <sub>THL</sub> / t <sub>TLH</sub>	output transition time		19	75		95		110	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.8	
			7	15		19		22				
			6	13		15		19				

## Hex inverting Schmitt trigger

## 74HC/HCT14

**DC CHARACTERISTICS FOR 74HCT**

For the DC characteristics see *"74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications"*. Transfer characteristics are given below.

Output capability: standard

$I_{CC}$  category: SSI

**Note to HCT types**

The value of additional quiescent supply current ( $\Delta I_{CC}$ ) for a unit load of 1 is given in the family specifications.

To determine  $\Delta I_{CC}$  per input, multiply this value by the unit load coefficient shown in the table below.

INPUT	UNIT LOAD COEFFICIENT
nA	0.3

**Transfer characteristics for 74HCT**

Voltages are referenced to GND (ground = 0 V)

SYMBOL	PARAMETER	$T_{amb}$ (°C)								UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HCT									$V_{CC}$ (V)	WAVEFORMS
		+25			-40 to +85		-40 to +125					
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.	max.				
$V_{T+}$	positive-going threshold	1.2 1.4	1.41 1.59	1.9 2.1	1.2 1.4	1.9 2.1	1.2 1.4	1.9 2.1	V	4.5 5.5	Figs 6 and 7	
$V_{T-}$	negative-going threshold	0.5 0.6	0.85 0.99	1.2 1.4	0.5 0.6	1.2 1.4	0.5 0.6	1.2 1.4	V	4.5 5.5	Figs 6 and 7	
$V_H$	hysteresis ( $V_{T+} - V_{T-}$ )	0.4 0.4	0.56 0.60	– –	0.4 0.4	– –	0.4 0.4	– –	V	4.5 5.5	Figs 6 and 7	

**AC CHARACTERISTICS FOR 74HCT**

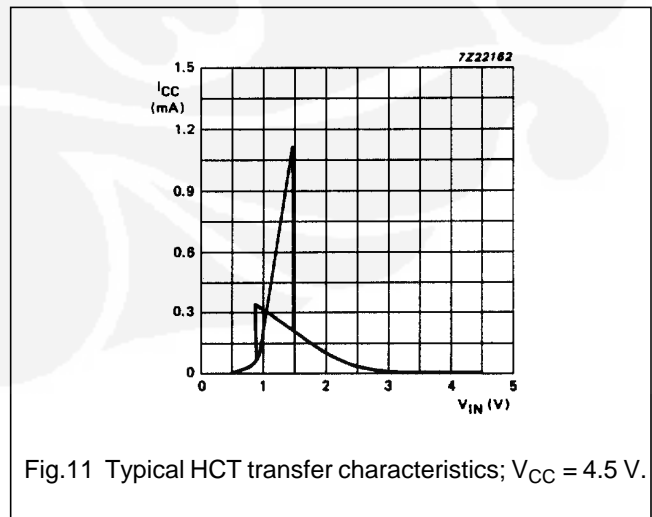
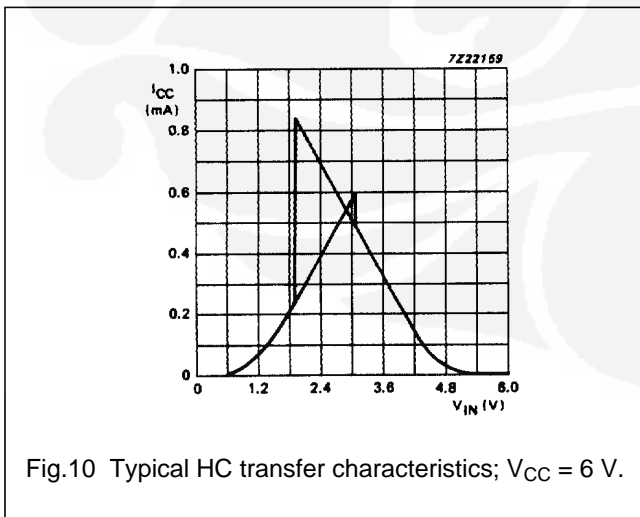
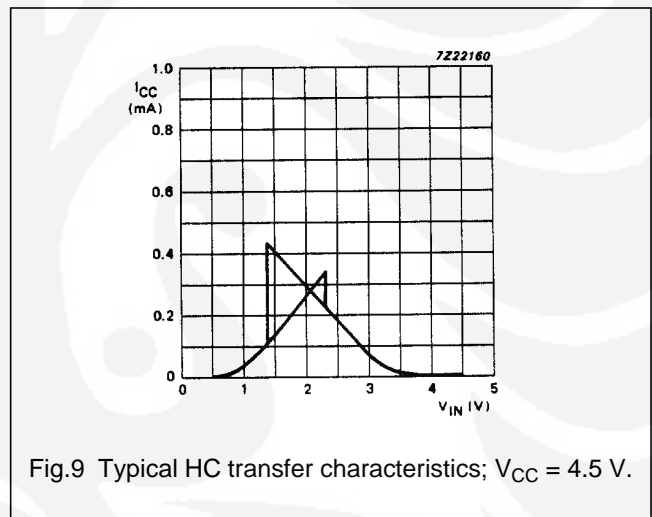
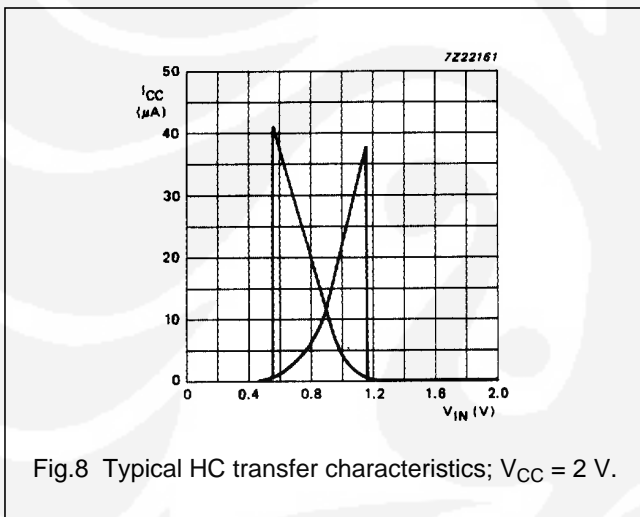
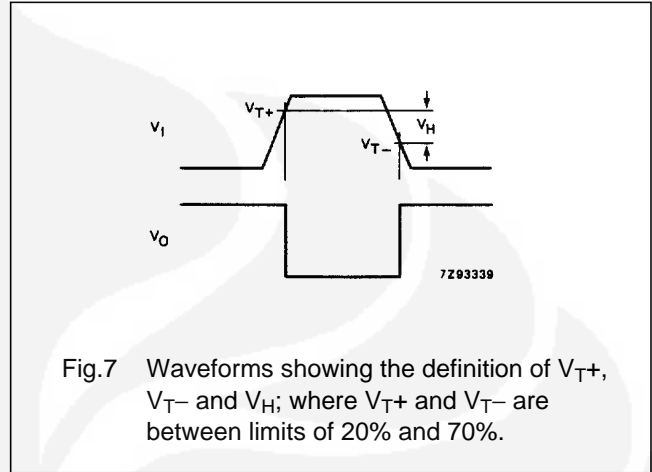
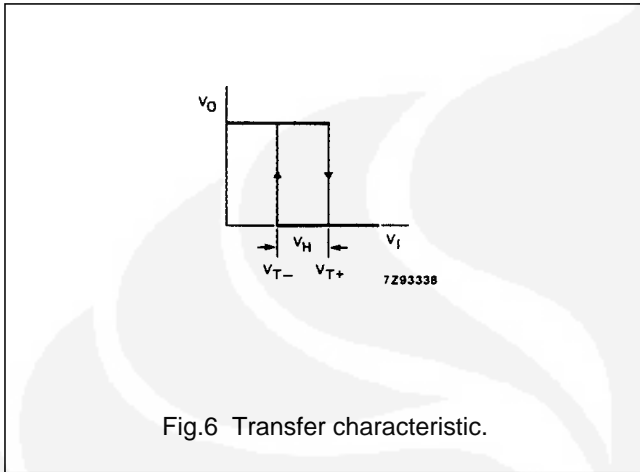
GND = 0 V;  $t_r = t_f = 6$  ns;  $C_L = 50$  pF

SYMBOL	PARAMETER	$T_{amb}$ (°C)								UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HCT									$V_{CC}$ (V)	WAVEFORMS
		+25			-40 to +85		-40 to +125					
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.	max.				
$t_{PHL} / t_{PLH}$	propagation delay nA, to nY		20	34		43		51	ns	4.5	Fig.8	
$t_{THL} / t_{TLH}$	output transition time		7	15		19		22	ns	4.5	Fig.8	

# Hex inverting Schmitt trigger

# 74HC/HCT14

## TRANSFER CHARACTERISTIC WAVEFORMS



Hex inverting Schmitt trigger

74HC/HCT14

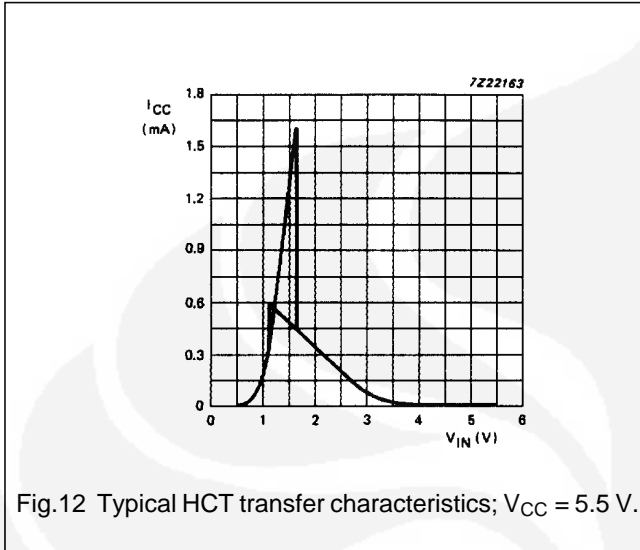


Fig.12 Typical HCT transfer characteristics;  $V_{CC} = 5.5$  V.

AC WAVEFORMS

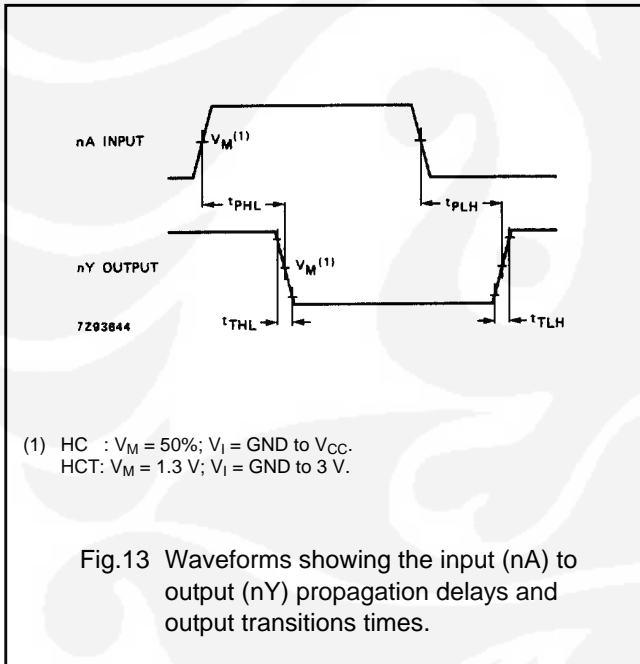


Fig.13 Waveforms showing the input (nA) to output (nY) propagation delays and output transitions times.

# Hex inverting Schmitt trigger

# 74HC/HCT14

## APPLICATION INFORMATION

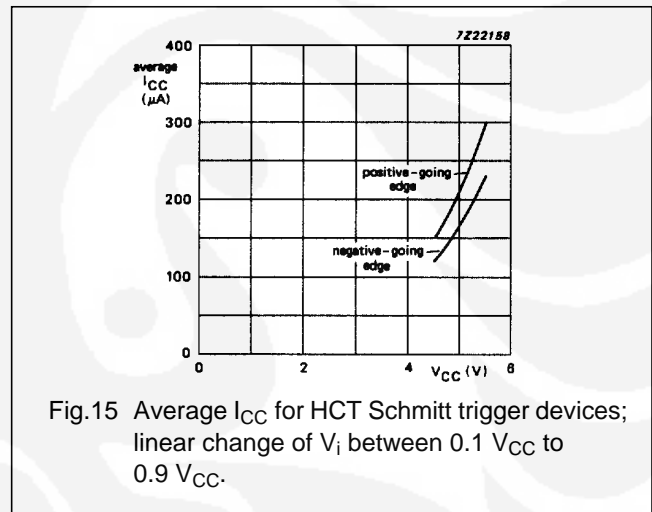
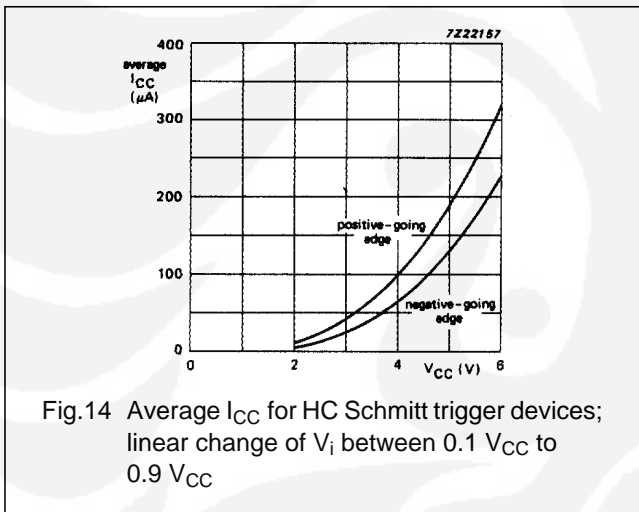
The slow input rise and fall times cause additional power dissipation, this can be calculated using the following formula:

$$P_{ad} = f_i \times (t_r \times I_{CCa} + t_f \times I_{CCa}) \times V_{CC}$$

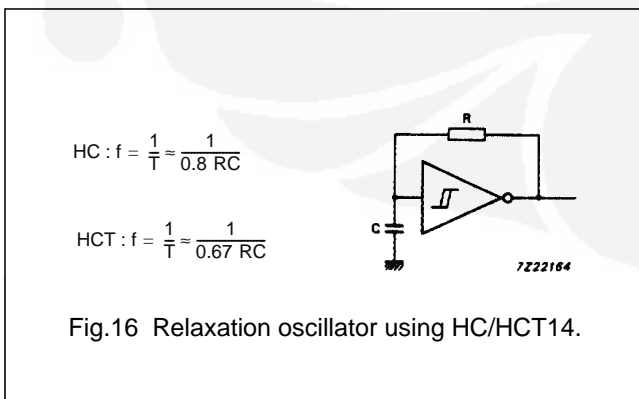
Where:

- $P_{ad}$  = additional power dissipation ( $\mu W$ )
- $f_i$  = input frequency (MHz)
- $t_r$  = input rise time ( $\mu s$ ); 10% – 90%
- $t_f$  = input fall time ( $\mu s$ ); 10% – 90%
- $I_{CCa}$  = average additional supply current ( $\mu A$ )

Average  $I_{CCa}$  differs with positive or negative input transitions, as shown in Figs 14 and 15.



HC/HCT14 used in a relaxation oscillator circuit, see Fig.16.



### Note to Application information

All values given are typical unless otherwise specified.

### PACKAGE OUTLINES

See *"74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines"*.



# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## General Description

The MAX220–MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where  $\pm 12V$  is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than  $5\mu W$ . The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

## Applications

Portable Computers  
Low-Power Modems  
Interface Translation  
Battery-Powered RS-232 Systems  
Multidrop RS-232 Networks

*AutoShutdown and UCSP are trademarks of Maxim Integrated Products, Inc.*

## Next-Generation Device Features

- ◆ **For Low-Voltage, Integrated ESD Applications**  
MAX3222E/MAX3232E/MAX3237E/MAX3241E/  
MAX3246E: +3.0V to +5.5V, Low-Power, Up to  
1Mbps, True RS-232 Transceivers Using Four  
0.1 $\mu F$  External Capacitors (MAX3246E Available  
in a UCSP™ Package)
- ◆ **For Low-Cost Applications**  
MAX221E:  $\pm 15kV$  ESD-Protected, +5V, 1 $\mu A$ ,  
Single RS-232 Transceiver with AutoShutdown™

## Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering Information continued at end of data sheet.

\*Contact factory for dice specifications.

## Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value ( $\mu F$ )	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	0.047/0.33	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✓	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✓	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package



# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V <sub>CC</sub> )	-0.3V to +6V	18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	..889mW
V+ (Note 1)	(V <sub>CC</sub> - 0.3V) to +14V	20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	..440mW
V- (Note 1)	+0.3V to +14V	16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C)	..696mW
Input Voltages		16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	.....762mW
T <sub>IN</sub>	-0.3V to (V <sub>CC</sub> - 0.3V)	18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	.....762mW
R <sub>IN</sub> (Except MAX220)	±30V	20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C)	....800mW
R <sub>IN</sub> (MAX220)	±25V	20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	.....640mW
T <sub>OUT</sub> (Except MAX220) (Note 2)	±15V	16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)	....800mW
T <sub>OUT</sub> (MAX220)	±13.2V	18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	.....842mW
Output Voltages		Operating Temperature Ranges	
T <sub>OUT</sub>	±15V	MAX2_AC_, MAX2_C_	.....0°C to +70°C
R <sub>OUT</sub>	-0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V)	MAX2_AE_, MAX2_E_	.....-40°C to +85°C
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND	Continuous	MAX2_AM_, MAX2_M_	.....-55°C to +125°C
Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)		Storage Temperature Range	.....-65°C to +160°C
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	..842mW	Lead Temperature (soldering, 10s) (Note 3)	.....+300°C

**Note 1:** For the MAX220, V+ and V- can have a maximum magnitude of 7V, but their absolute difference cannot exceed 13V.

**Note 2:** Input voltage measured with T<sub>OUT</sub> in high-impedance state, SHDN or V<sub>CC</sub> = 0V.

**Note 3:** Maximum reflow temperature for the MAX233A is +225°C.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V<sub>CC</sub> = +5V ±10%, C1-C4 = 0.1µF, MAX220, C1 = 0.047µF, C2-C4 = 0.33µF, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>RS-232 TRANSMITTERS</b>						
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND	±5	±8		V	
Input Logic Threshold Low			1.4	0.8	V	
Input Logic Threshold High	All devices except MAX220	2	1.4		V	
	MAX220: V <sub>CC</sub> = 5.0V	2.4				
Logic Pullup/Input Current	All except MAX220, normal operation		5	40	µA	
	SHDN = 0V, MAX222/MAX242, shutdown, MAX220		±0.01	±1		
Output Leakage Current	V <sub>CC</sub> = 5.5V, SHDN = 0V, V <sub>OUT</sub> = ±15V, MAX222/MAX242		±0.01	±10	µA	
	V <sub>CC</sub> = SHDN = 0V	V <sub>OUT</sub> = ±15V	±0.01	±10		
		MAX220, V <sub>OUT</sub> = ±12V		±25		
Data Rate			200	116	kbps	
Transmitter Output Resistance	V <sub>CC</sub> = V+ = V- = 0V, V <sub>OUT</sub> = ±2V	300	10M		Ω	
Output Short-Circuit Current	V <sub>OUT</sub> = 0V	V <sub>OUT</sub> = 0V	±7	±22	mA	
		MAX220		±60		
<b>RS-232 RECEIVERS</b>						
RS-232 Input Voltage Operating Range				±30	V	
	MAX220			±25		
RS-232 Input Threshold Low	V <sub>CC</sub> = 5V	All except MAX243 R2 <sub>IN</sub>	0.8	1.3	V	
		MAX243 R2 <sub>IN</sub> (Note 4)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V <sub>CC</sub> = 5V	All except MAX243 R2 <sub>IN</sub>		1.8	2.4	V
		MAX243 R2 <sub>IN</sub> (Note 4)		-0.5	-0.1	



# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V<sub>CC</sub> = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, MAX220, C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 Input Hysteresis	All except MAX220/MAX243, V <sub>CC</sub> = 5V, no hysteresis in SHDN		0.2	0.5	1.0	V
	MAX220		0.3			
	MAX243		1			
RS-232 Input Resistance	T <sub>A</sub> = +25°C (MAX220)		3	5	7	KΩ
			3	5	7	
TTL/CMOS Output Voltage Low	I <sub>OUT</sub> = 3.2mA		0.2		0.4	V
	I <sub>OUT</sub> = 1.6mA (MAX220)		0.4			
TTL/CMOS Output Voltage High	I <sub>OUT</sub> = -1.0mA		3.5	V <sub>CC</sub> - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V <sub>OUT</sub> = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V <sub>OUT</sub> = V <sub>CC</sub>		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	SHDN = V <sub>CC</sub> or EN = V <sub>CC</sub> (SHDN = 0V for MAX222), 0V ≤ V <sub>OUT</sub> ≤ V <sub>CC</sub>		±0.05		±10	µA
EN Input Threshold Low	MAX242		1.4		0.8	V
EN Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
Operating Supply Voltage			4.5	5.5		V
V <sub>CC</sub> Supply Current (SHDN = V <sub>CC</sub> ), figures 5, 6, 11, 19	No load	MAX220	0.5		2	µA
		MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243	4		10	
	3kΩ load both inputs	MAX220	12			
		MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243	15			
Shutdown Supply Current	MAX222/MAX242	T <sub>A</sub> = +25°C	0.1		10	µA
		T <sub>A</sub> = 0°C to +70°C	2		50	
		T <sub>A</sub> = -40°C to +85°C	2		50	
		T <sub>A</sub> = -55°C to +125°C	35		100	
SHDN Input Leakage Current	MAX222/MAX242				±1	µA
SHDN Threshold Low	MAX222/MAX242		1.4		0.8	V
SHDN Threshold High	MAX222/MAX242		2.0	1.4		V
Transition Slew Rate	C <sub>L</sub> = 50pF to 2500pF, R <sub>L</sub> = 3kΩ to 7kΩ, V <sub>CC</sub> = 5V, T <sub>A</sub> = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V	MAX222/MAX232A/MAX233/MAX242/MAX243	6	12	30	V/µs
		MAX220	1.5	3	30.0	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation), Figure 1	t <sub>PHLT</sub>	MAX222/MAX232A/MAX233/MAX242/MAX243	1.3		3.5	µs
		MAX220	4		10	
	t <sub>PLHT</sub>	MAX222/MAX232A/MAX233/MAX242/MAX243	1.5		3.5	
		MAX220	5		10	

**Note 4:** MAX243 R<sub>2OUT</sub> is guaranteed to be low when R<sub>2IN</sub> is ≥ 0V or is floating.

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

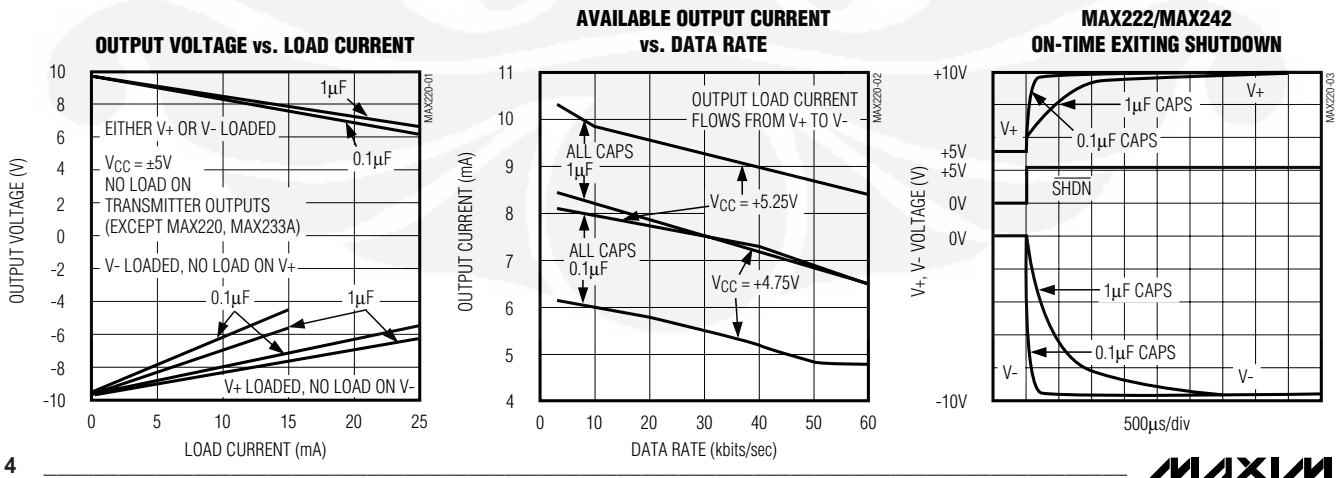
## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

( $V_{CC} = +5V \pm 10\%$ ,  $C1-C4 = 0.1\mu F$ , MAX220,  $C1 = 0.047\mu F$ ,  $C2-C4 = 0.33\mu F$ ,  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Normal Operation), Figure 2	t <sub>PHLR</sub>	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243		0.5	1	μs
		MAX220		0.6	3	
	t <sub>PLHR</sub>	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243		0.6	1	
		MAX220		0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Shutdown), Figure 2	t <sub>PHLS</sub>	MAX242		0.5	10	μs
	t <sub>PHLS</sub>	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t <sub>ER</sub>	MAX242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t <sub>DR</sub>	MAX242		160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time ( $\overline{SHDN}$ Goes High), Figure 4	t <sub>ET</sub>	MAX222/MAX242, 0.1μF caps (includes charge-pump start-up)		250		μs
Transmitter-Output Disable Time ( $\overline{SHDN}$ Goes Low), Figure 4	t <sub>DT</sub>	MAX222/MAX242, 0.1μF caps		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	t <sub>PHLT</sub> - t <sub>PLHT</sub>	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	t <sub>PHLR</sub> - t <sub>PLHR</sub>	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243		100		ns
		MAX220		225		

### Typical Operating Characteristics

#### MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243



# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX223/MAX230-MAX241

V <sub>CC</sub> .....	-0.3V to +6V	20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C).....	800mW
V+.....	(V <sub>CC</sub> - 0.3V) to +14V	24-Pin Wide SO (derate 11.76mW/°C above +70°C).....	941mW
V-.....	+0.3V to -14V	28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C).....	1W
Input Voltages		44-Pin Plastic FP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....	889mW
T <sub>IN</sub> .....	-0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V)	14-Pin CERDIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....	727mW
R <sub>IN</sub> .....	±30V	16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C).....	800mW
Output Voltages		20-Pin CERDIP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....	889mW
T <sub>OUT</sub> .....	(V+ + 0.3V) to (V- - 0.3V)	24-Pin Narrow CERDIP (derate 12.50mW/°C above +70°C).....	1W
R <sub>OUT</sub> .....	-0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V)	24-Pin Sidebraze (derate 20.0mW/°C above +70°C).....	1.6W
Short-Circuit Duration, T <sub>OUT</sub> .....	Continuous	28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C).....	762mW
Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)		Operating Temperature Ranges	
14-Pin Plastic DIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)....	800mW	MAX2 __ C _ _.....	0°C to +70°C
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)....	842mW	MAX2 __ E _ _.....	-40°C to +85°C
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)....	889mW	MAX2 __ M _ _.....	-55°C to +125°C
24-Pin Narrow Plastic DIP (derate 13.33mW/°C above +70°C).....	1.07W	Storage Temperature Range.....	-65°C to +160°C
24-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....	500mW	Lead Temperature (soldering, 10s) (Note 4).....	+300°C
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C).....	762mW		

**Note 4:** Maximum reflow temperature for the MAX233/MAX235 is +225°C.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230-MAX241

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241, V<sub>CC</sub> = +5V ±10%; MAX233/MAX235, V<sub>CC</sub> = 5V ±5%, C1-C4 = 1.0µF; MAX231/MAX239, V<sub>CC</sub> = 5V ±10%; V+ = 7.5V to 13.2V; T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to ground	±5.0	±7.3		V
V <sub>CC</sub> Power-Supply Current	No load, T <sub>A</sub> = +25°C	MAX232/233	5	10	mA
		MAX223/230/234-238/240/241	7	15	
		MAX231/239	0.4	1	
V+ Power-Supply Current		MAX231	1.8	5	mA
		MAX239	5	15	
Shutdown Supply Current	T <sub>A</sub> = +25°C	MAX223	15	50	µA
		MAX230/235/236/240/241	1	10	
Input Logic Threshold Low	T <sub>IN</sub> ; EN, SHDN (MAX233); $\overline{\text{EN}}$ , SHDN (MAX230/235-241)			0.8	V
Input Logic Threshold High	T <sub>IN</sub>	2.0			V
	EN, $\overline{\text{SHDN}}$ (MAX223); $\overline{\text{EN}}$ , SHDN (MAX230/235/236/240/241)	2.4			
Logic Pull-Up Current	T <sub>IN</sub> = 0V		1.5	200	µA
Receiver Input Voltage Operating Range		-30		+30	V

## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230–MAX241 (continued)

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241,  $V_{CC} = +5V \pm 10\%$ ; MAX233/MAX235,  $V_{CC} = 5V \pm 5\%$ ,  $C_1$ – $C_4 = 1.0\mu F$ ; MAX231/MAX239,  $V_{CC} = 5V \pm 10\%$ ;  $V_+ = 7.5V$  to  $13.2V$ ;  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ ; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 Input Threshold Low	$T_A = +25^\circ C$ , $V_{CC} = 5V$	Normal operation SHDN = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)	0.8	1.2		V
		Shutdown (MAX223) SHDN = 0V, EN = 5V ( $R_{4IN}$ , $R_{5IN}$ )	0.6	1.5		
RS-232 Input Threshold High	$T_A = +25^\circ C$ , $V_{CC} = 5V$	Normal operation SHDN = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)		1.7	2.4	V
		Shutdown (MAX223) SHDN = 0V, EN = 5V ( $R_{4IN}$ , $R_{5IN}$ )		1.5	2.4	
RS-232 Input Hysteresis	$V_{CC} = 5V$ , no hysteresis in shutdown		0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance	$T_A = +25^\circ C$ , $V_{CC} = 5V$		3	5	7	k $\Omega$
TTL/CMOS Output Voltage Low	$I_{OUT} = 1.6mA$ (MAX231/232/233, $I_{OUT} = 3.2mA$ )				0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	$I_{OUT} = -1mA$		3.5	$V_{CC} - 0.4$		V
TTL/CMOS Output Leakage Current	$0V \leq R_{OUT} \leq V_{CC}$ ; EN = 0V (MAX223); $\overline{EN} = V_{CC}$ (MAX235–241)			0.05	$\pm 10$	$\mu A$
Receiver Output Enable Time	Normal operation	MAX223		600		ns
		MAX235/236/239/240/241		400		
Receiver Output Disable Time	Normal operation	MAX223		900		ns
		MAX235/236/239/240/241		250		
Propagation Delay	RS-232 IN to TTL/CMOS OUT, $C_L = 150pF$	Normal operation		0.5	10	$\mu s$
		SHDN = 0V (MAX223)	$t_{PHLS}$	4	40	
			$t_{PLHS}$	6	40	
Transition Region Slew Rate	MAX223/MAX230/MAX234–241, $T_A = +25^\circ C$ , $V_{CC} = 5V$ , $R_L = 3k\Omega$ to $7k\Omega$ , $C_L = 50pF$ to $2500pF$ , measured from $+3V$ to $-3V$ or $-3V$ to $+3V$		3	5.1	30	V/ $\mu s$
	MAX231/MAX232/MAX233, $T_A = +25^\circ C$ , $V_{CC} = 5V$ , $R_L = 3k\Omega$ to $7k\Omega$ , $C_L = 50pF$ to $2500pF$ , measured from $+3V$ to $-3V$ or $-3V$ to $+3V$			4	30	
Transmitter Output Resistance	$V_{CC} = V_+ = V_- = 0V$ , $V_{OUT} = \pm 2V$		300			$\Omega$
Transmitter Output Short-Circuit Current			$\pm 10$			mA

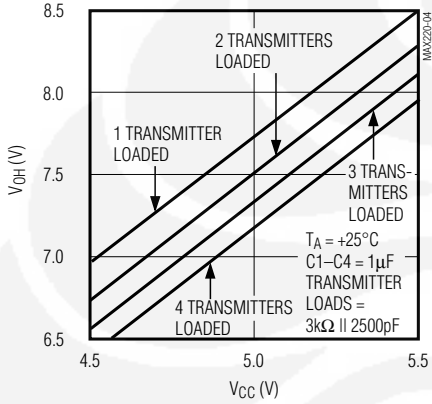
# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Typical Operating Characteristics

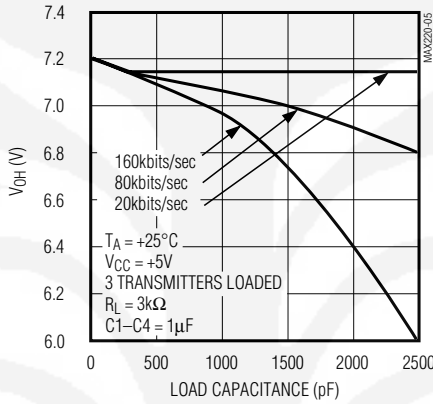
MAX220-MAX249

### MAX223/MAX230-MAX241

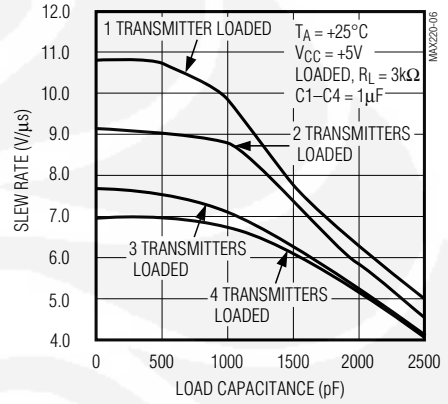
**TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE ( $V_{OH}$ ) vs.  $V_{CC}$**



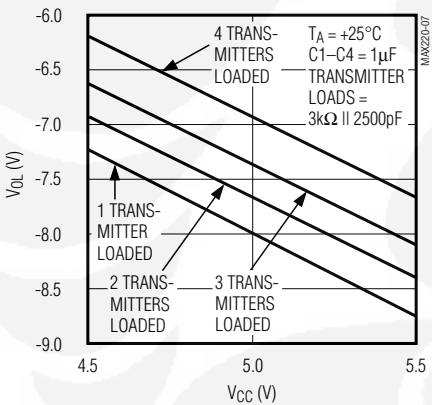
**TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE ( $V_{OH}$ ) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES**



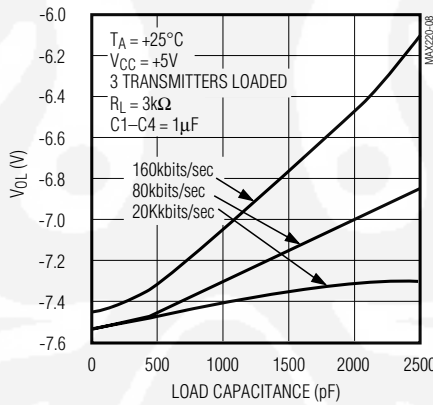
**TRANSMITTER SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE**



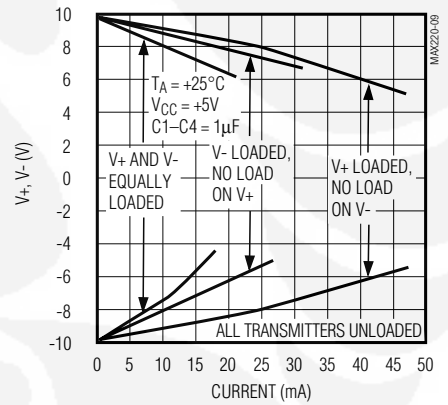
**TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE ( $V_{OL}$ ) vs.  $V_{CC}$**



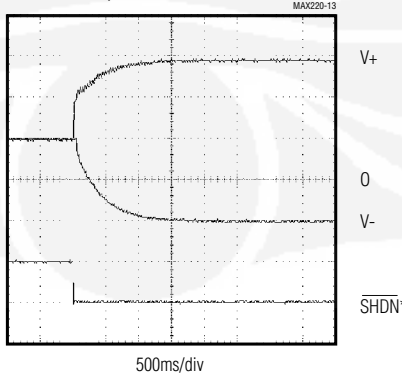
**TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE ( $V_{OL}$ ) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES**



**TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE ( $V_+$ ,  $V_-$ ) vs. LOAD CURRENT**



**$V_+$ ,  $V_-$  WHEN EXITING SHUTDOWN ( $1\mu\text{F}$  CAPACITORS)**



\*SHUTDOWN POLARITY IS REVERSED FOR NON MAX241 PARTS

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX225/MAX244–MAX249

Supply Voltage (V <sub>CC</sub> )	-0.3V to +6V	Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)	
Input Voltages		28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C)	1W
T <sub>IN</sub> , ENA, ENB, ENR, ENT, ENRA, ENRB, ENTA, ENTB	-0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V)	40-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	611mW
R <sub>IN</sub>	±25V	44-Pin PLCC (derate 13.33mW/°C above +70°C)	1.07W
T <sub>OUT</sub> (Note 5)	±15V	Operating Temperature Ranges	
R <sub>OUT</sub>	-0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V)	MAX225C_-, MAX24_C_-	0°C to +70°C
Short Circuit (one output at a time)		MAX225E_-, MAX24_E_-	-40°C to +85°C
T <sub>OUT</sub> to GND	Continuous	Storage Temperature Range	-65°C to +160°C
R <sub>OUT</sub> to GND	Continuous	Lead Temperature (soldering, 10s) (Note 6)	+300°C

**Note 5:** Input voltage measured with transmitter output in a high-impedance state, shutdown, or V<sub>CC</sub> = 0V.

**Note 6:** Maximum reflow temperature for the MAX225/MAX245/MAX246/MAX247 is +225°C.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244–MAX249

(MAX225, V<sub>CC</sub> = 5.0V ±5%; MAX244–MAX249, V<sub>CC</sub> = +5.0V ±10%, external capacitors C1–C4 = 1µF; T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>RS-232 TRANSMITTERS</b>					
Input Logic Threshold Low			1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High		2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Tables 1a–1d		10	50	µA
			±0.01	±1	
Data Rate	Tables 1a–1d, normal operation		120	64	kbps
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND	±5	±7.5		V
Output Leakage Current (Shutdown)	Tables 1a–1d		±0.01	±25	µA
			±0.01	±25	
Transmitter Output Resistance	V <sub>CC</sub> = V <sub>+</sub> = V <sub>-</sub> = 0V, V <sub>OUT</sub> = ±2V (Note 7)	300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V <sub>OUT</sub> = 0V	±7	±30		mA
<b>RS-232 RECEIVERS</b>					
RS-232 Input Voltage Operating Range				±25	V
RS-232 Input Threshold Low	V <sub>CC</sub> = 5V	0.8	1.3		V
RS-232 Input Threshold High	V <sub>CC</sub> = 5V		1.8	2.4	V
RS-232 Input Hysteresis	V <sub>CC</sub> = 5V	0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance		3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I <sub>OUT</sub> = 3.2mA		0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I <sub>OUT</sub> = -1.0mA	3.5	V <sub>CC</sub> - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V <sub>OUT</sub> = GND	-2	-10		mA
	Shrinking V <sub>OUT</sub> = V <sub>CC</sub>	10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	Normal operation, outputs disabled, Tables 1a–1d, 0V ≤ V <sub>OUT</sub> ≤ V <sub>CC</sub> , ENR <sub>-</sub> = V <sub>CC</sub>		±0.05	±0.10	µA

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244–MAX249 (continued)

(MAX225,  $V_{CC} = 5.0V \pm 5\%$ ; MAX244–MAX249,  $V_{CC} = +5.0V \pm 10\%$ , external capacitors C1–C4 =  $1\mu F$ ;  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ ; unless otherwise noted.)

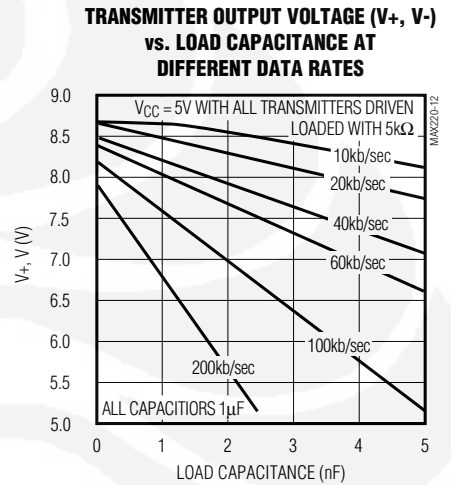
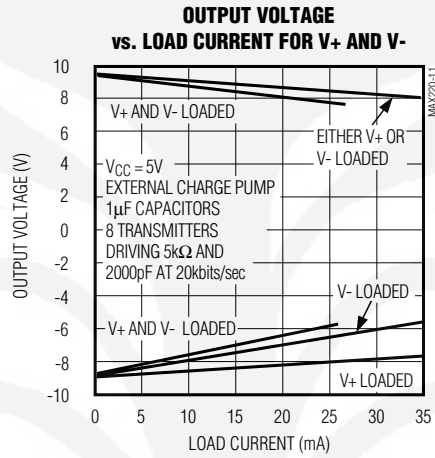
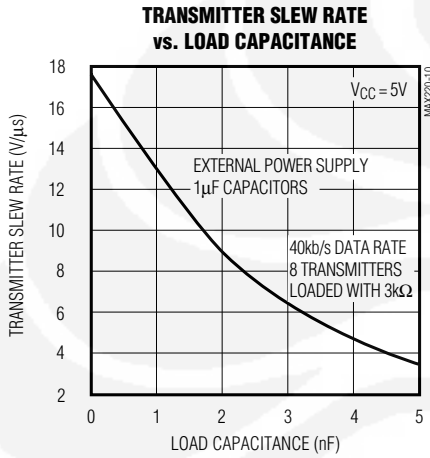
PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>POWER SUPPLY AND CONTROL LOGIC</b>						
Operating Supply Voltage		MAX225	4.75		5.25	V
		MAX244–MAX249	4.5		5.5	
$V_{CC}$ Supply Current (Normal Operation)	No load	MAX225		10	20	mA
		MAX244–MAX249		11	30	
	3k $\Omega$ loads on all outputs	MAX225		40		
		MAX244–MAX249		57		
Shutdown Supply Current	$T_A = +25^\circ C$			8	25	$\mu A$
	$T_A = T_{MIN}$ to $T_{MAX}$				50	
Control Input	Leakage current				$\pm 1$	$\mu A$
	Threshold low			1.4	0.8	V
	Threshold high		2.4	1.4		
<b>AC CHARACTERISTICS</b>						
Transition Slew Rate	$C_L = 50pF$ to $2500pF$ , $R_L = 3k\Omega$ to $7k\Omega$ , $V_{CC} = 5V$ , $T_A = +25^\circ C$ , measured from $+3V$ to $-3V$ or $-3V$ to $+3V$		5	10	30	V/ $\mu s$
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation), Figure 1	$t_{PHLT}$			1.3	3.5	$\mu s$
	$t_{PLHT}$			1.5	3.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation), Figure 2	$t_{PHLR}$			0.6	1.5	$\mu s$
	$t_{PLHR}$			0.6	1.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (Low-Power Mode), Figure 2	$t_{PHLS}$			0.6	10	$\mu s$
	$t_{PLHS}$			3.0	10	
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	$t_{PHLT} - t_{PLHT}$			350		ns
Receiver + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	$t_{PHLR} - t_{PLHR}$			350		ns
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	$t_{ER}$			100	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	$t_{DR}$			100	500	ns
Transmitter Enable Time	$t_{ET}$	MAX246–MAX249 (excludes charge-pump startup)		5		$\mu s$
		MAX225/MAX245–MAX249 (includes charge-pump startup)		10		ms
Transmitter Disable Time, Figure 4	$t_{DT}$			100		ns

**Note 7:** The 300 $\Omega$  minimum specification complies with EIA/TIA-232E, but the actual resistance when in shutdown mode or  $V_{CC} = 0V$  is 10M $\Omega$  as is implied by the leakage specification.

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Typical Operating Characteristics

### MAX225/MAX244-MAX249





# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

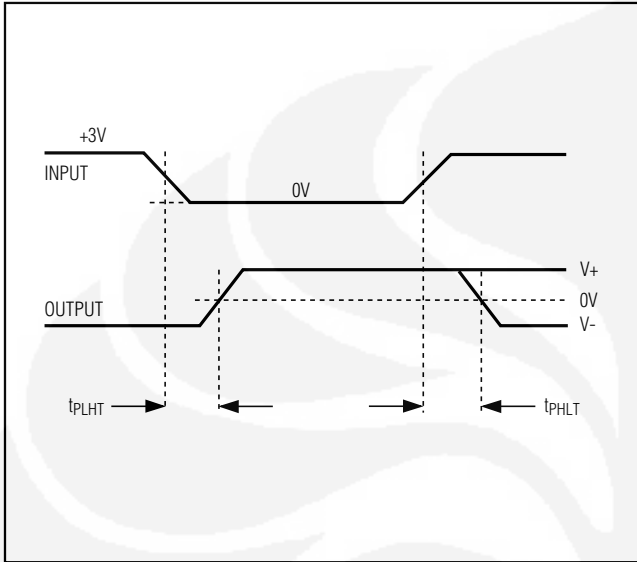


Figure 1. Transmitter Propagation-Delay Timing

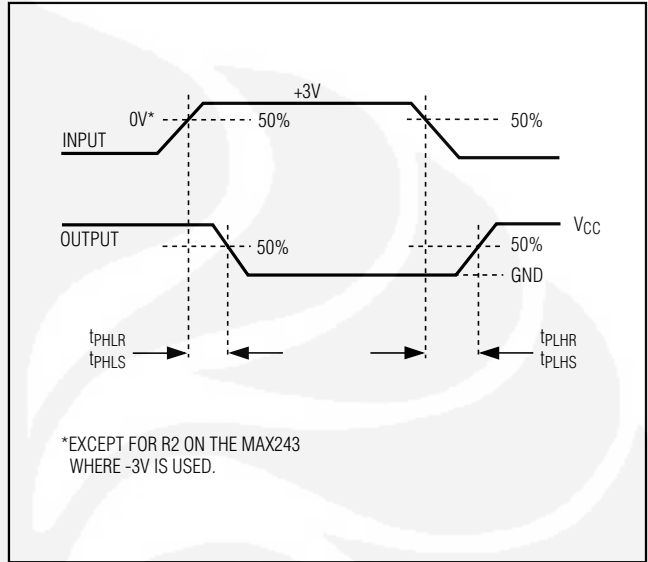


Figure 2. Receiver Propagation-Delay Timing

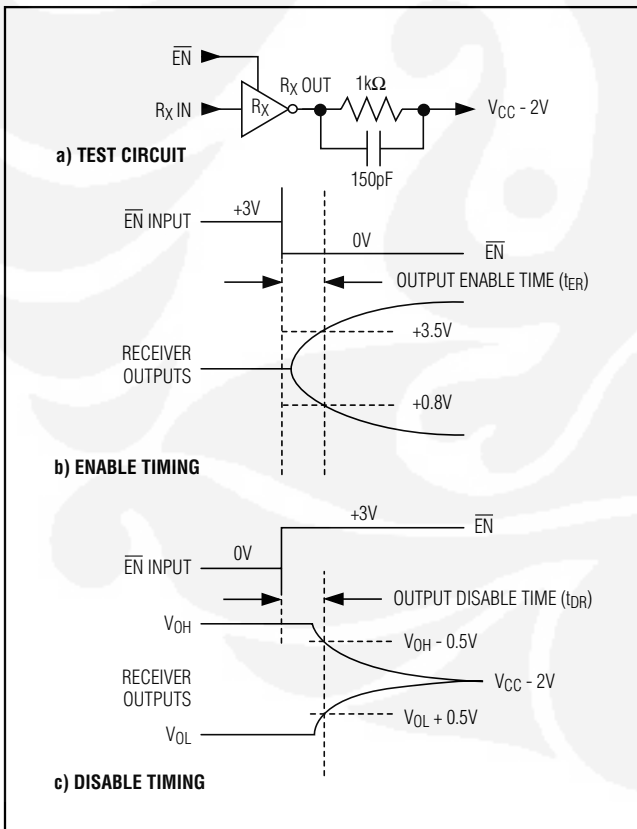


Figure 3. Receiver-Output Enable and Disable Timing

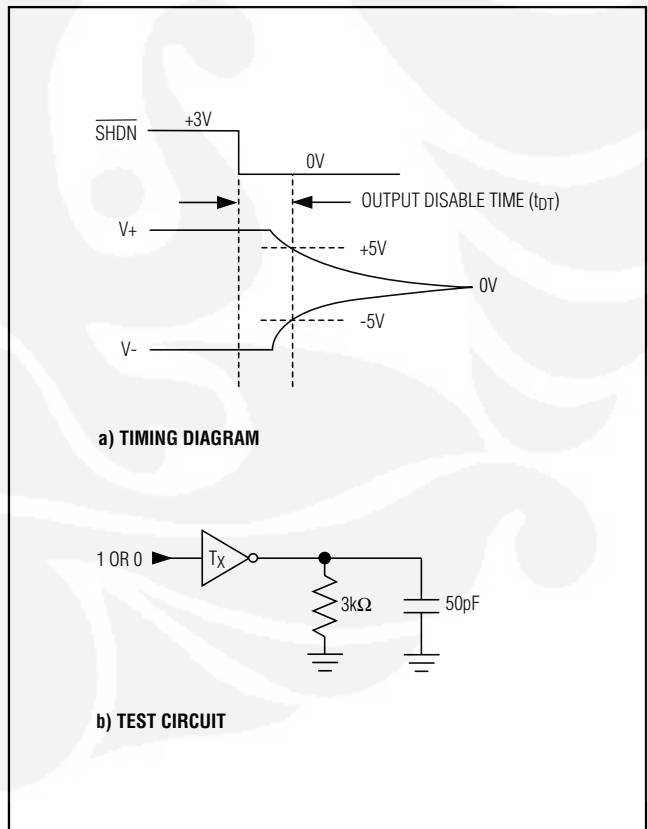


Figure 4. Transmitter-Output Disable Timing

## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Table 1a. MAX245 Control Pin Configurations

$\overline{\text{ENT}}$	$\overline{\text{ENR}}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS	RECEIVERS
0	0	Normal Operation	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State
1	0	Shutdown	All 3-State	All Low-Power Receive Mode
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State

Table 1b. MAX245 Control Pin Configurations

$\overline{\text{ENT}}$	$\overline{\text{ENR}}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All Active	RA1-RA4 3-State, RA5 Active	RB1-RB4 3-State, RB5 Active
1	0	Shutdown	All 3-State	All 3-State	All Low-Power Receive Mode	All Low-Power Receive Mode
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	RA1-RA4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode	RB1-RB4 3-State, RB5 Low-Power Receive Mode

Table 1c. MAX246 Control Pin Configurations

$\overline{\text{ENA}}$	$\overline{\text{ENB}}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State	All Active	RB1-RB4 3-State, RB5 Active
1	0	Shutdown	All 3-State	All Active	RA1-RA4 3-State, RA5 Active	All Active
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	RA1-RA4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode	RB1-RB4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

**Table 1d. MAX247/MAX248/MAX249 Control Pin Configurations**

$\overline{\text{ENTA}}$	$\overline{\text{ENTB}}$	$\overline{\text{ENRA}}$	$\overline{\text{ENRB}}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS			RECEIVERS	
					MAX247	TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA4	RB1-RB5
					MAX248	TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA4	RB1-RB4
					MAX249	TA1-TA3	TB1-TB3	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	0	0	Normal Operation		All Active	All Active	All Active	All Active
0	0	0	1	Normal Operation		All Active	All Active	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	0	1	0	Normal Operation		All Active	All Active	All 3-State	All Active
0	0	1	1	Normal Operation		All Active	All Active	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	1	0	0	Normal Operation		All Active	All 3-State	All Active	All Active
0	1	0	1	Normal Operation		All Active	All 3-State	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	1	1	0	Normal Operation		All Active	All 3-State	All 3-State	All Active
0	1	1	1	Normal Operation		All Active	All 3-State	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	0	0	0	Normal Operation		All 3-State	All Active	All Active	All Active
1	0	0	1	Normal Operation		All 3-State	All Active	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	0	1	0	Normal Operation		All 3-State	All Active	All 3-State	All Active
1	0	1	1	Normal Operation		All 3-State	All Active	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	1	0	0	Shutdown		All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	Low-Power Receive Mode
1	1	0	1	Shutdown		All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	1	1	0	Shutdown		All 3-State	All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode
1	1	1	1	Shutdown		All 3-State	All 3-State	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247

## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

### Detailed Description

The MAX220–MAX249 contain four sections: dual charge-pump DC-DC voltage converters, RS-232 drivers, RS-232 receivers, and receiver and transmitter enable control inputs.

#### Dual Charge-Pump Voltage Converter

The MAX220–MAX249 have two internal charge-pumps that convert +5V to  $\pm 10V$  (unloaded) for RS-232 driver operation. The first converter uses capacitor C1 to double the +5V input to +10V on C3 at the V+ output. The second converter uses capacitor C2 to invert +10V to -10V on C4 at the V- output.

A small amount of power may be drawn from the +10V (V+) and -10V (V-) outputs to power external circuitry (see the *Typical Operating Characteristics* section), except on the MAX225 and MAX245–MAX247, where these pins are not available. V+ and V- are not regulated, so the output voltage drops with increasing load current. Do not load V+ and V- to a point that violates the minimum  $\pm 5V$  EIA/TIA-232E driver output voltage when sourcing current from V+ and V- to external circuitry.

When using the shutdown feature in the MAX222, MAX225, MAX230, MAX235, MAX236, MAX240, MAX241, and MAX245–MAX249, avoid using V+ and V- to power external circuitry. When these parts are shut down, V- falls to 0V, and V+ falls to +5V. For applications where a +10V external supply is applied to the V+ pin (instead of using the internal charge pump to generate +10V), the C1 capacitor must not be installed and the SHDN pin must be tied to V<sub>CC</sub>. This is because V+ is internally connected to V<sub>CC</sub> in shutdown mode.

#### RS-232 Drivers

The typical driver output voltage swing is  $\pm 8V$  when loaded with a nominal 5k $\Omega$  RS-232 receiver and V<sub>CC</sub> = +5V. Output swing is guaranteed to meet the EIA/TIA-232E and V.28 specification, which calls for  $\pm 5V$  minimum driver output levels under worst-case conditions. These include a minimum 3k $\Omega$  load, V<sub>CC</sub> = +4.5V, and maximum operating temperature. Unloaded driver output voltage ranges from (V+ -1.3V) to (V- +0.5V).

Input thresholds are both TTL and CMOS compatible. The inputs of unused drivers can be left unconnected since 400k $\Omega$  input pull-up resistors to V<sub>CC</sub> are built in (except for the MAX220). The pull-up resistors force the outputs of unused drivers low because all drivers invert. The internal input pull-up resistors typically source 12 $\mu A$ , except in shutdown mode where the pull-ups are disabled. Driver outputs turn off and enter a high-impedance state—where leakage current is typically microamperes (maximum 25 $\mu A$ )—when in shutdown

mode, in three-state mode, or when device power is removed. Outputs can be driven to  $\pm 15V$ . The power-supply current typically drops to 8 $\mu A$  in shutdown mode. The MAX220 does not have pull-up resistors to force the outputs of the unused drivers low. Connect unused inputs to GND or V<sub>CC</sub>.

The MAX239 has a receiver three-state control line, and the MAX223, MAX225, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241 have both a receiver three-state control line and a low-power shutdown control. Table 2 shows the effects of the shutdown control and receiver three-state control on the receiver outputs.

The receiver TTL/CMOS outputs are in a high-impedance, three-state mode whenever the three-state enable line is high (for the MAX225/MAX235/MAX236/MAX239–MAX241), and are also high-impedance whenever the shutdown control line is high.

When in low-power shutdown mode, the driver outputs are turned off and their leakage current is less than 1 $\mu A$  with the driver output pulled to ground. The driver output leakage remains less than 1 $\mu A$ , even if the transmitter output is backdriven between 0V and (V<sub>CC</sub> + 6V). Below -0.5V, the transmitter is diode clamped to ground with 1k $\Omega$  series impedance. The transmitter is also zener clamped to approximately V<sub>CC</sub> + 6V, with a series impedance of 1k $\Omega$ .

The driver output slew rate is limited to less than 30V/ $\mu s$  as required by the EIA/TIA-232E and V.28 specifications. Typical slew rates are 24V/ $\mu s$  unloaded and 10V/ $\mu s$  loaded with 3 $\Omega$  and 2500pF.

#### RS-232 Receivers

EIA/TIA-232E and V.28 specifications define a voltage level greater than 3V as a logic 0, so all receivers invert. Input thresholds are set at 0.8V and 2.4V, so receivers respond to TTL level inputs as well as EIA/TIA-232E and V.28 levels.

The receiver inputs withstand an input overvoltage up to  $\pm 25V$  and provide input terminating resistors with

**Table 2. Three-State Control of Receivers**

PART	SHDN	SHDN	EN	EN(R)	RECEIVERS
MAX223	—	Low High High	X Low High	—	High Impedance Active High Impedance
MAX225	—	—	—	Low High	High Impedance Active
MAX235 MAX236 MAX240	Low Low High	—	—	Low High X	High Impedance Active High Impedance

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

nominal  $5k\Omega$  values. The receivers implement Type 1 interpretation of the fault conditions of V.28 and EIA/TIA-232E.

The receiver input hysteresis is typically 0.5V with a guaranteed minimum of 0.2V. This produces clear output transitions with slow-moving input signals, even with moderate amounts of noise and ringing. The receiver propagation delay is typically 600ns and is independent of input swing direction.

## Low-Power Receive Mode

The low-power receive-mode feature of the MAX223, MAX242, and MAX245-MAX249 puts the IC into shutdown mode but still allows it to receive information. This is important for applications where systems are periodically awakened to look for activity. Using low-power receive mode, the system can still receive a signal that will activate it on command and prepare it for communication at faster data rates. This operation conserves system power.

## Negative Threshold—MAX243

The MAX243 is pin compatible with the MAX232A, differing only in that RS-232 cable fault protection is removed on one of the two receiver inputs. This means that control lines such as CTS and RTS can either be driven or left floating without interrupting communication. Different cables are not needed to interface with different pieces of equipment.

The input threshold of the receiver without cable fault protection is -0.8V rather than +1.4V. Its output goes positive only if the input is connected to a control line that is actively driven negative. If not driven, it defaults to the 0 or “OK to send” state. Normally, the MAX243’s other receiver (+1.4V threshold) is used for the data line (TD or RD), while the negative threshold receiver is connected to the control line (DTR, DTS, CTS, RTS, etc.).

Other members of the RS-232 family implement the optional cable fault protection as specified by EIA/TIA-232E specifications. This means a receiver output goes high whenever its input is driven negative, left floating, or shorted to ground. The high output tells the serial communications IC to stop sending data. To avoid this, the control lines must either be driven or connected with jumpers to an appropriate positive voltage level.

## Shutdown—MAX222-MAX242

On the MAX222, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241, all receivers are disabled during shutdown. On the MAX223 and MAX242, two receivers continue to operate in a reduced power mode when the chip is in shutdown. Under these conditions, the propagation delay increases to about 2.5 $\mu$ s for a high-to-low input transition. When in shutdown, the receiver acts as a CMOS inverter with no hysteresis. The MAX223 and MAX242 also have a receiver output enable input ( $\overline{EN}$  for the MAX242 and EN for the MAX223) that allows receiver output control independent of  $\overline{SHDN}$  (SHDN for MAX241). With all other devices,  $\overline{SHDN}$  (SHDN for MAX241) also disables the receiver outputs.

The MAX225 provides five transmitters and five receivers, while the MAX245 provides ten receivers and eight transmitters. Both devices have separate receiver and transmitter-enable controls. The charge pumps turn off and the devices shut down when a logic high is applied to the ENT input. In this state, the supply current drops to less than 25 $\mu$ A and the receivers continue to operate in a low-power receive mode. Driver outputs enter a high-impedance state (three-state mode). On the MAX225, all five receivers are controlled by the  $\overline{ENR}$  input. On the MAX245, eight of the receiver outputs are controlled by the  $\overline{ENR}$  input, while the remaining two receivers (RA5 and RB5) are always active. RA1-RA4 and RB1-RB4 are put in a three-state mode when ENR is a logic high.

## Receiver and Transmitter Enable Control Inputs

The MAX225 and MAX245-MAX249 feature transmitter and receiver enable controls.

The receivers have three modes of operation: full-speed receive (normal active), three-state (disabled), and low-power receive (enabled receivers continue to function at lower data rates). The receiver enable inputs control the full-speed receive and three-state modes. The transmitters have two modes of operation: full-speed transmit (normal active) and three-state (disabled). The transmitter enable inputs also control the shutdown mode. The device enters shutdown mode when all transmitters are disabled. Enabled receivers function in the low-power receive mode when in shutdown.

## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Tables 1a–1d define the control states. The MAX244 has no control pins and is not included in these tables.

The MAX246 has ten receivers and eight drivers with two control pins, each controlling one side of the device. A logic high at the A-side control input ( $\overline{\text{ENA}}$ ) causes the four A-side receivers and drivers to go into a three-state mode. Similarly, the B-side control input ( $\overline{\text{ENB}}$ ) causes the four B-side drivers and receivers to go into a three-state mode. As in the MAX245, one A-side and one B-side receiver (RA5 and RB5) remain active at all times. The entire device is put into shutdown mode when both the A and B sides are disabled ( $\overline{\text{ENA}} = \overline{\text{ENB}} = +5\text{V}$ ).

The MAX247 provides nine receivers and eight drivers with four control pins. The  $\overline{\text{ENRA}}$  and  $\overline{\text{ENRB}}$  receiver enable inputs each control four receiver outputs. The  $\overline{\text{ENTA}}$  and  $\overline{\text{ENTB}}$  transmitter enable inputs each control four drivers. The ninth receiver (RB5) is always active. The device enters shutdown mode with a logic high on both  $\overline{\text{ENTA}}$  and  $\overline{\text{ENTB}}$ .

The MAX248 provides eight receivers and eight drivers with four control pins. The  $\overline{\text{ENRA}}$  and  $\overline{\text{ENRB}}$  receiver enable inputs each control four receiver outputs. The  $\overline{\text{ENTA}}$  and  $\overline{\text{ENTB}}$  transmitter enable inputs control four drivers each. This part does not have an always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both  $\overline{\text{ENTA}}$  and  $\overline{\text{ENTB}}$ .

The MAX249 provides ten receivers and six drivers with four control pins. The  $\overline{\text{ENRA}}$  and  $\overline{\text{ENRB}}$  receiver enable inputs each control five receiver outputs. The  $\overline{\text{ENTA}}$  and  $\overline{\text{ENTB}}$  transmitter enable inputs control three drivers each. There is no always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both  $\overline{\text{ENTA}}$  and  $\overline{\text{ENTB}}$ . In shutdown mode, active receivers operate in a low-power receive mode at data rates up to 20kb/s.

### Applications Information

Figures 5 through 25 show pin configurations and typical operating circuits. In applications that are sensitive to power-supply noise,  $V_{\text{CC}}$  should be decoupled to ground with a capacitor of the same value as C1 and C2 connected as close as possible to the device.

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

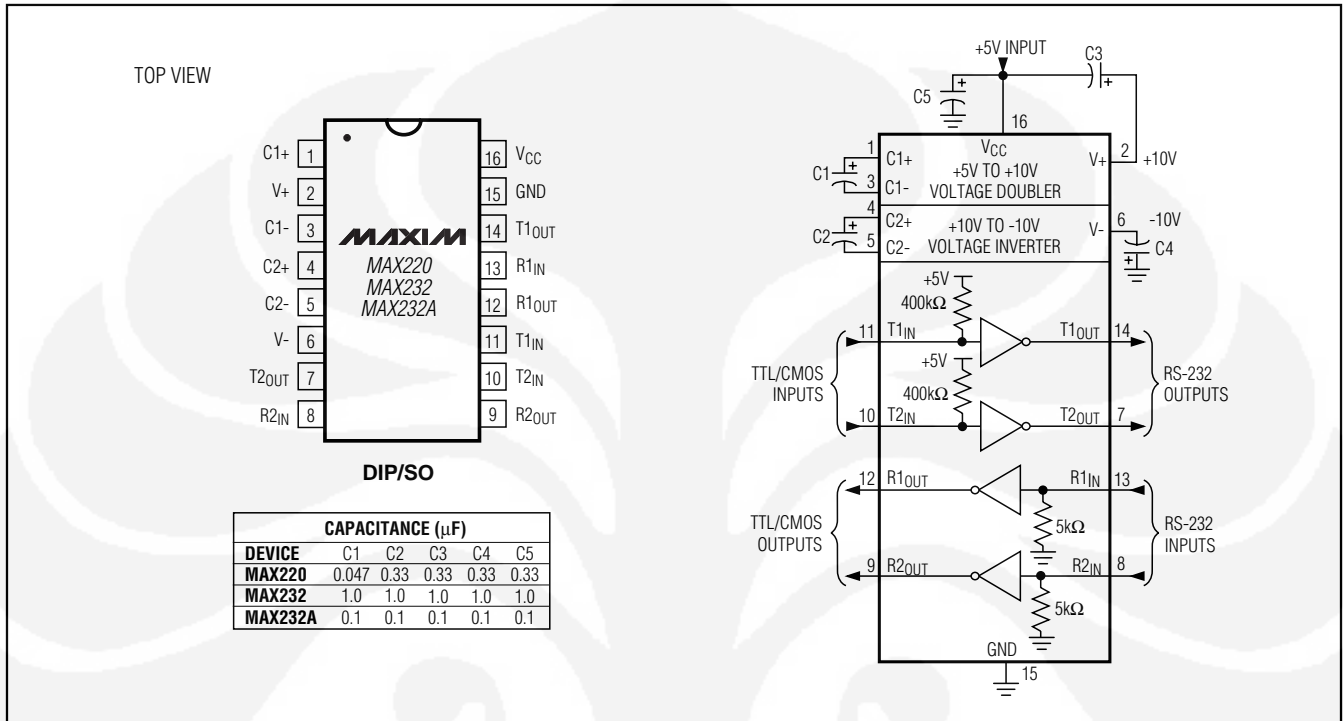


Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

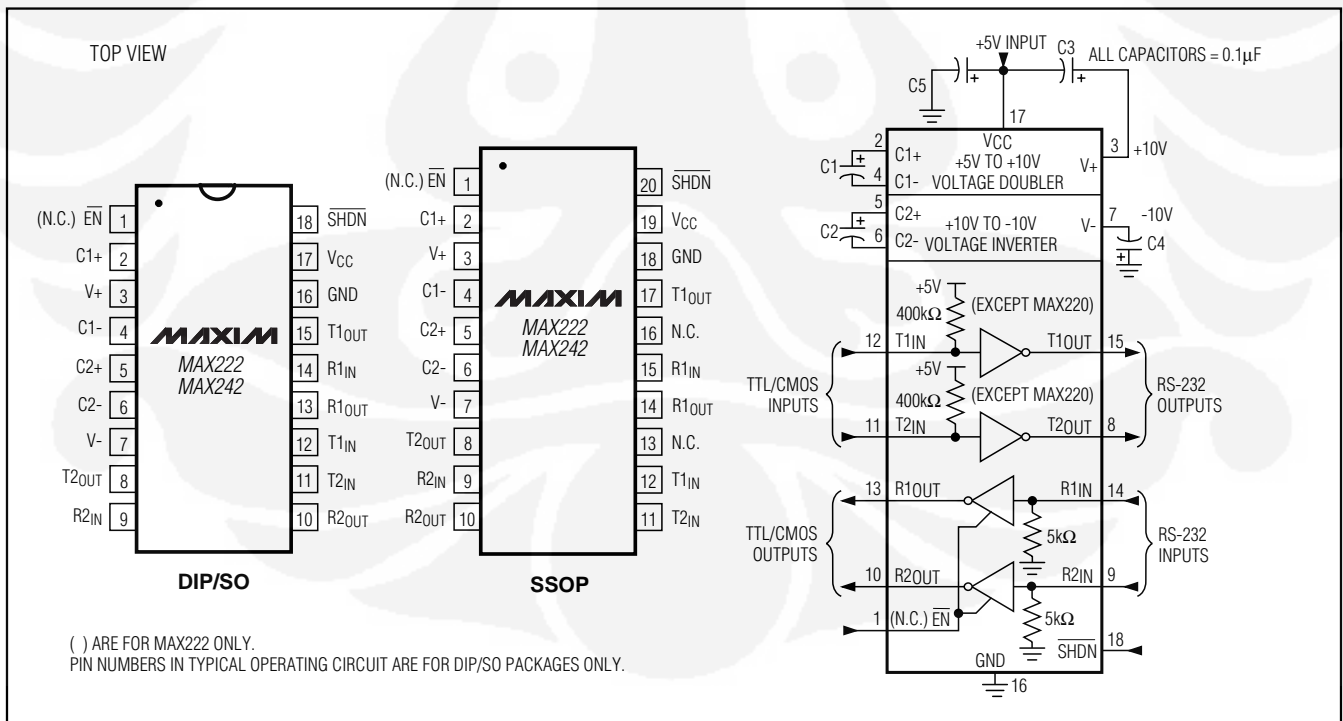


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

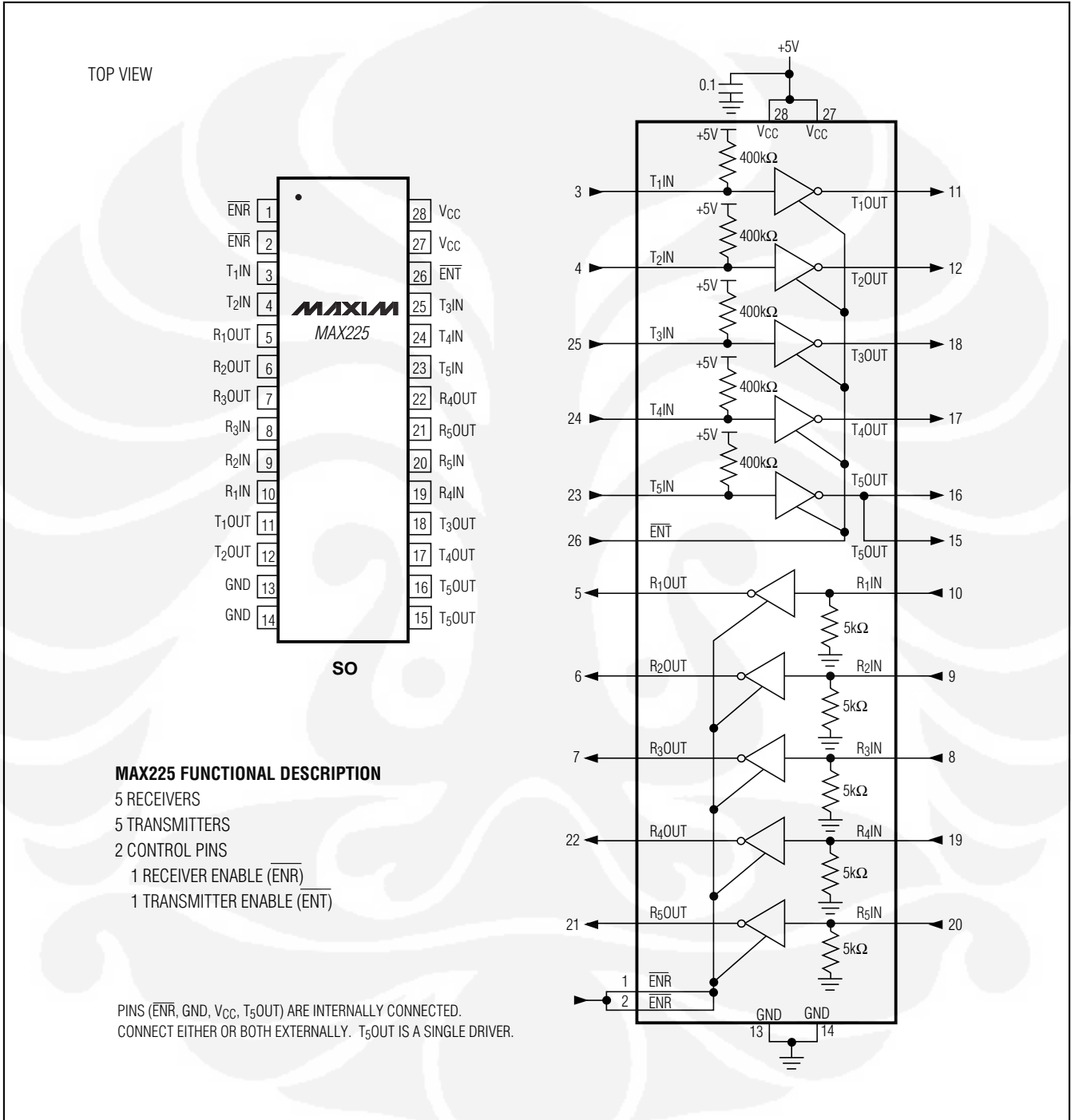


Figure 7. MAX225 Pin Configuration and Typical Operating Circuit



# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

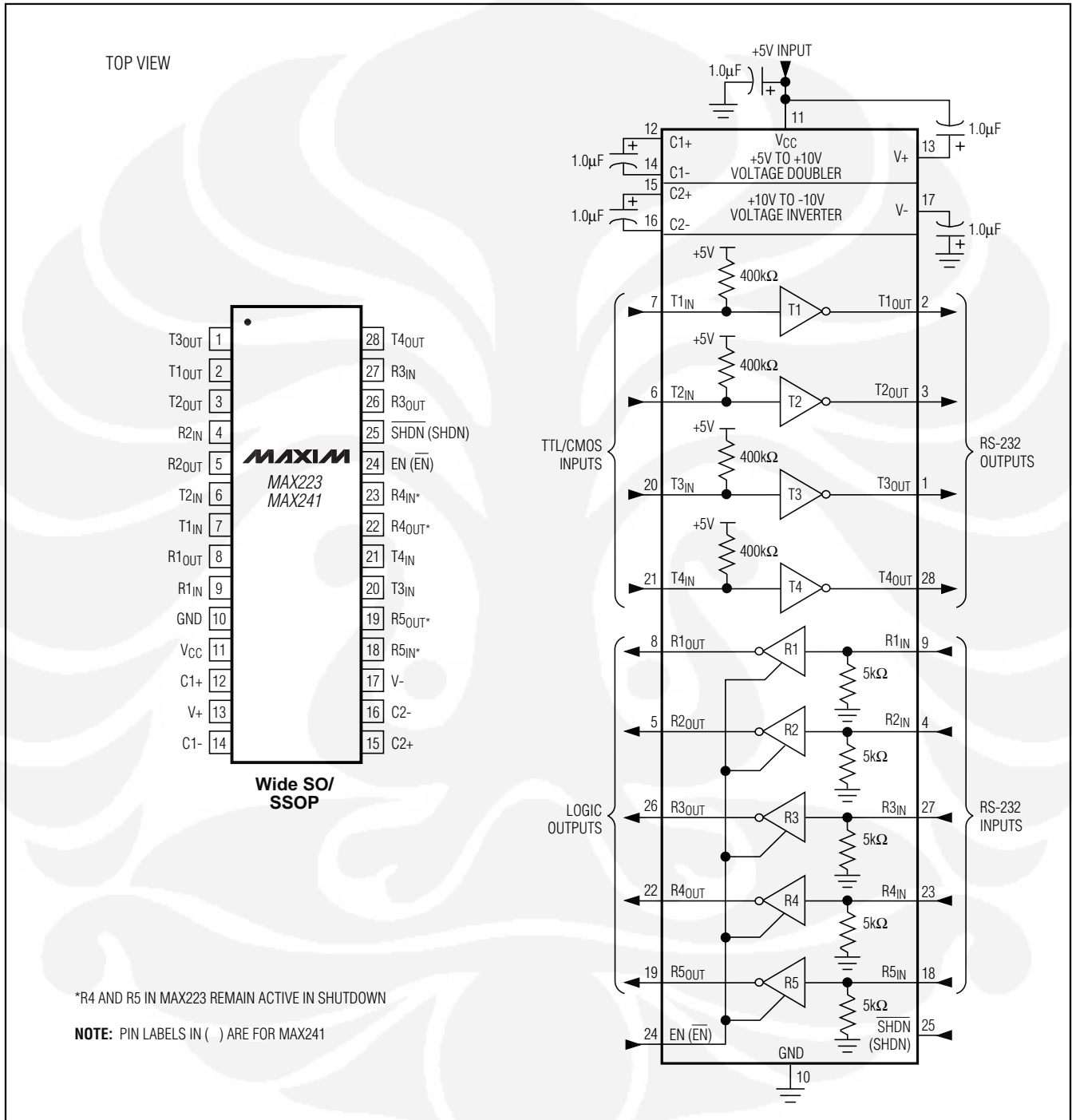


Figure 8. MAX223/MAX241 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

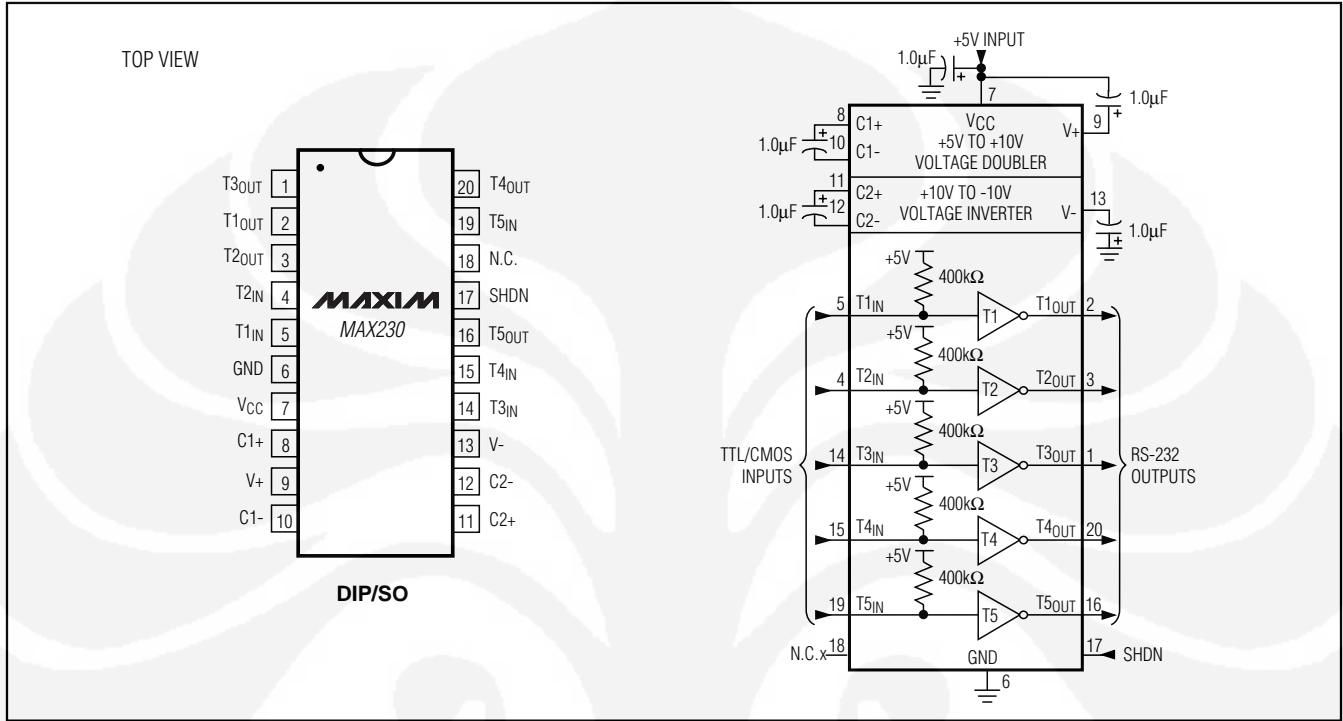


Figure 9. MAX230 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

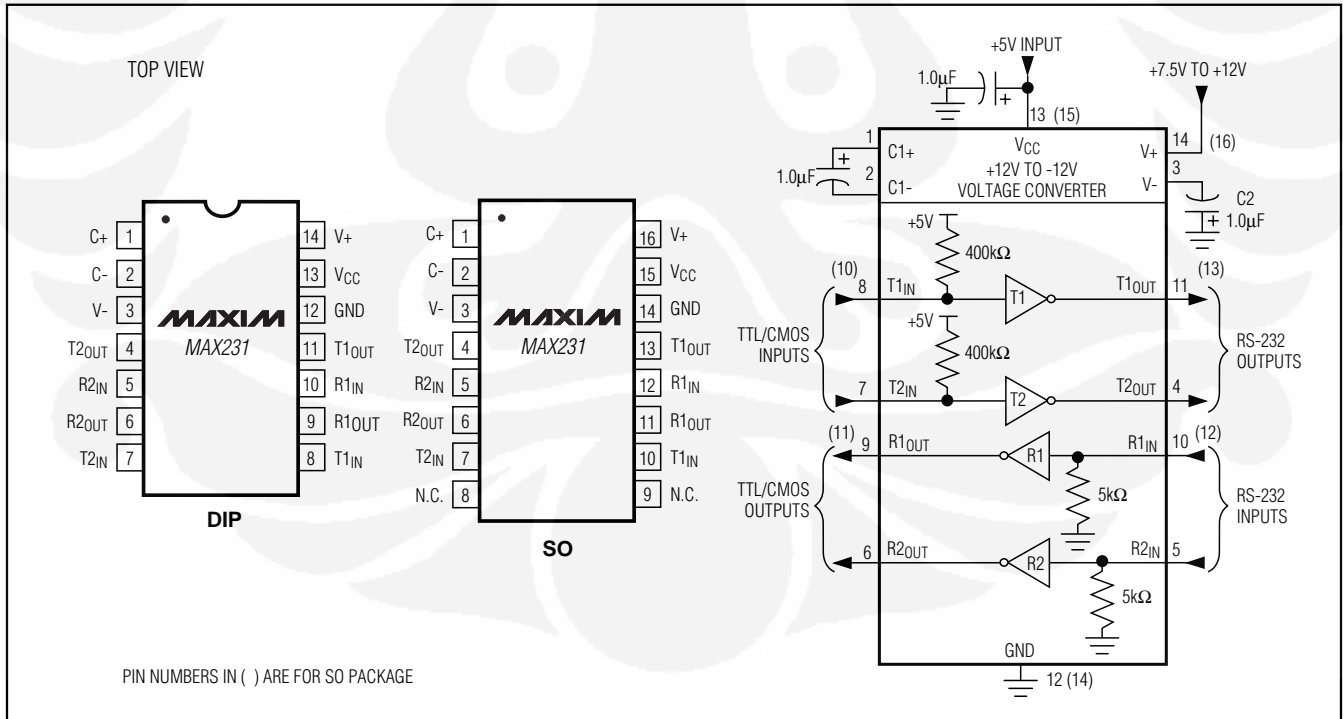


Figure 10. MAX231 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

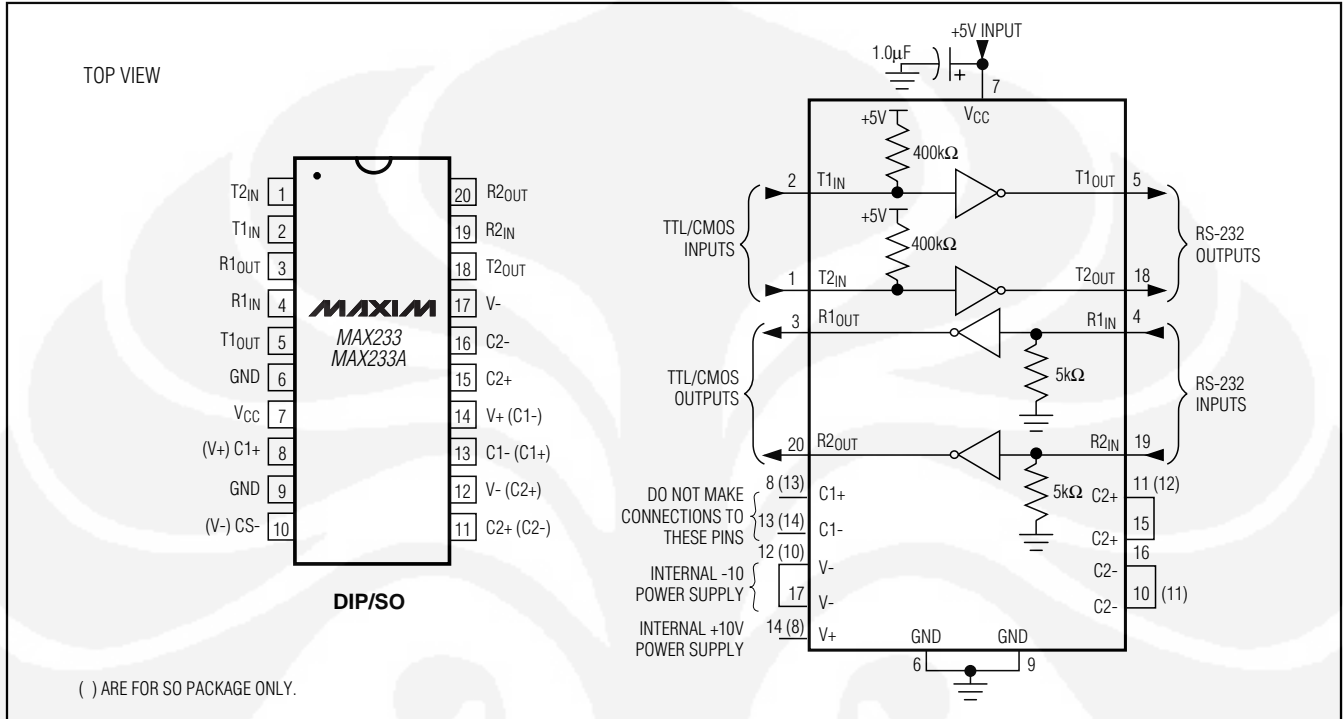


Figure 11. MAX233/MAX233A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

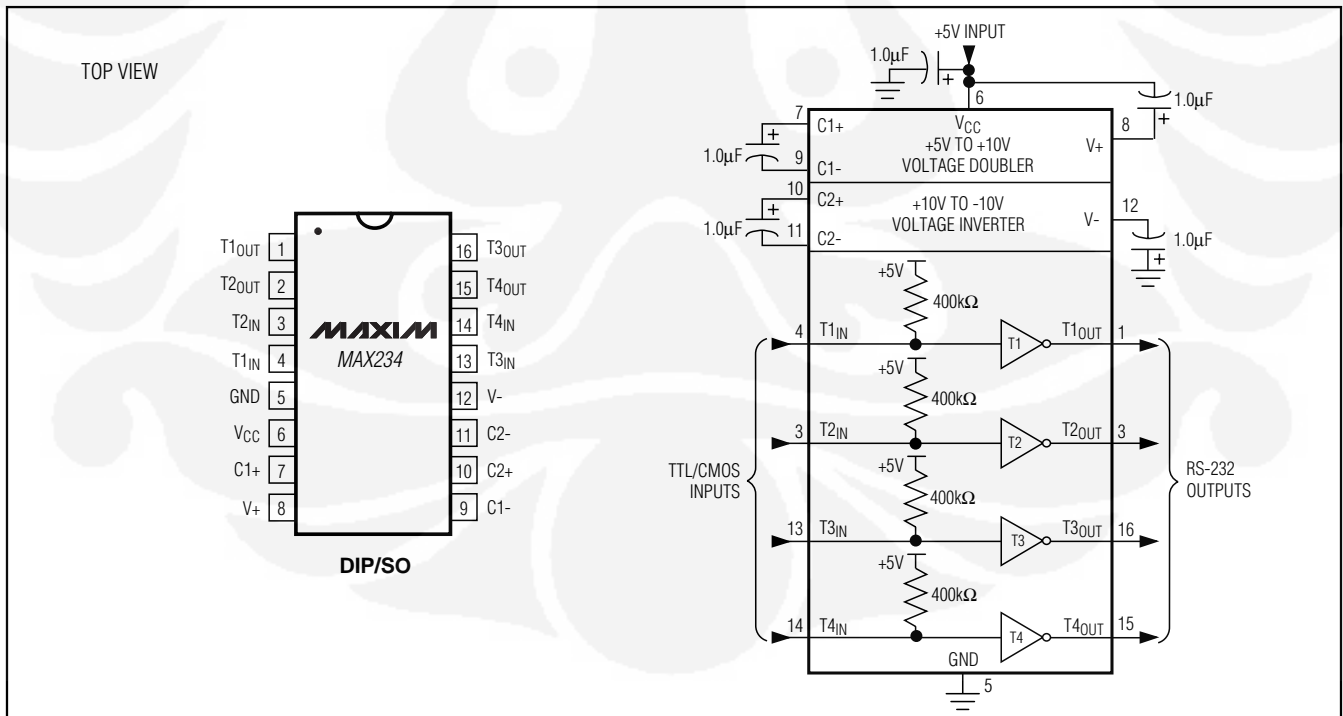


Figure 12. MAX234 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

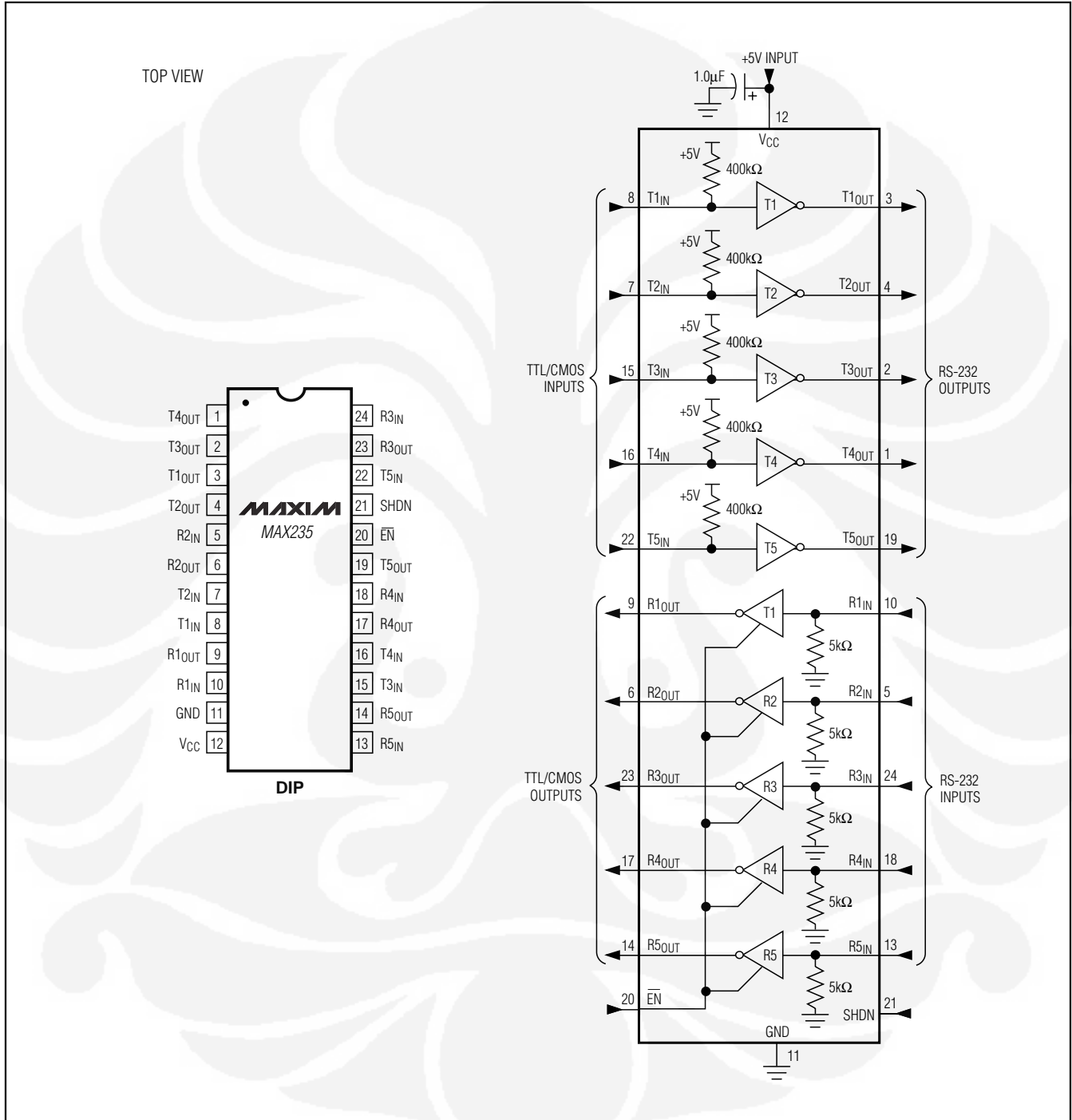


Figure 13. MAX235 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX2220-MAX249**

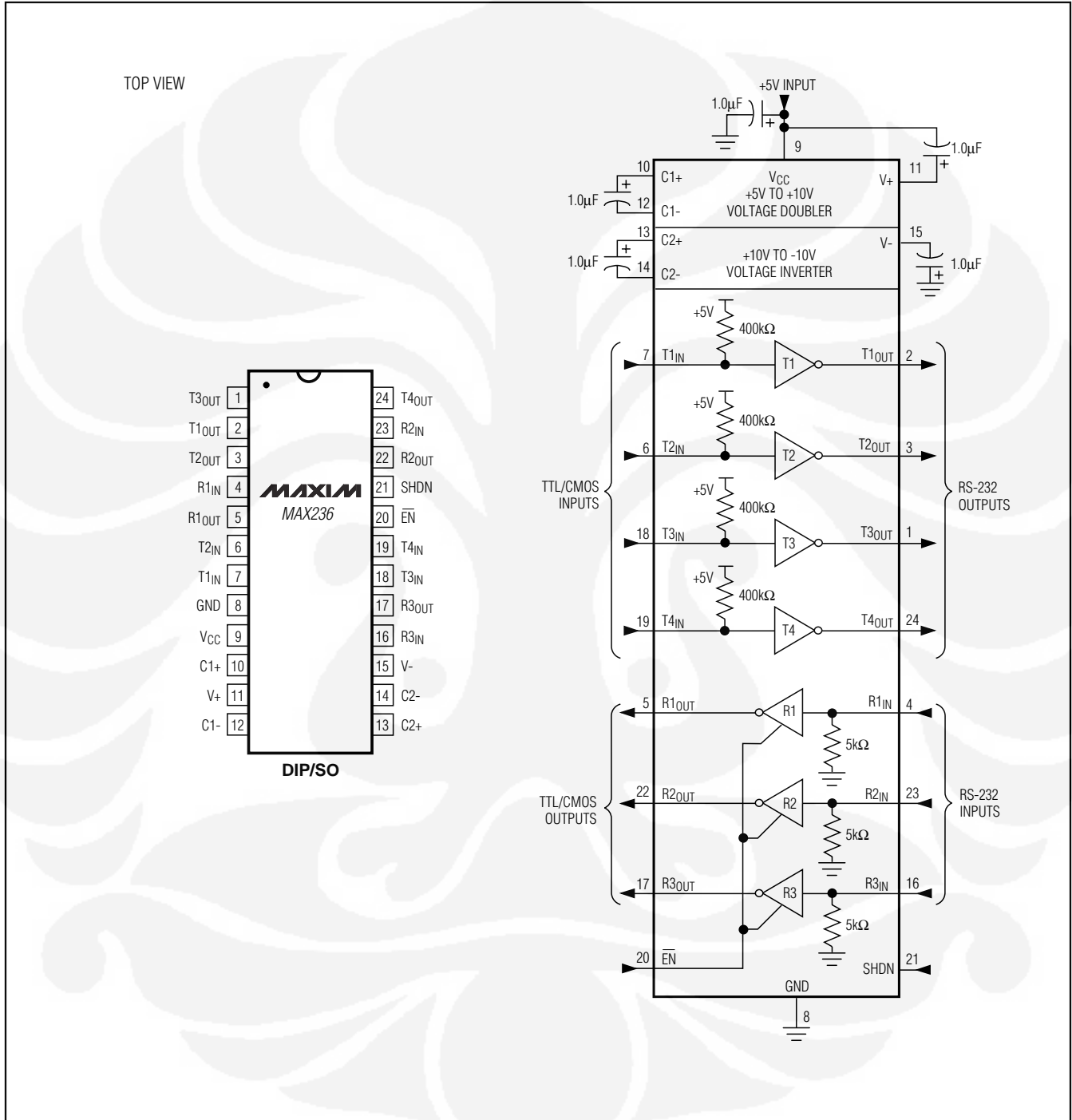


Figure 14. MAX236 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

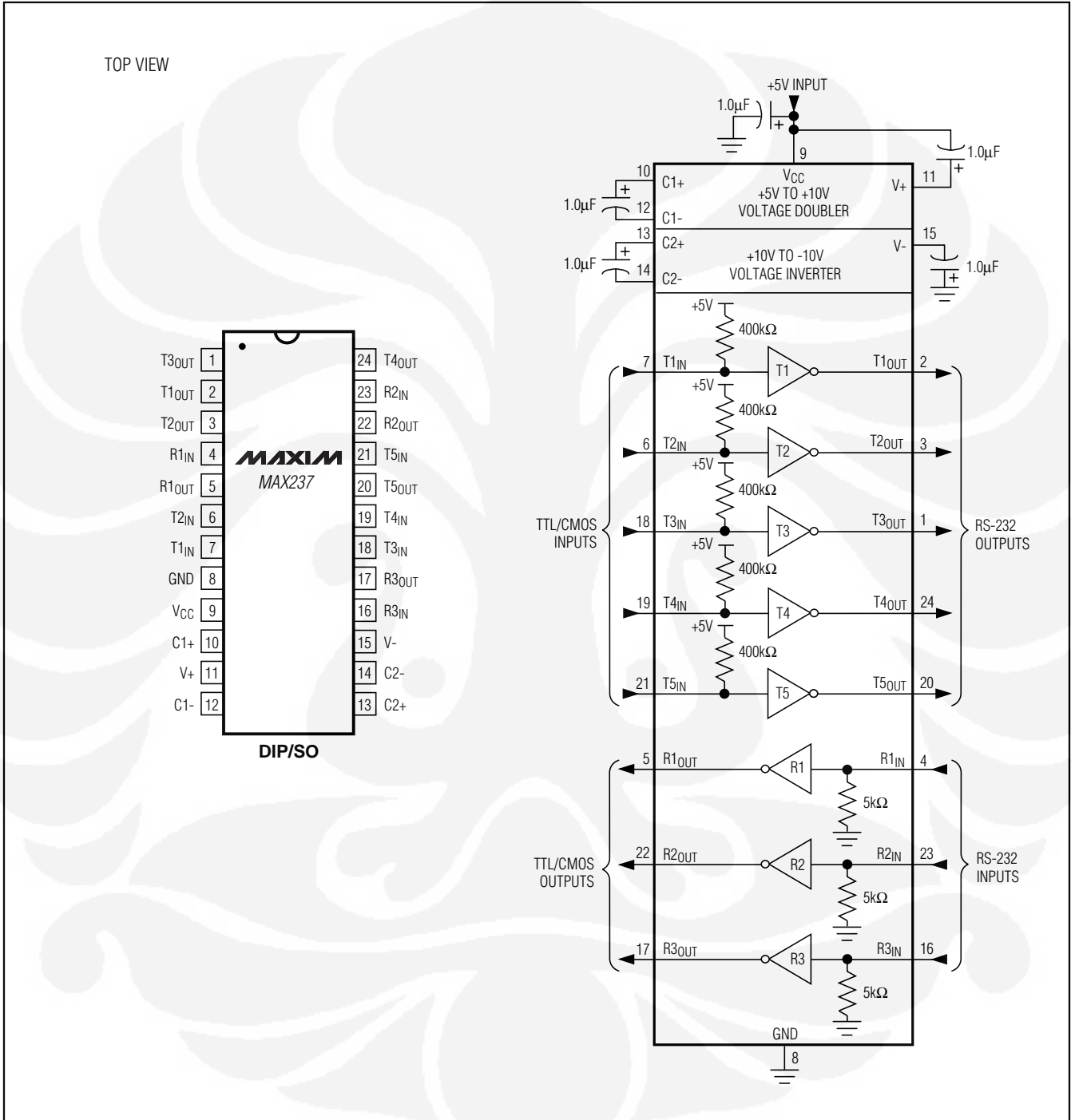


Figure 15. MAX237 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

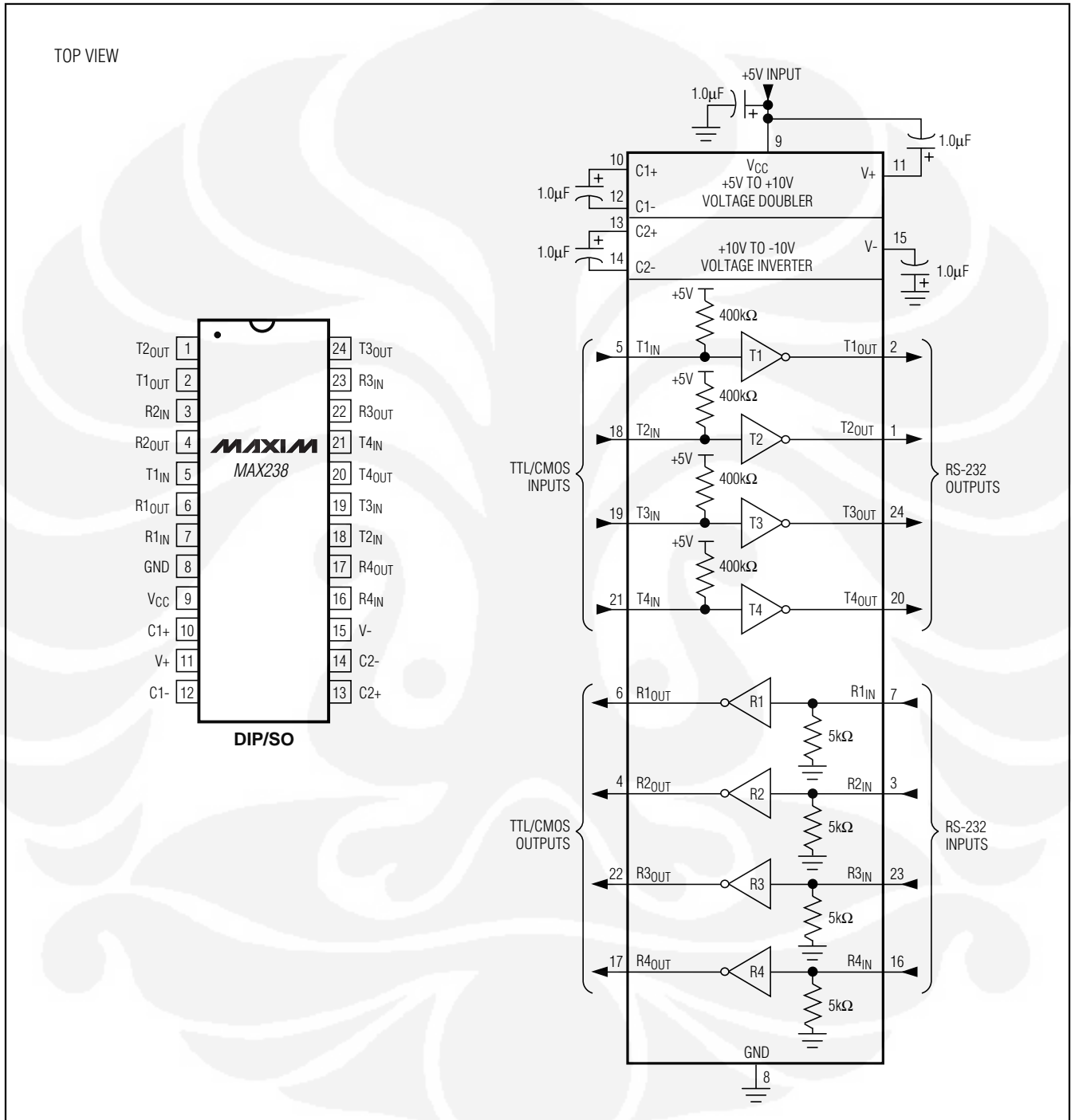


Figure 16. MAX238 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

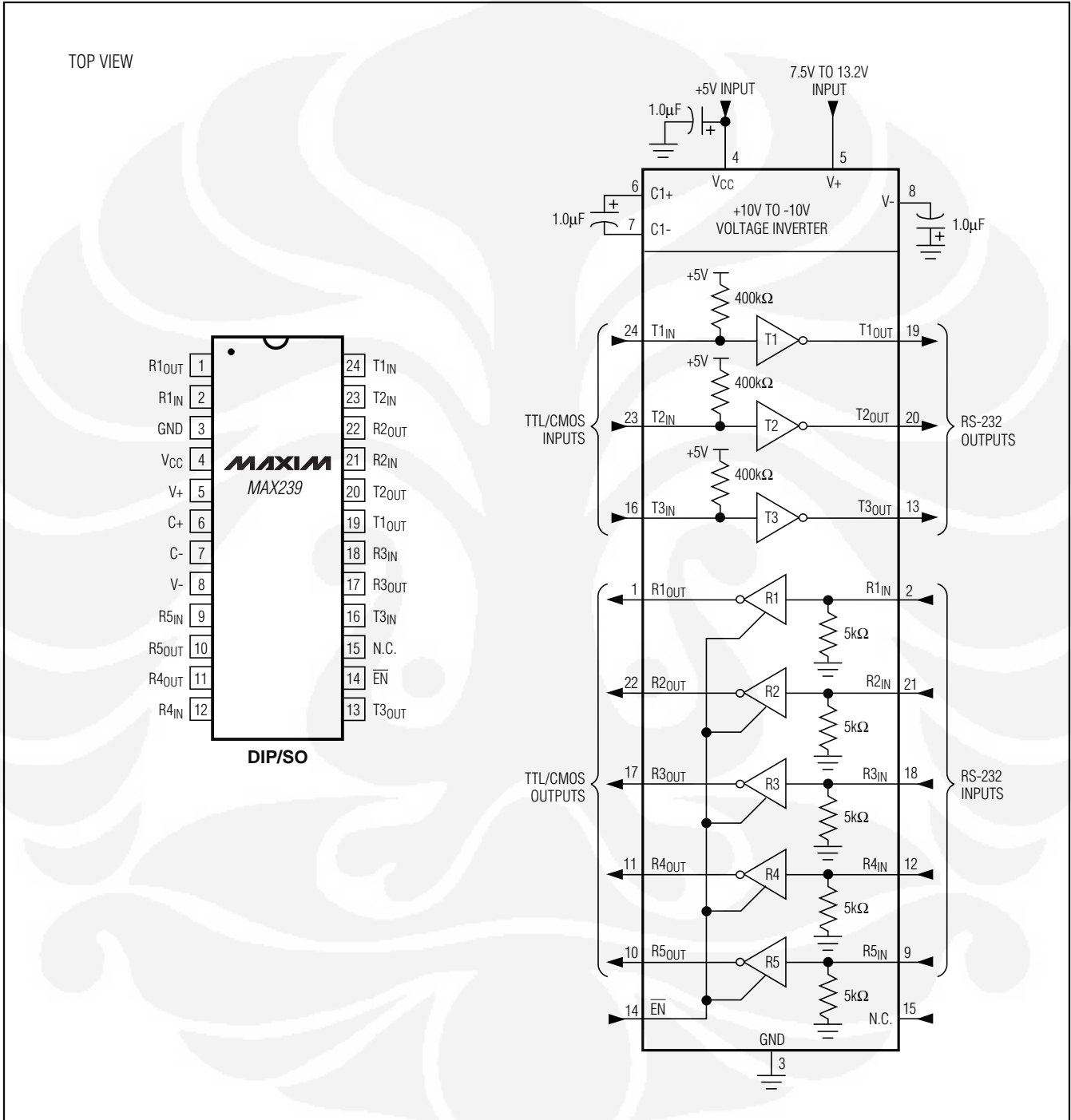


Figure 17. MAX239 Pin Configuration and Typical Operating Circuit



# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

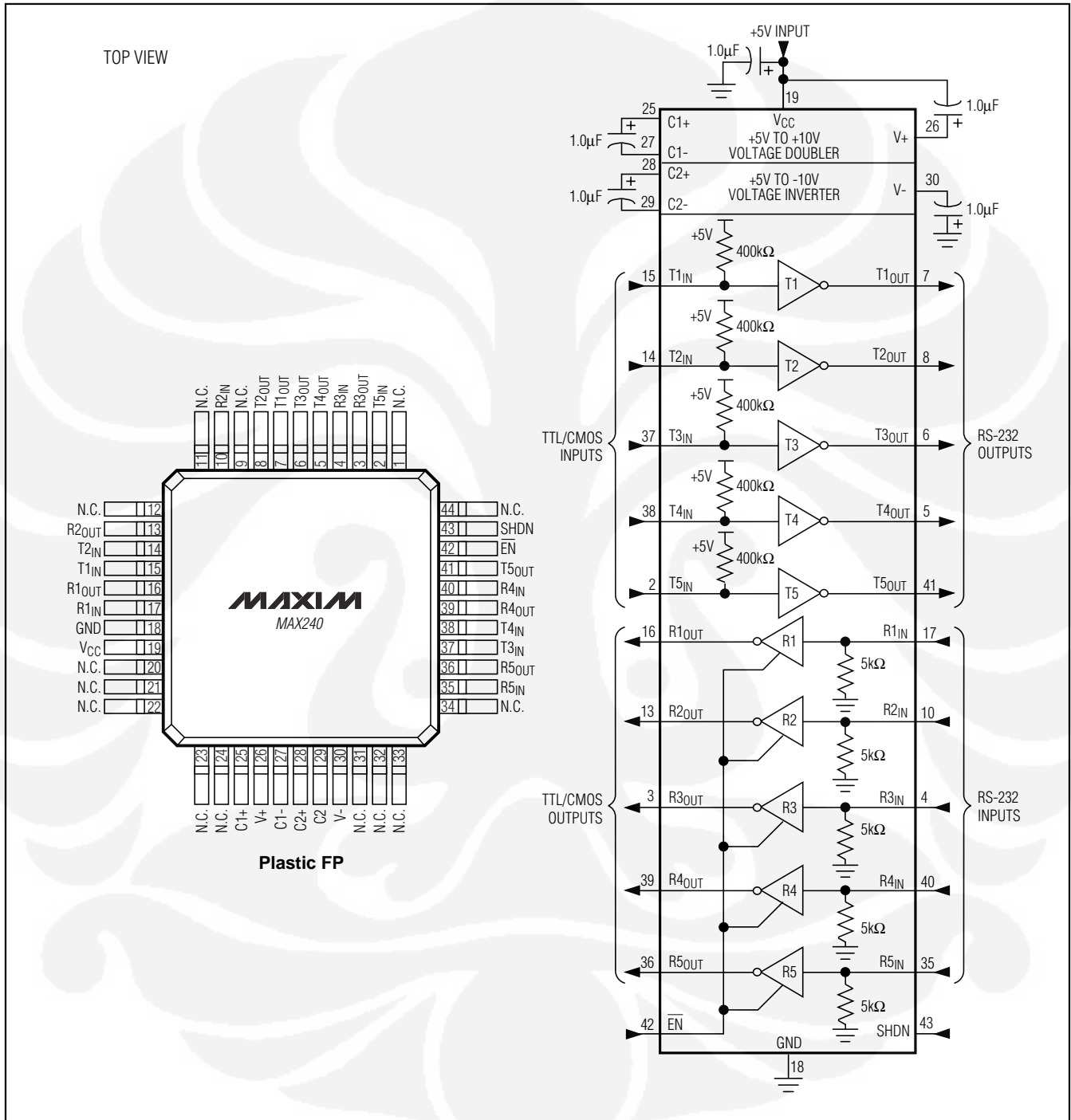


Figure 18. MAX240 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

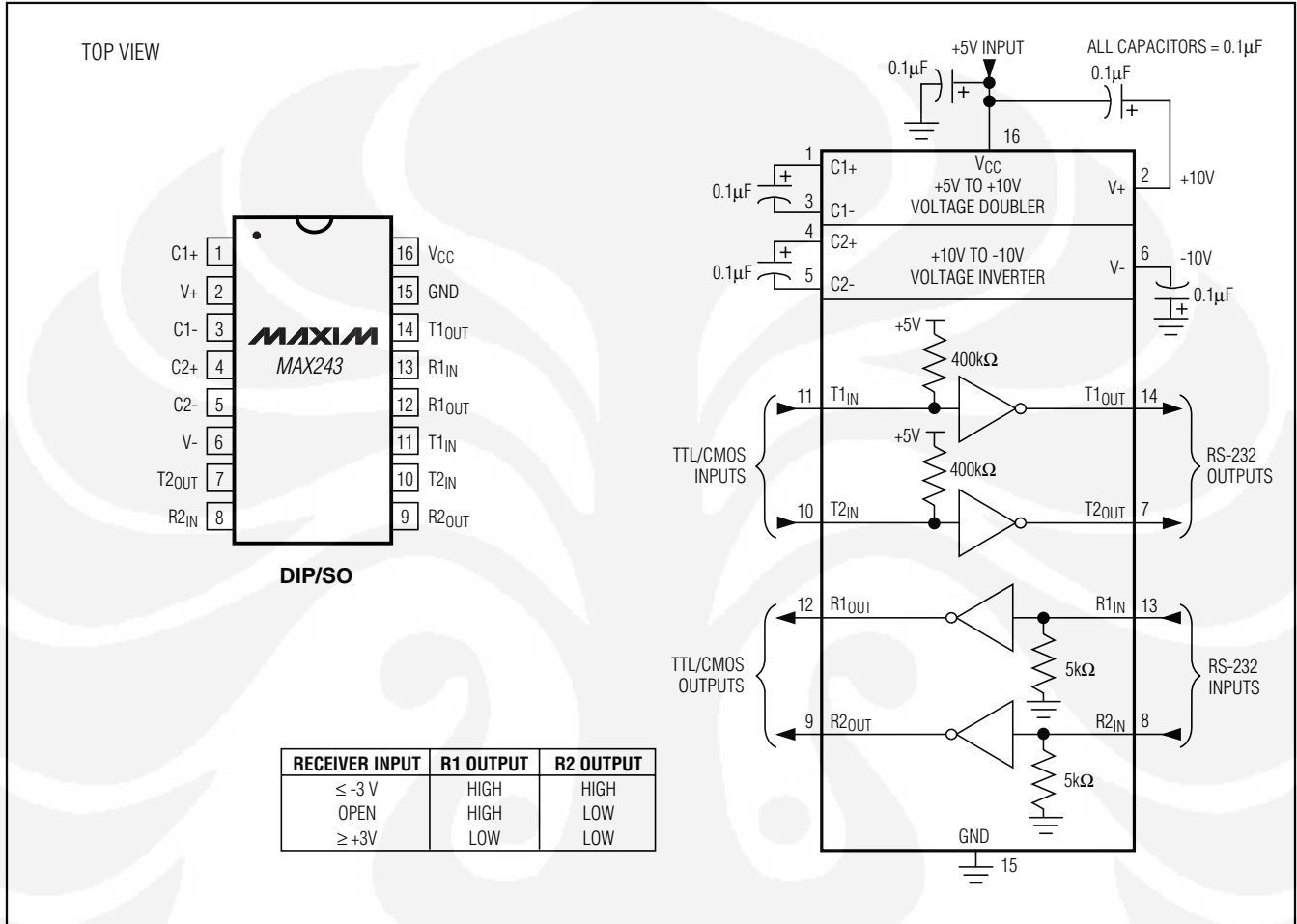


Figure 19. MAX243 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

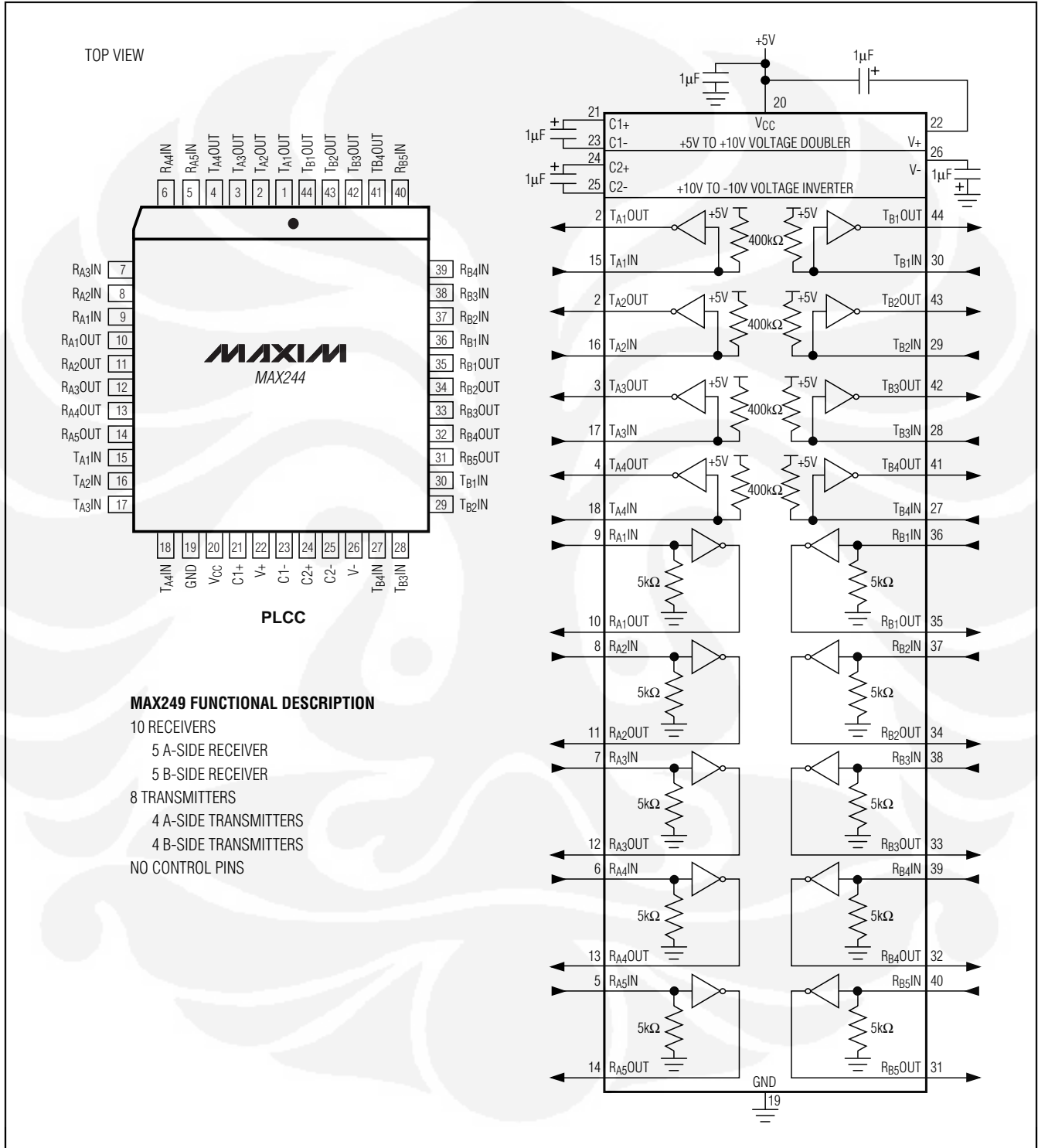


Figure 20. MAX244 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

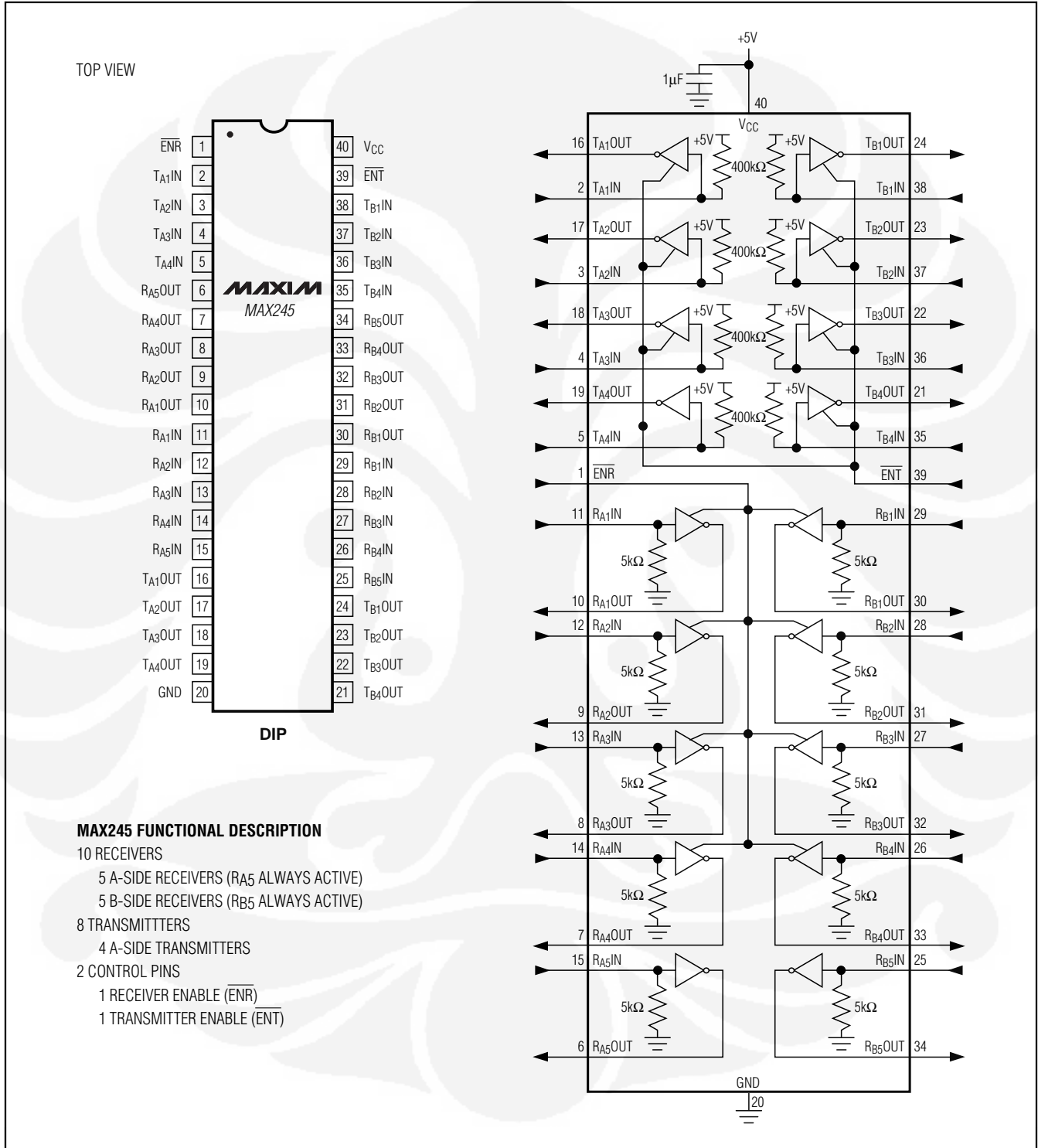


Figure 21. MAX245 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

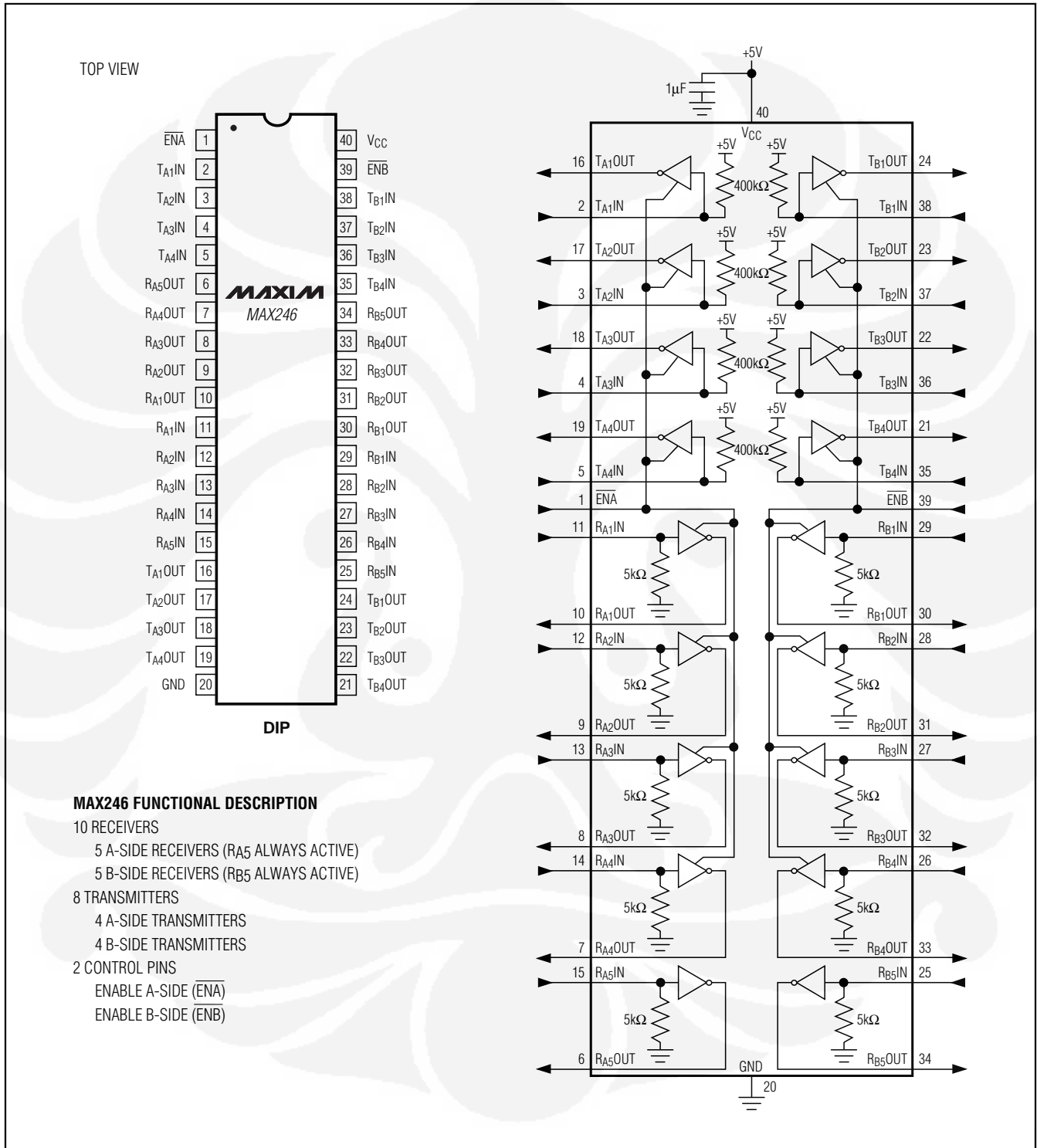
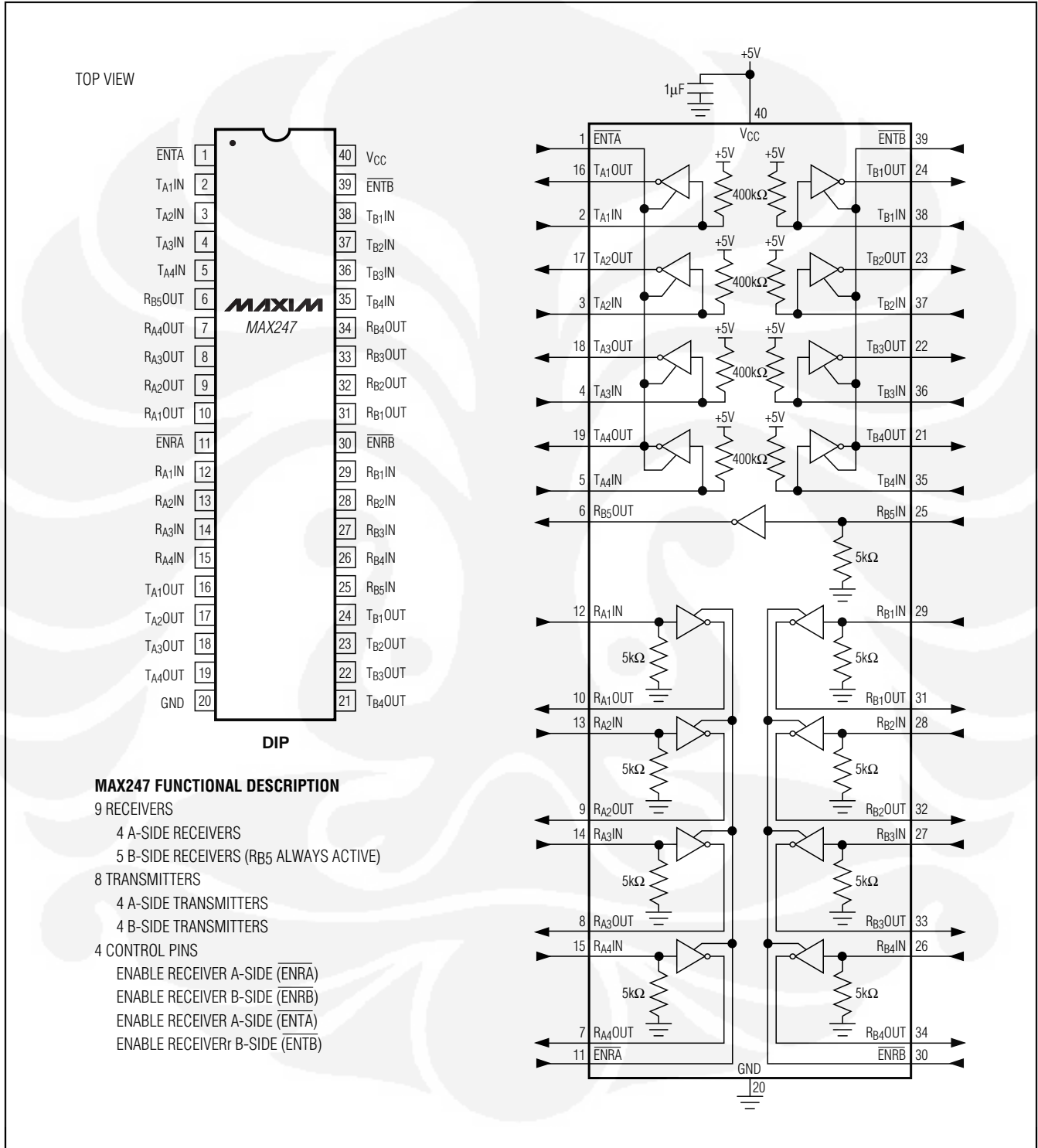


Figure 22. MAX246 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers



# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX2220-MAX249**

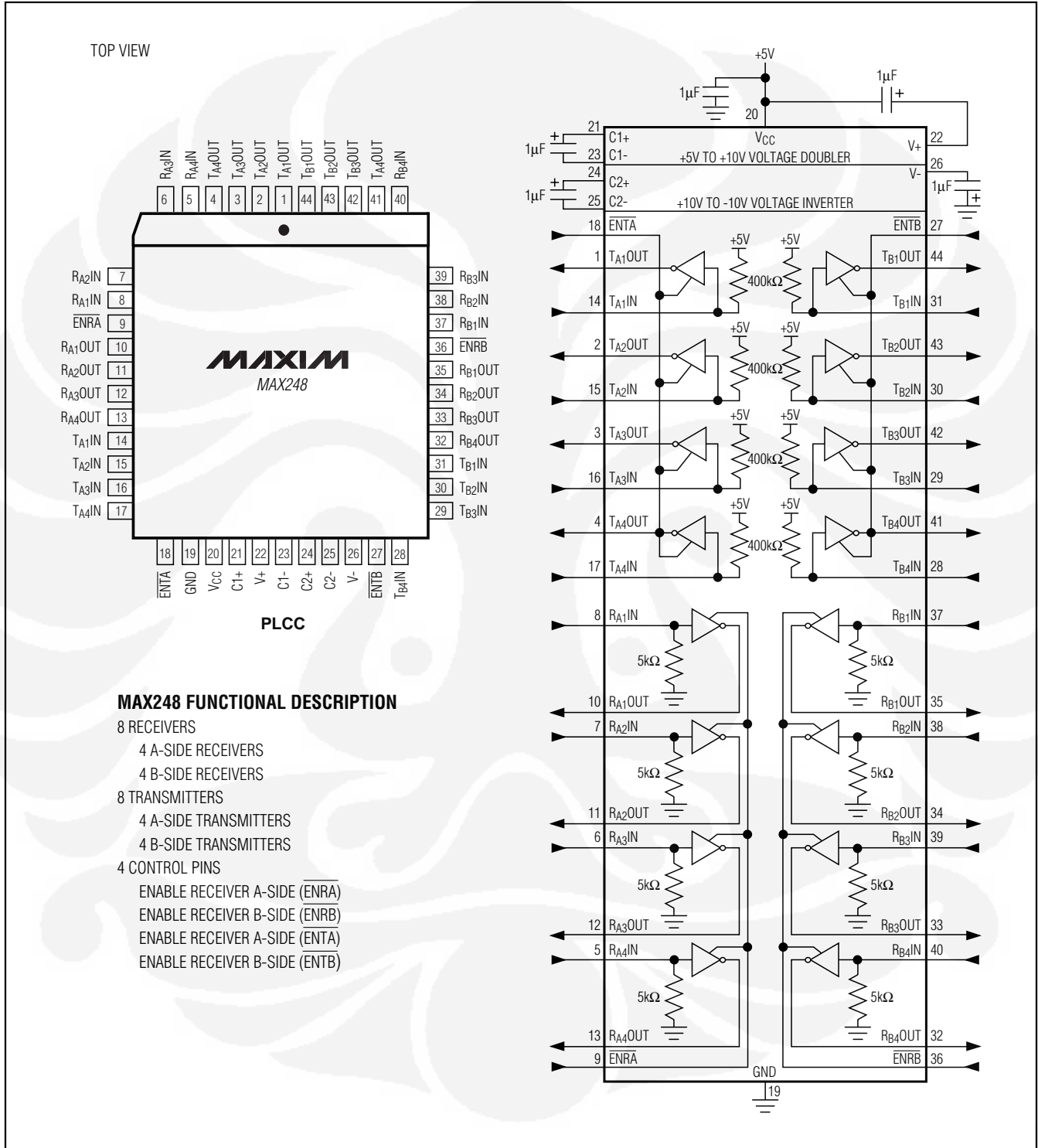


Figure 24. MAX248 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

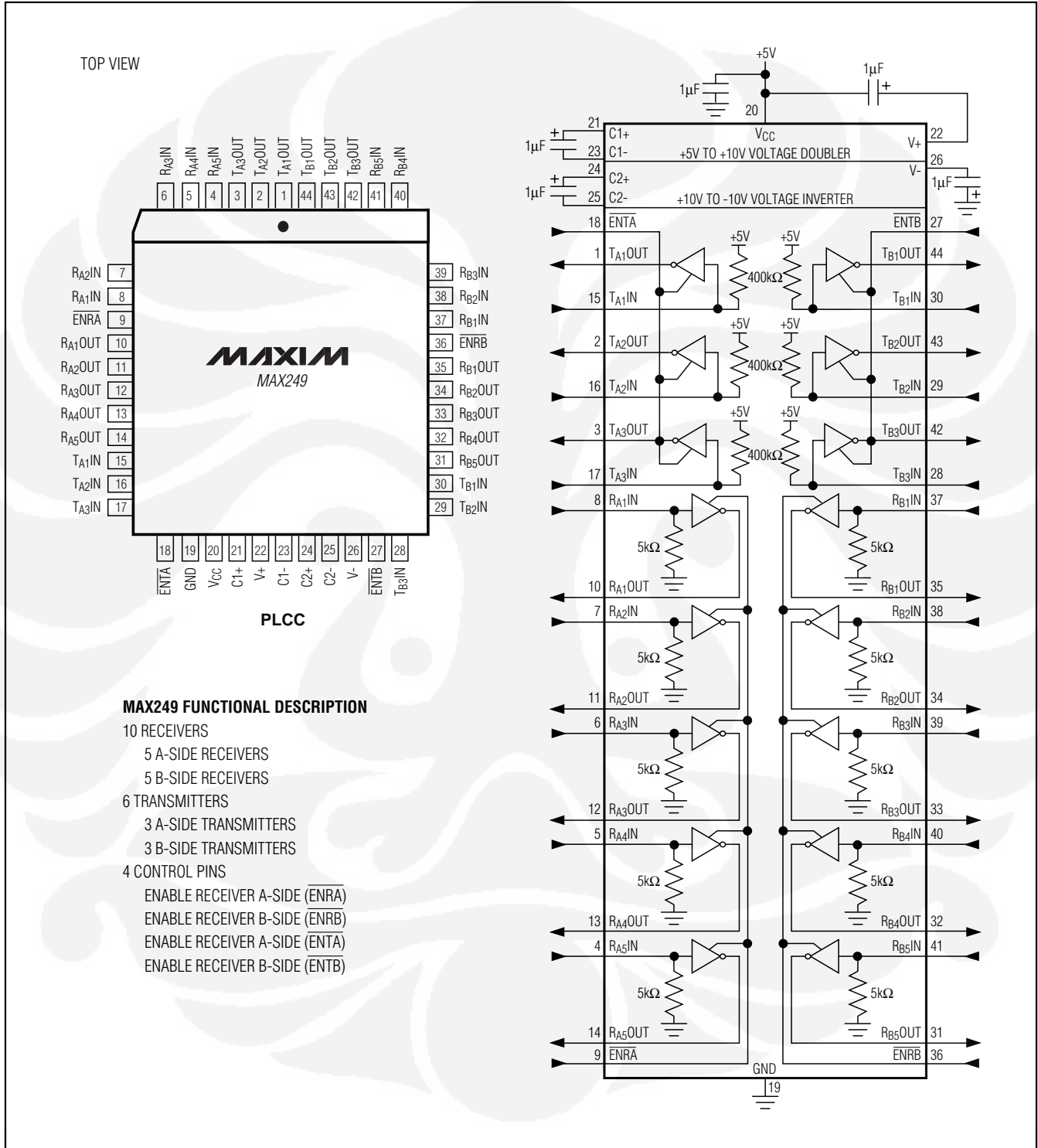


Figure 25. MAX249 Pin Configuration and Typical Operating Circuit



# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Ordering Information (continued)

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX222CPN	0°C to +70°C	18 Plastic DIP
MAX222CWN	0°C to +70°C	18 Wide SO
MAX222C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX222EPN	-40°C to +85°C	18 Plastic DIP
MAX222EWN	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX222EJN	-40°C to +85°C	18 CERDIP
MAX222MJN	-55°C to +125°C	18 CERDIP
<b>MAX223CAI</b>	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX223CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX223C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX223EAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX223EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
<b>MAX225CWI</b>	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX225EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
<b>MAX230CPP</b>	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX230CWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX230C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX230EPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX230EWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX230EJP	-40°C to +85°C	20 CERDIP
MAX230MJP	-55°C to +125°C	20 CERDIP
<b>MAX231CPD</b>	0°C to +70°C	14 Plastic DIP
MAX231CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX231CJD	0°C to +70°C	14 CERDIP
MAX231C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX231EPD	-40°C to +85°C	14 Plastic DIP
MAX231EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX231EJD	-40°C to +85°C	14 CERDIP
MAX231MJD	-55°C to +125°C	14 CERDIP
<b>MAX232CPE</b>	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX232C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX232EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX232MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX232MLP	-55°C to +125°C	20 LCC
<b>MAX232ACPE</b>	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232ACSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232ACWE	0°C to +70°C	16 Wide SO

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX232AC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232AEPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232AESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232AEWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX232AEJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX232AMJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX232AMPLP	-55°C to +125°C	20 LCC
<b>MAX233CPP</b>	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX233EPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
<b>MAX233ACPP</b>	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX233ACWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX233AEPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX233AEWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
<b>MAX234CPE</b>	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX234CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX234C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX234EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX234EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX234EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX234MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
<b>MAX235CPG</b>	0°C to +70°C	24 Wide Plastic DIP
MAX235EPG	-40°C to +85°C	24 Wide Plastic DIP
MAX235EDG	-40°C to +85°C	24 Ceramic SB
MAX235MDG	-55°C to +125°C	24 Ceramic SB
<b>MAX236CNG</b>	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX236CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX236C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX236ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX236EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX236ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX236MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
<b>MAX237CNG</b>	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX237CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX237C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX237ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX237EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX237ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX237MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
<b>MAX238CNG</b>	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX238CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX238C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX238ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP

\* Contact factory for dice specifications.

MAX220-MAX249

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Ordering Information (continued)

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX238EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX238ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX238MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
<b>MAX239</b> CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX239CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX239C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX239ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX239EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX239ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX239MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
<b>MAX240</b> CMH	0°C to +70°C	44 Plastic FP
MAX240C/D	0°C to +70°C	Dice*
<b>MAX241</b> CAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX241CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX241C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX241EAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX241EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
<b>MAX242</b> CAP	0°C to +70°C	20 SSOP
MAX242CPN	0°C to +70°C	18 Plastic DIP
MAX242CWN	0°C to +70°C	18 Wide SO
MAX242C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX242EPN	-40°C to +85°C	18 Plastic DIP
MAX242EWN	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX242EJN	-40°C to +85°C	18 CERDIP
MAX242MJN	-55°C to +125°C	18 CERDIP

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
<b>MAX243</b> CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX243CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX243CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX243C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX243EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX243ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX243EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX243EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX243MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
<b>MAX244</b> CQH	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX244C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX244EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC
<b>MAX245</b> CPL	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX245C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX245EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
<b>MAX246</b> CPL	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX246C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX246EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
<b>MAX247</b> CPL	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX247C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX247EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
<b>MAX248</b> CQH	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX248C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX248EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC
<b>MAX249</b> CQH	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX249EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC

\* Contact factory for dice specifications.

## Package Information

For the latest package outline information, go to [www.maxim-ic.com/packages](http://www.maxim-ic.com/packages).

## Revision History

Pages changed at Rev 15: 2-5, 8, 9, 36

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

36 **Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 (408) 737-7600**

© 2006 Maxim Integrated Products

**MAXIM** is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.

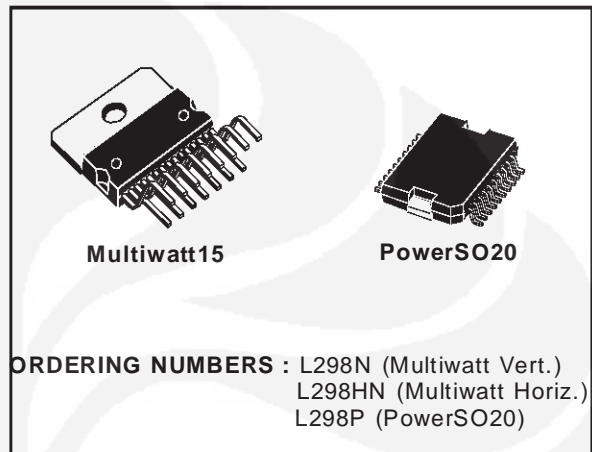
Perancangan dan prototype..., Yudith Irawan, FT UI, 2010

## DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

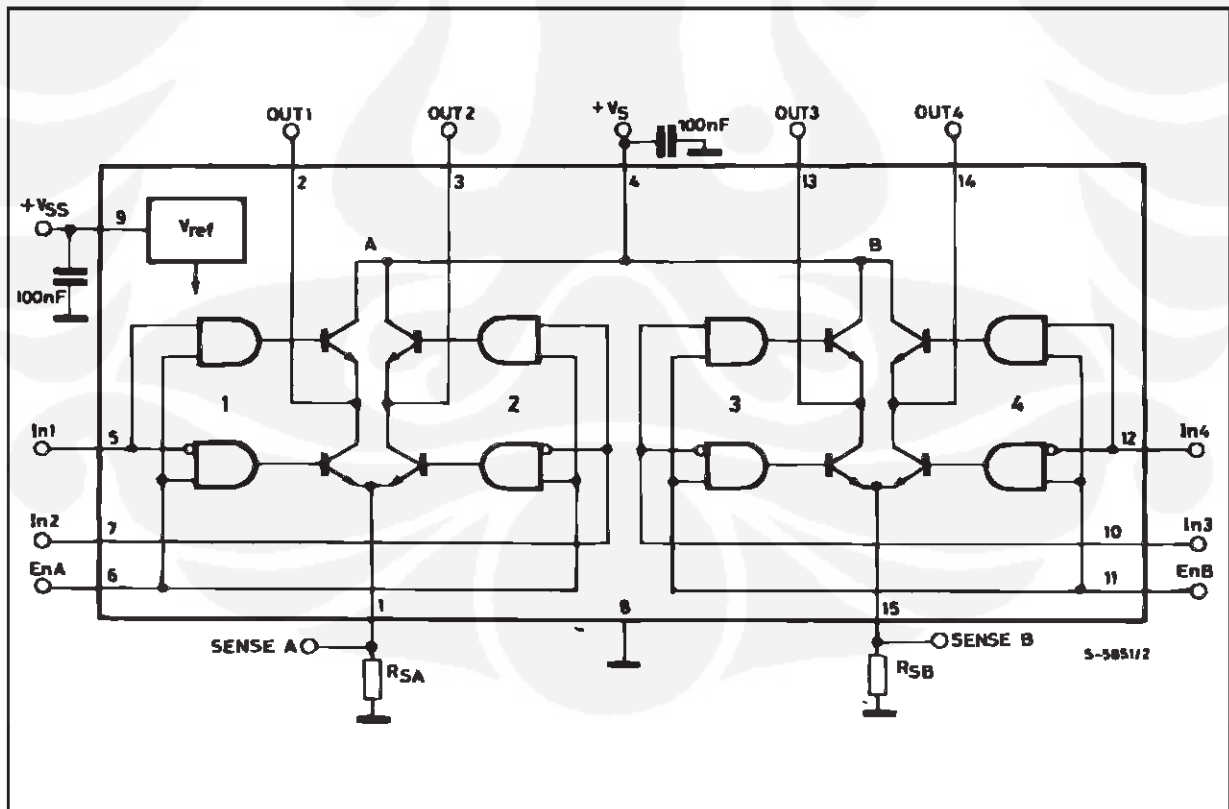
### DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

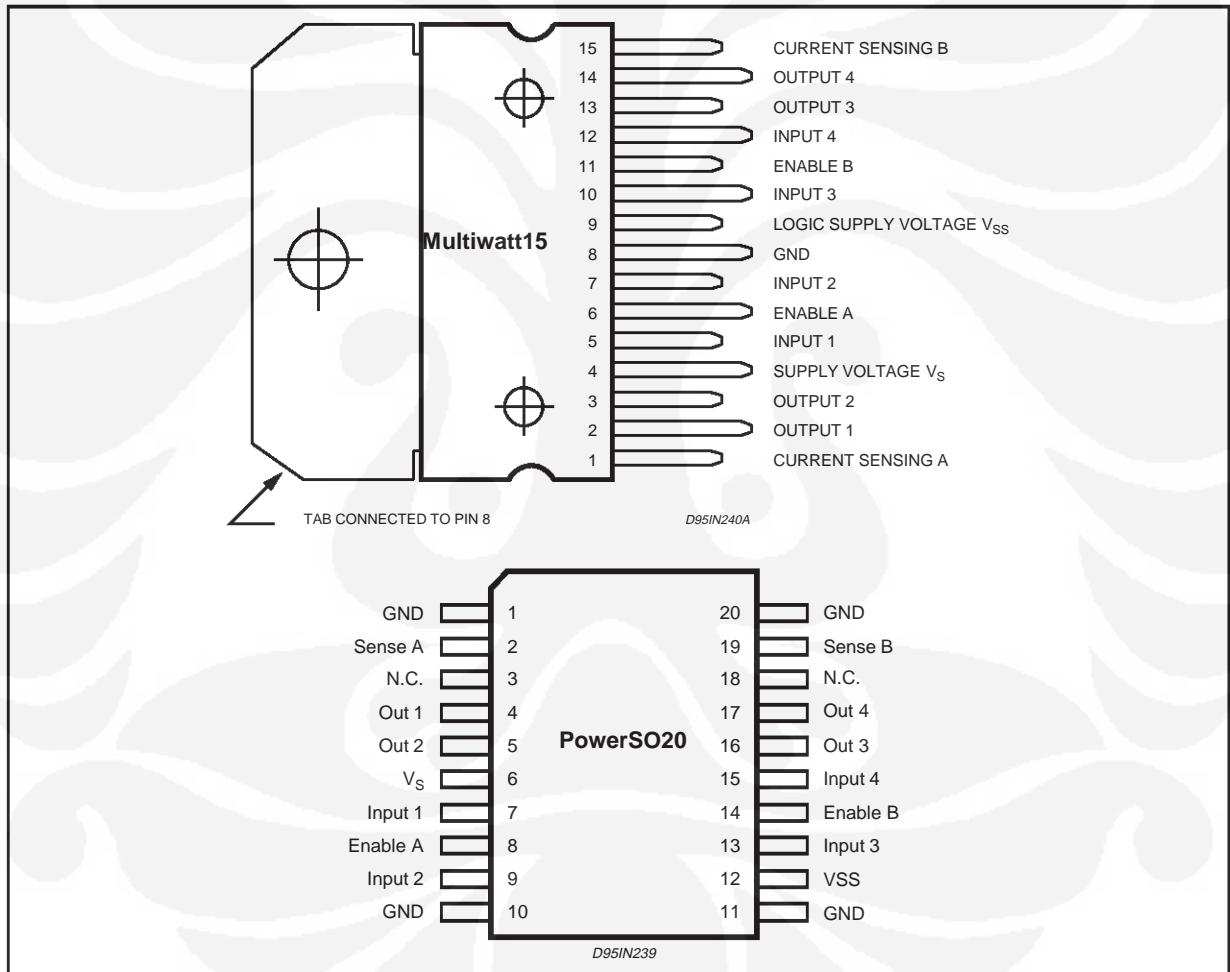
### BLOCK DIAGRAM



**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_s$	Power Supply	50	V
$V_{ss}$	Logic Supply Voltage	7	V
$V_i, V_{en}$	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
$I_o$	Peak Output Current (each Channel)		
	- Non Repetitive ( $t = 100\mu s$ )	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off; $t_{on} = 10ms$ )	2.5	A
	-DC Operation	2	A
$V_{sens}$	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
$P_{tot}$	Total Power Dissipation ( $T_{case} = 75^\circ C$ )	25	W
$T_{op}$	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
$T_{stg}, T_j$	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

**PIN CONNECTIONS (top view)**



**THERMAL DATA**

Symbol	Parameter		PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th\ j-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	-	3	$^\circ C/W$
$R_{th\ j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	35	$^\circ C/W$

(\*) Mounted on aluminum substrate



**PIN FUNCTIONS** (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V <sub>S</sub>	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	V <sub>SS</sub>	Supply Voltage for the Logic Blocks. A100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
–	3;18	N.C.	Not Connected

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** (V<sub>S</sub> = 42V; V<sub>SS</sub> = 5V, T<sub>j</sub> = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V <sub>S</sub>	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	V <sub>IH</sub> +2.5		46	V
V <sub>SS</sub>	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
I <sub>S</sub>	Quiescent Supply Current (pin 4)	V <sub>en</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0 V <sub>i</sub> = L V <sub>i</sub> = H		13 50	22 70	mA mA
		V <sub>en</sub> = L V <sub>i</sub> = X			4	mA
I <sub>SS</sub>	Quiescent Current from V <sub>SS</sub> (pin 9)	V <sub>en</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0 V <sub>i</sub> = L V <sub>i</sub> = H		24 7	36 12	mA mA
		V <sub>en</sub> = L V <sub>i</sub> = X			6	mA
V <sub>iL</sub>	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		–0.3		1.5	V
V <sub>iH</sub>	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		V <sub>SS</sub>	V
I <sub>iL</sub>	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>i</sub> = L			–10	μA
I <sub>iH</sub>	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>i</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> –0.6V		30	100	μA
V <sub>en</sub> = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		–0.3		1.5	V
V <sub>en</sub> = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		V <sub>SS</sub>	V
I <sub>en</sub> = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V <sub>en</sub> = L			–10	μA
I <sub>en</sub> = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V <sub>en</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> –0.6V		30	100	μA
V <sub>CEsat(H)</sub>	Source Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A I <sub>L</sub> = 2A	0.95	1.35 2	1.7 2.7	V V
V <sub>CEsat(L)</sub>	Sink Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A (5) I <sub>L</sub> = 2A (5)	0.85	1.2 1.7	1.6 2.3	V V
V <sub>CEsat</sub>	Total Drop	I <sub>L</sub> = 1A (5) I <sub>L</sub> = 2A (5)	1.80		3.2 4.9	V V
V <sub>sens</sub>	Sensing Voltage (pins 1, 15)		–1 (1)		2	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
T <sub>1</sub> (V <sub>i</sub> )	Source Current Turn-off Delay	0.5 V <sub>i</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)		1.5		μs
T <sub>2</sub> (V <sub>i</sub> )	Source Current Fall Time	0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)		0.2		μs
T <sub>3</sub> (V <sub>i</sub> )	Source Current Turn-on Delay	0.5 V <sub>i</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)		2		μs
T <sub>4</sub> (V <sub>i</sub> )	Source Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)		0.7		μs
T <sub>5</sub> (V <sub>i</sub> )	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V <sub>i</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.7		μs
T <sub>6</sub> (V <sub>i</sub> )	Sink Current Fall Time	0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.25		μs
T <sub>7</sub> (V <sub>i</sub> )	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V <sub>i</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		1.6		μs
T <sub>8</sub> (V <sub>i</sub> )	Sink Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.2		μs
f <sub>c</sub> (V <sub>i</sub> )	Commutation Frequency	I <sub>L</sub> = 2A		25	40	KHz
T <sub>1</sub> (V <sub>en</sub> )	Source Current Turn-off Delay	0.5 V <sub>en</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)		3		μs
T <sub>2</sub> (V <sub>en</sub> )	Source Current Fall Time	0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)		1		μs
T <sub>3</sub> (V <sub>en</sub> )	Source Current Turn-on Delay	0.5 V <sub>en</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)		0.3		μs
T <sub>4</sub> (V <sub>en</sub> )	Source Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)		0.4		μs
T <sub>5</sub> (V <sub>en</sub> )	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V <sub>en</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		2.2		μs
T <sub>6</sub> (V <sub>en</sub> )	Sink Current Fall Time	0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.35		μs
T <sub>7</sub> (V <sub>en</sub> )	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V <sub>en</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.25		μs
T <sub>8</sub> (V <sub>en</sub> )	Sink Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.1		μs

- 1) Sensing voltage can be -1 V for t ≤ 50 μsec; in steady state V<sub>sens</sub> min ≥ -0.5 V.
- 2) See fig. 2.
- 3) See fig. 4.
- 4) The load must be a pure resistor.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

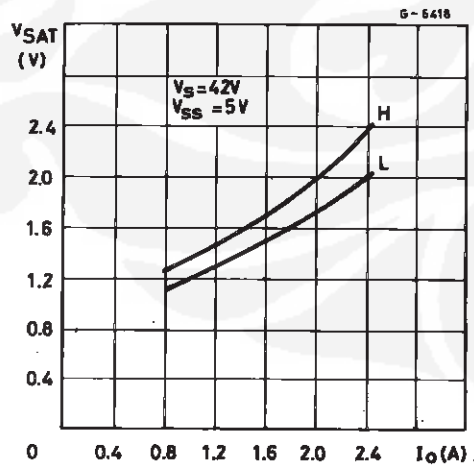
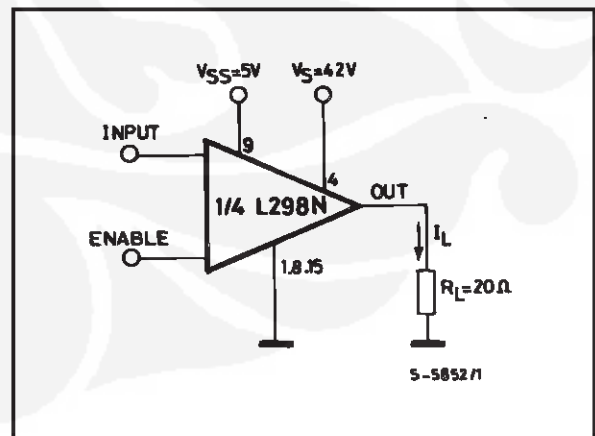
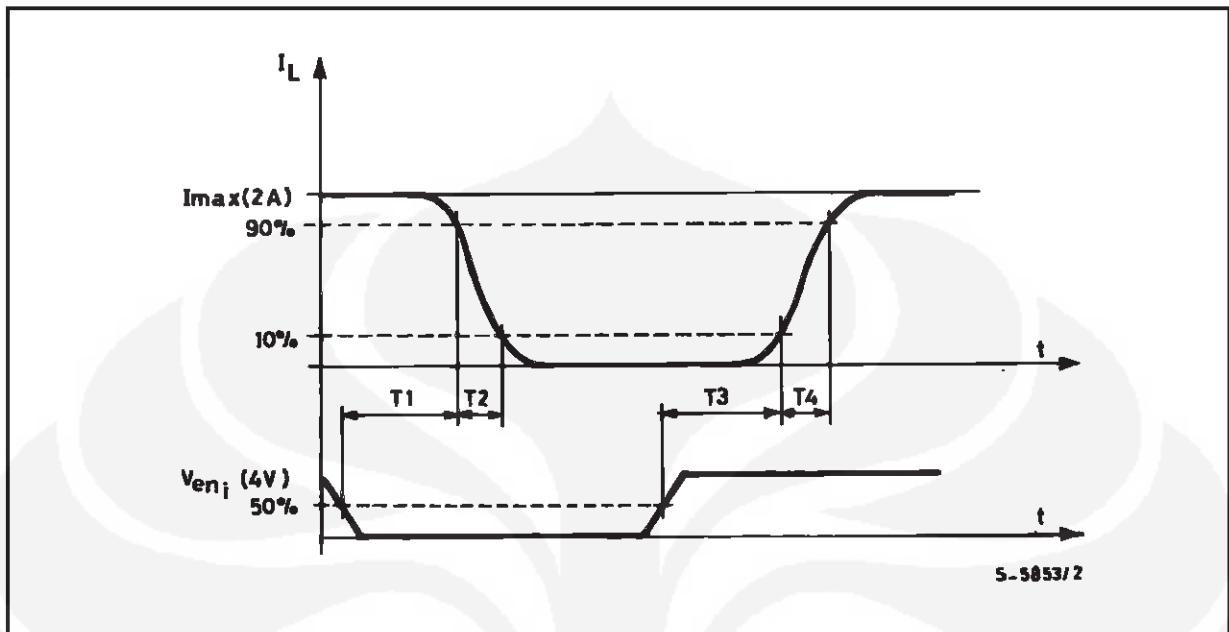


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.

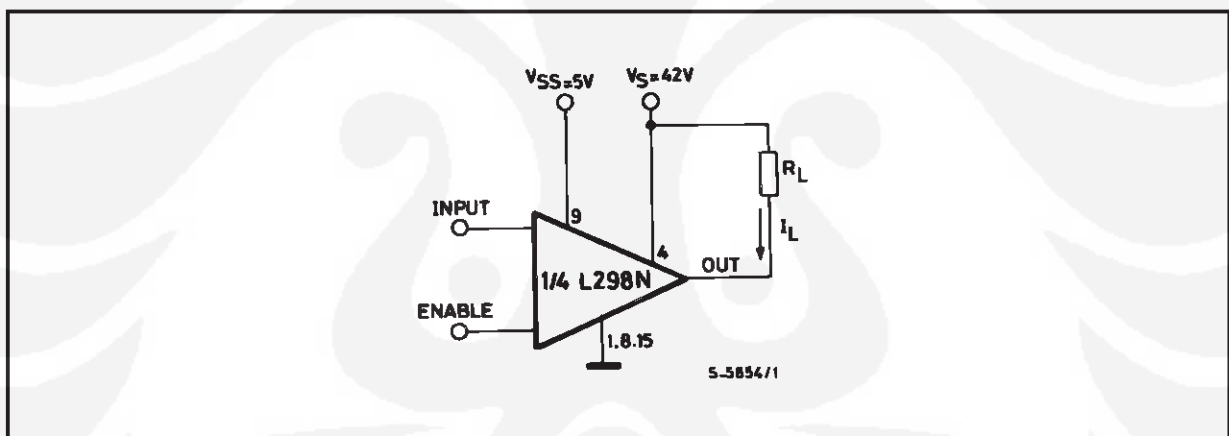


Note: For INPUT Switching, set EN = H  
For ENABLE Switching, set IN = H

**Figure 3** : Source Current Delay Times vs. Input or Enable Switching.



**Figure 4** : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H  
For ENABLE Switching, set IN = L

Figure 5 : Sink Current Delay Times vs. Input 0 V Enable Switching.

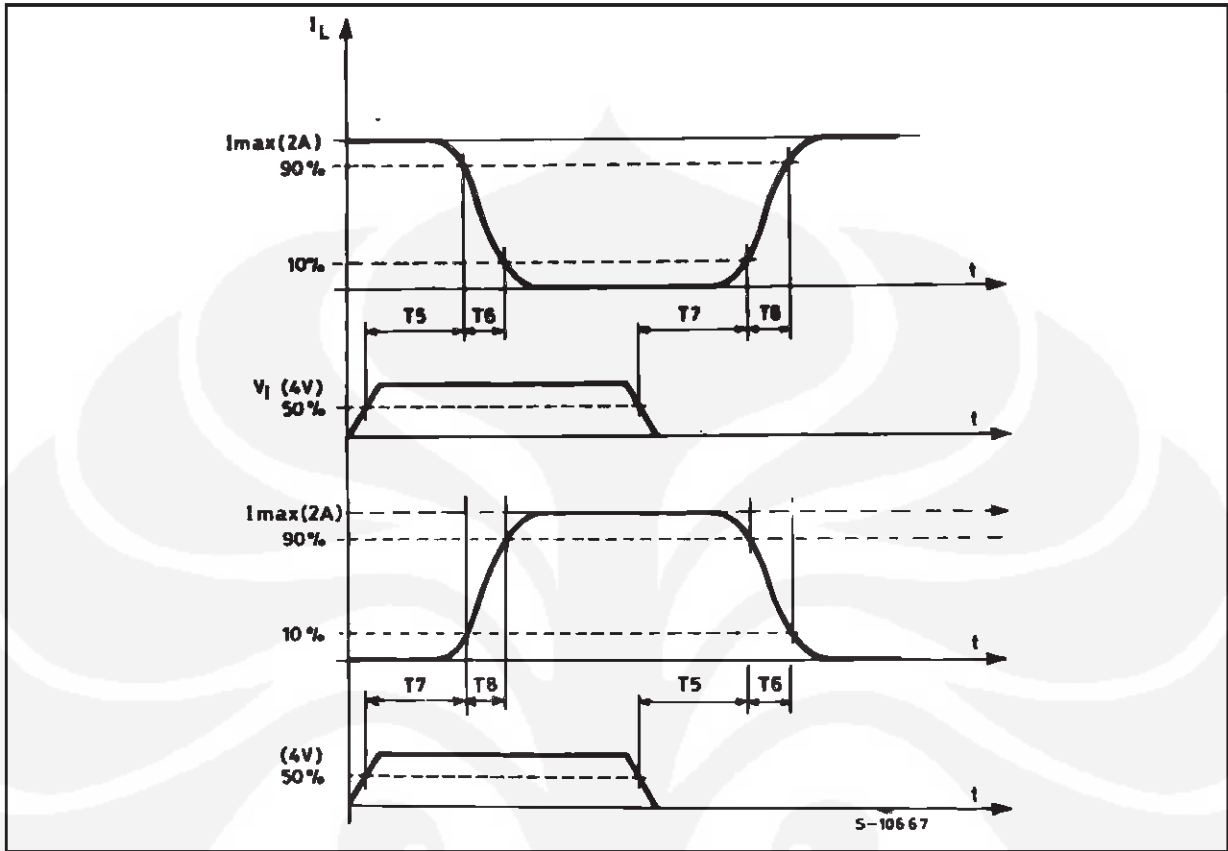
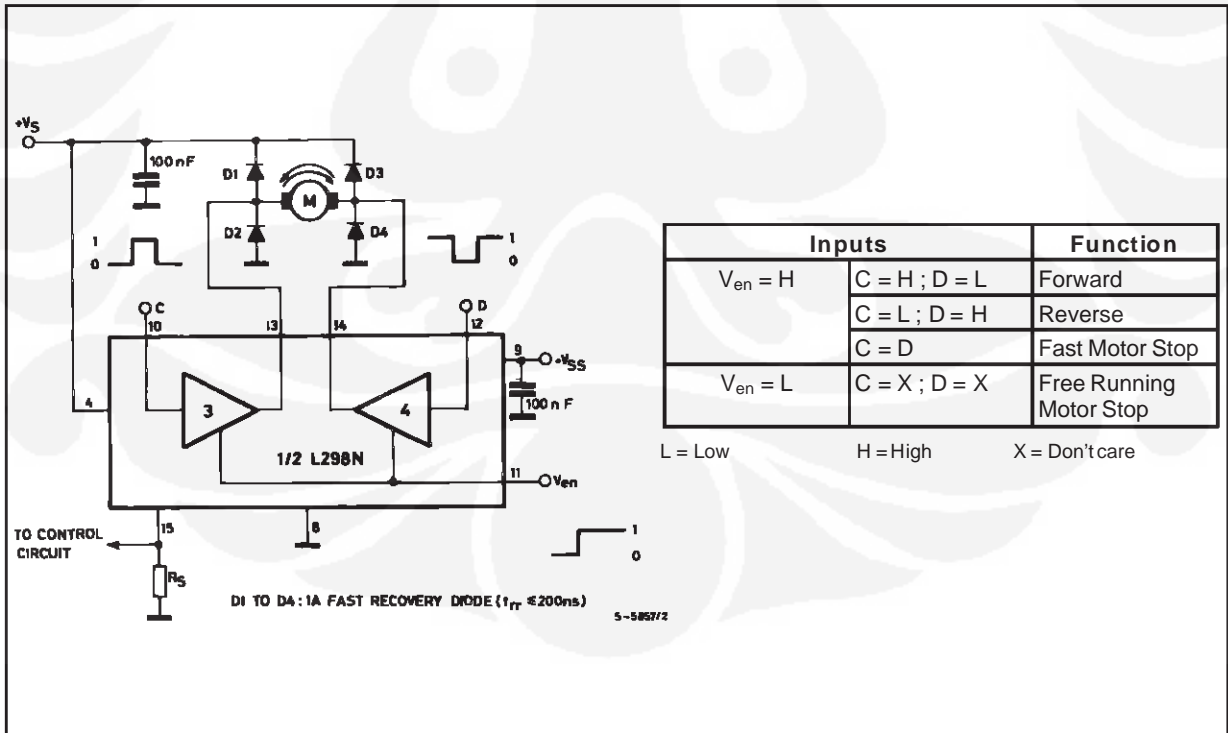
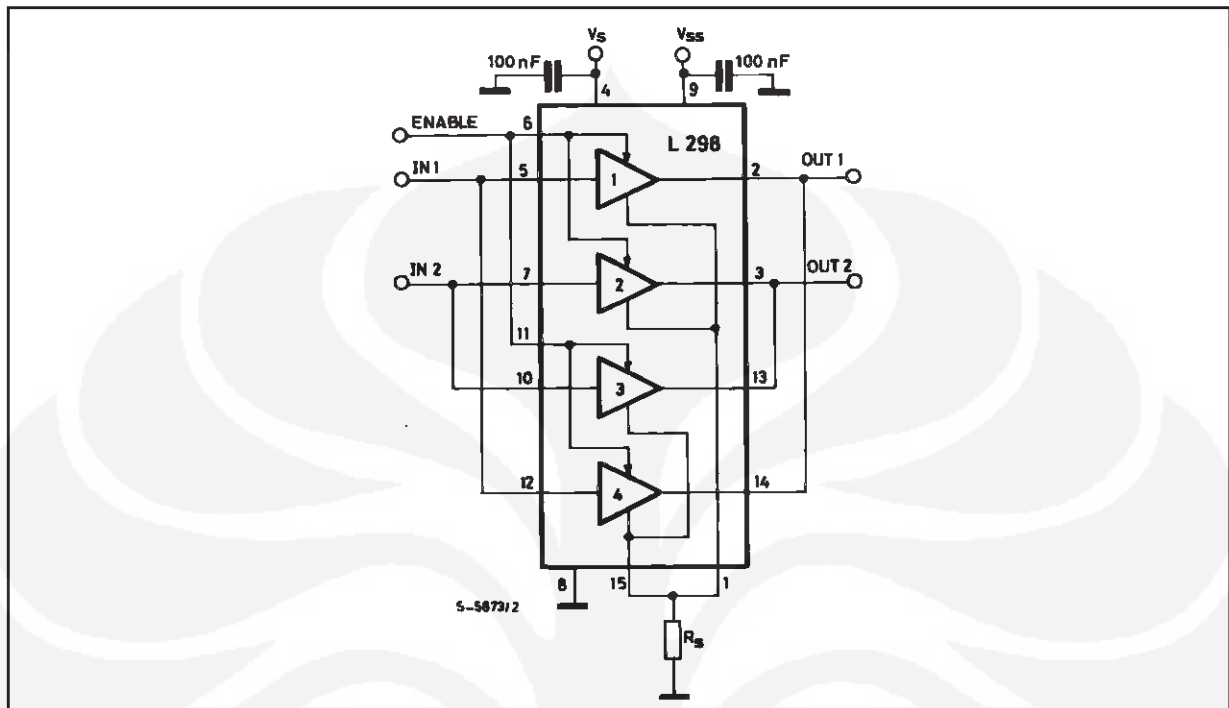


Figure 6 : Bidirectional DC Motor Control.





**Figure 7** : For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



## APPLICATION INFORMATION (Refer to the block diagram)

### 1.1. POWER OUTPUT STAGE

The L298 integrates two power output stages (A; B). The power output stage is a bridge configuration and its outputs can drive an inductive load in common or differential mode, depending on the state of the inputs. The current that flows through the load comes out from the bridge at the sense output: an external resistor ( $R_{SA}$ ;  $R_{SB}$ ) allows to detect the intensity of this current.

### 1.2. INPUT STAGE

Each bridge is driven by means of four gates the input of which are  $In1$ ;  $In2$ ;  $EnA$  and  $In3$ ;  $In4$ ;  $EnB$ . The  $In$  inputs set the bridge state when The  $En$  input is high; a low state of the  $En$  input inhibits the bridge. All the inputs are TTL compatible.

## 2. SUGGESTIONS

A non inductive capacitor, usually of 100 nF, must be foreseen between both  $V_s$  and  $V_{ss}$ , to ground, as near as possible to GND pin. When the large capacitor of the power supply is too far from the IC, a second smaller one must be foreseen near the L298.

The sense resistor, not of a wire wound type, must be grounded near the negative pole of  $V_s$  that must be near the GND pin of the I.C.

Each input must be connected to the source of the driving signals by means of a very short path.

Turn-On and Turn-Off : Before to Turn-ON the Supply Voltage and before to Turn it OFF, the Enable input must be driven to the Low state.

## 3. APPLICATIONS

Fig 6 shows a bidirectional DC motor control Schematic Diagram for which only one bridge is needed. The external bridge of diodes D1 to D4 is made by four fast recovery elements ( $trr \leq 200$  nsec) that must be chosen of a  $V_F$  as low as possible at the worst case of the load current.

The sense output voltage can be used to control the current amplitude by chopping the inputs, or to provide overcurrent protection by switching low the enable input.

The brake function (Fast motor stop) requires that the Absolute Maximum Rating of 2 Amps must never be overcome.

When the repetitive peak current needed from the load is higher than 2 Amps, a paralleled configuration can be chosen (See Fig.7).

An external bridge of diodes are required when inductive loads are driven and when the inputs of the IC are chopped; Schottky diodes would be preferred.

This solution can drive until 3 Amps In DC operation and until 3.5 Amps of a repetitive peak current.

On Fig 8 it is shown the driving of a two phase bipolar stepper motor ; the needed signals to drive the inputs of the L298 are generated, in this example, from the IC L297.

Fig 9 shows an example of P.C.B. designed for the application of Fig 8.

**Figure 8** : Two Phase Bipolar Stepper Motor Circuit.

This circuit drives bipolar stepper motors with winding currents up to 2 A. The diodes are fast 2 A types.

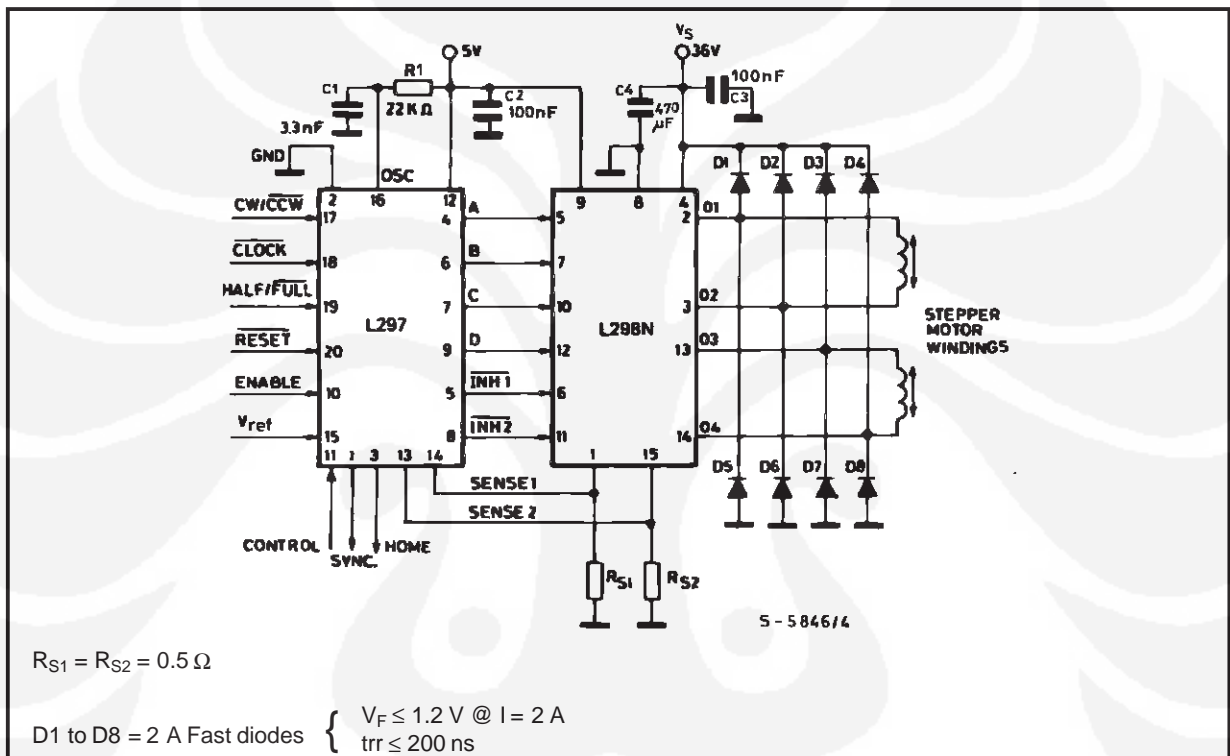


Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the I.C. L6506.

Figure 9 : Suggested Printed Circuit Board Layout for the Circuit of fig. 8 (1:1 scale).

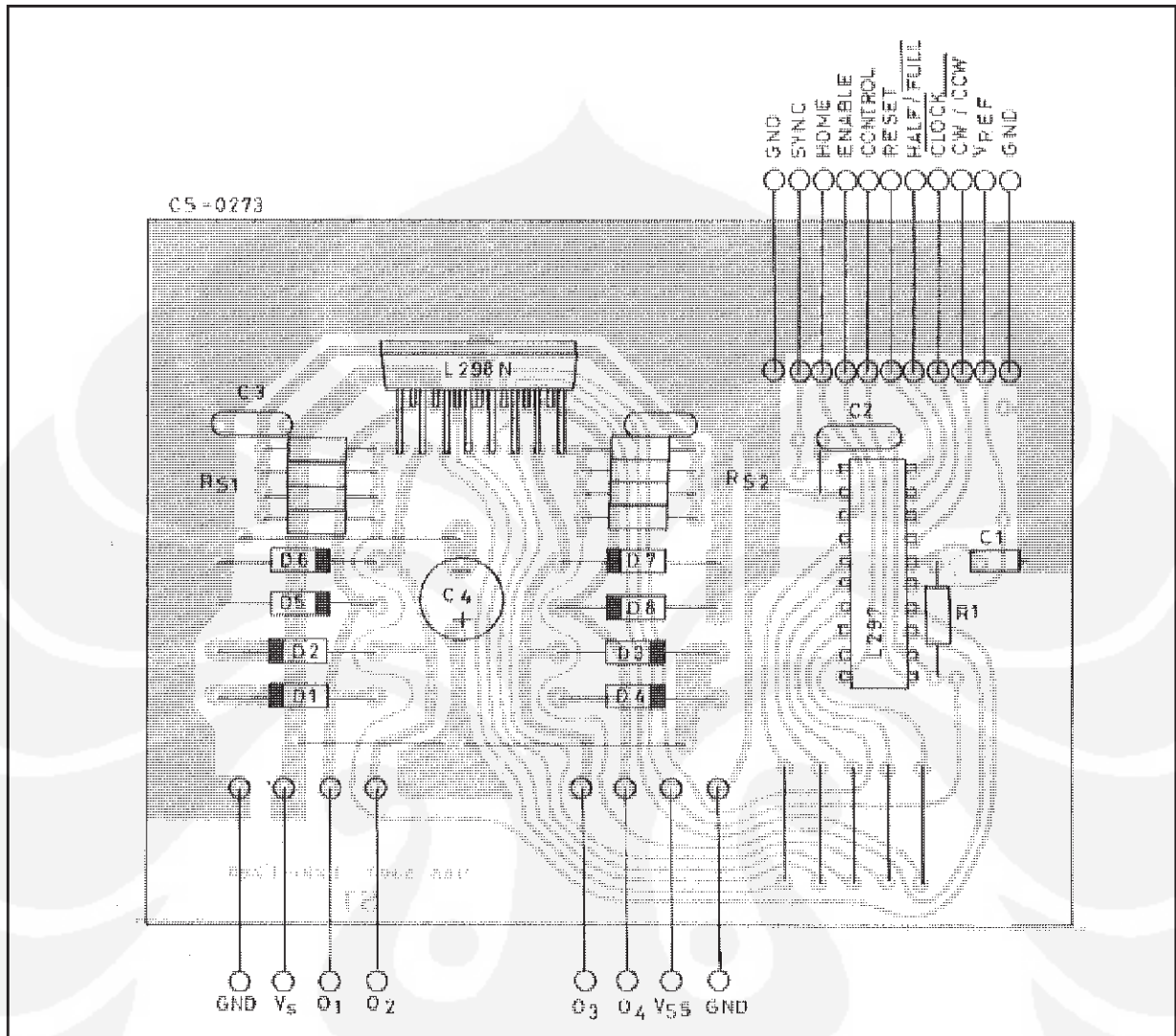
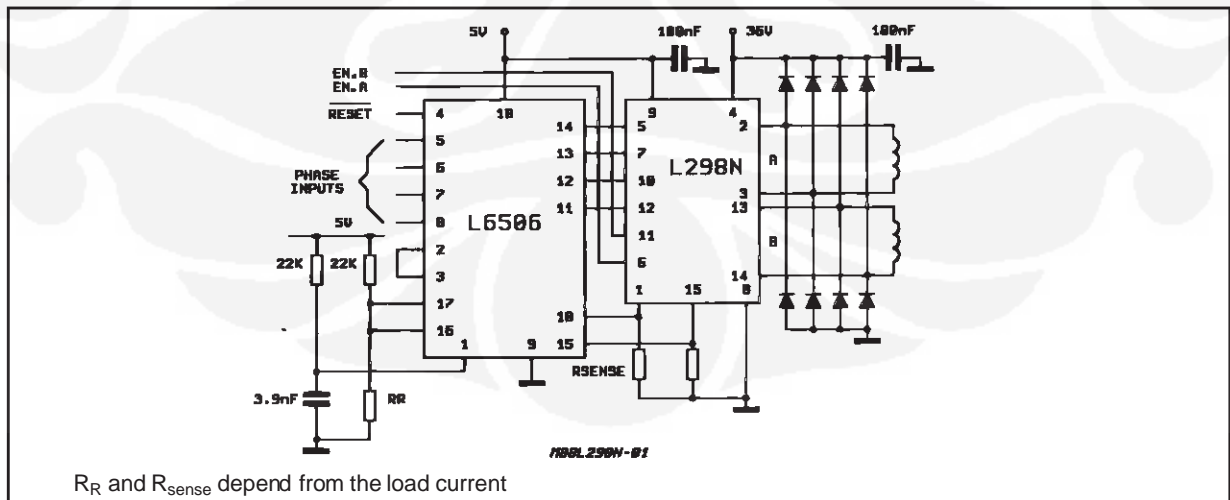
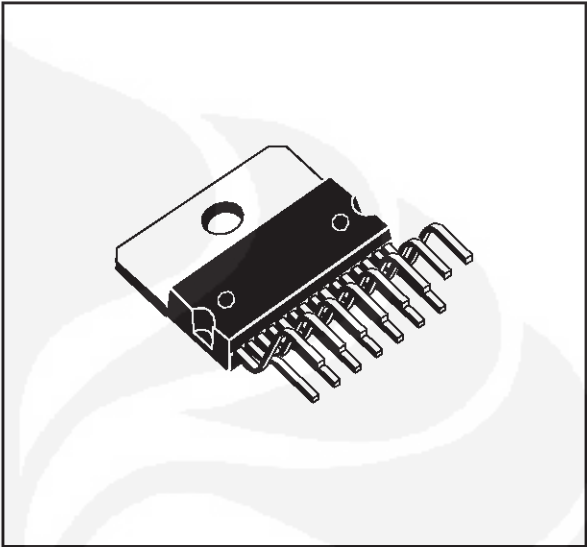


Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.

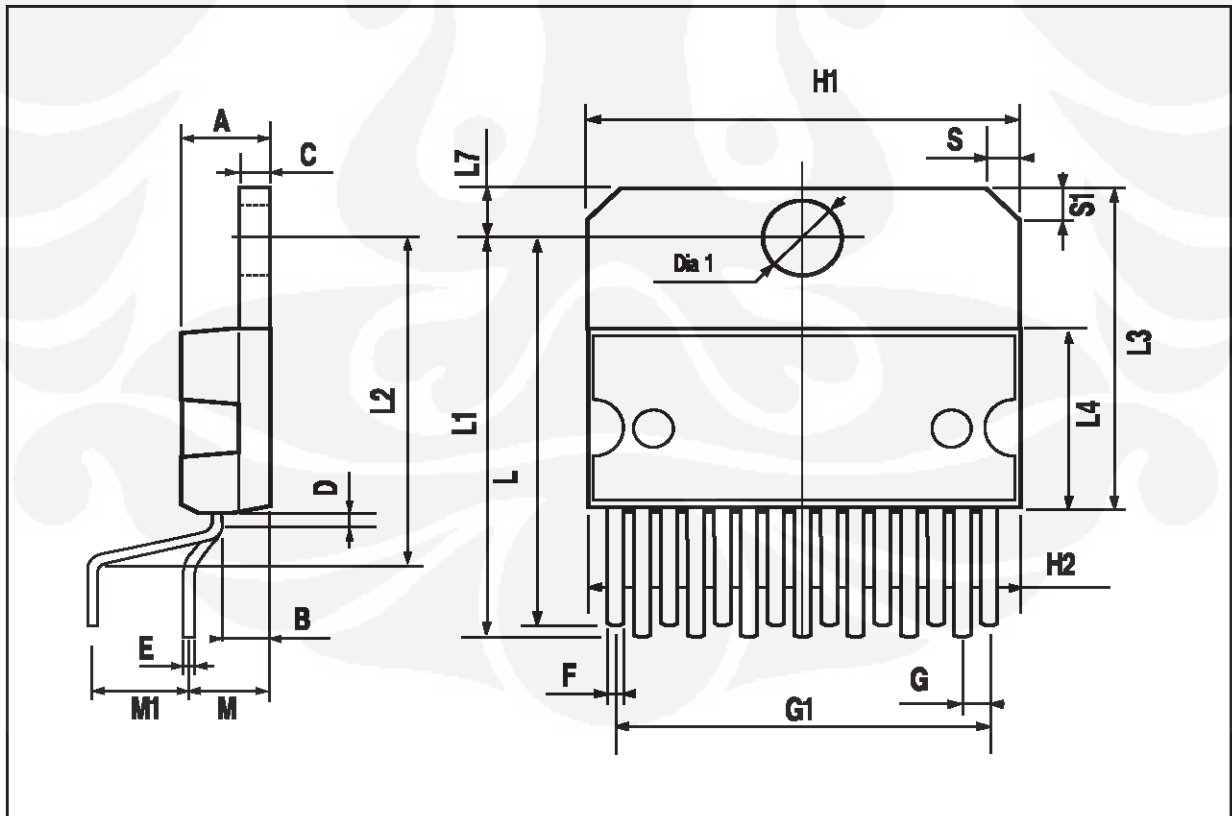


DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.02	1.27	1.52	0.040	0.050	0.060
G1	17.53	17.78	18.03	0.690	0.700	0.710
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	21.9	22.2	22.5	0.862	0.874	0.886
L1	21.7	22.1	22.5	0.854	0.870	0.886
L2	17.65		18.1	0.695		0.713
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
M	4.25	4.55	4.85	0.167	0.179	0.191
M1	4.63	5.08	5.53	0.182	0.200	0.218
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

**OUTLINE AND MECHANICAL DATA**

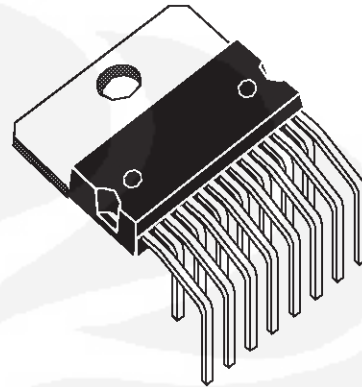


**Multiwatt15 V**

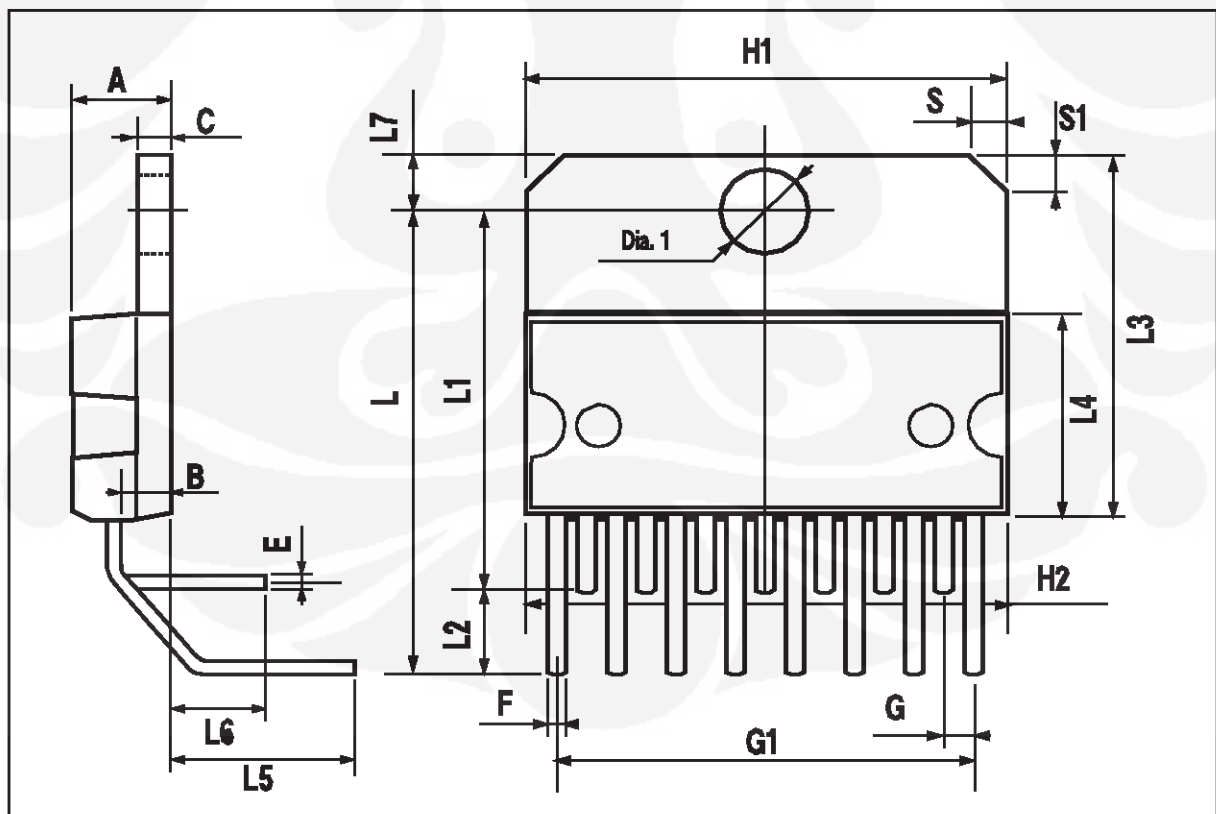


DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.14	1.27	1.4	0.045	0.050	0.055
G1	17.57	17.78	17.91	0.692	0.700	0.705
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L		20.57			0.810	
L1		18.03			0.710	
L2		2.54			0.100	
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L5		5.28			0.208	
L6		2.38			0.094	
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

## OUTLINE AND MECHANICAL DATA



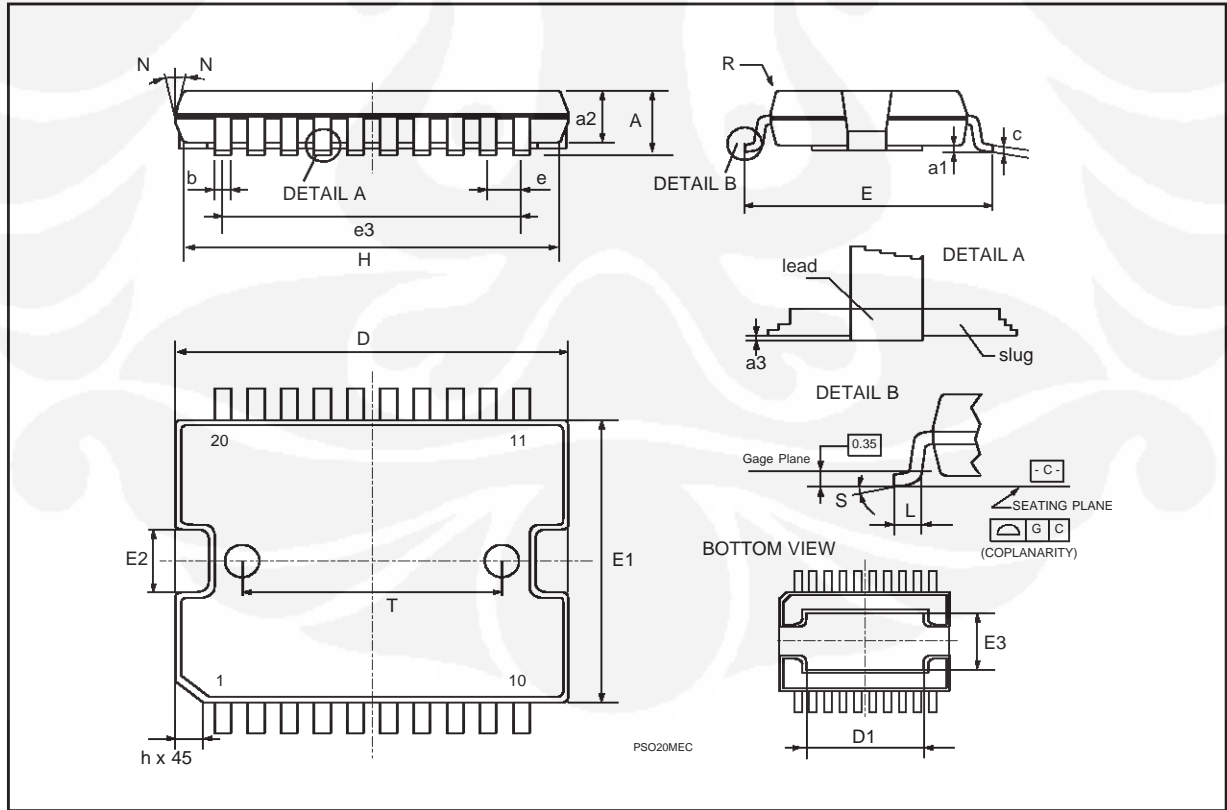
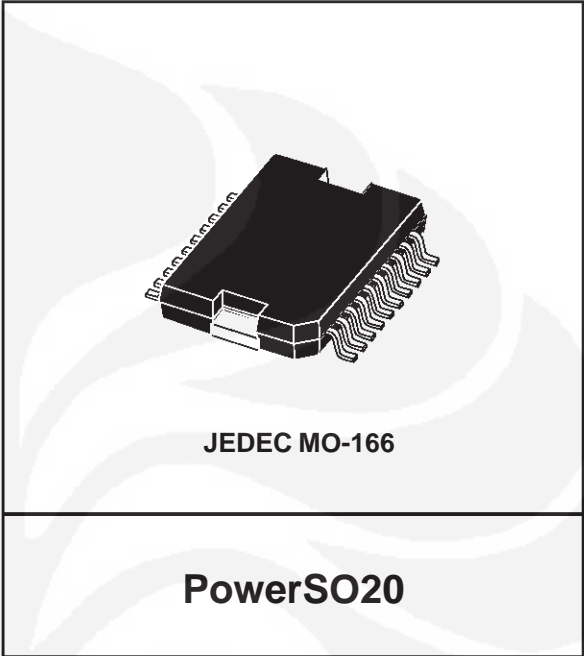
**Multiwatt15 H**



DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			3.6			0.142
a1	0.1		0.3	0.004		0.012
a2			3.3			0.130
a3	0		0.1	0.000		0.004
b	0.4		0.53	0.016		0.021
c	0.23		0.32	0.009		0.013
D (1)	15.8		16	0.622		0.630
D1	9.4		9.8	0.370		0.386
E	13.9		14.5	0.547		0.570
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
E1 (1)	10.9		11.1	0.429		0.437
E2			2.9			0.114
E3	5.8		6.2	0.228		0.244
G	0		0.1	0.000		0.004
H	15.5		15.9	0.610		0.626
h			1.1			0.043
L	0.8		1.1	0.031		0.043
N	10° (max.)					
S	8° (max.)					
T		10			0.394	

(1) "D and F" do not include mold flash or protrusions.  
 - Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm (0.006").  
 - Critical dimensions: "E", "G" and "a3"

**OUTLINE AND MECHANICAL DATA**





Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics  
© 2000 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved  
STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco -  
Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - U.S.A.

<http://www.st.com>