

**CONVEYOR PEMISAH BARANG BERDASARKAN WARNA BERBASIS
MIKROKONTROLER ATMEGA8535 MENGGUNAKAN SENSOR
WARNA TCS3200**



HOTMA TIOPAN SIMANJUNTAK
5215077543

Skripsi yang Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Mendapatkan Gelar Sarjana
Pendidikan.

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2013

ABSTRAK

HOTMA TIOPAN SIMANJUNTAK. CONVEYOR PEMISAH BARANG BERDASARKAN WARNA BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 8535 MENGGUNAKAN SENSOR WARNA TCS3200. Skripsi , Jakarta: Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Tahun 2013

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, dan menguji *conveyor* pemisah barang berdasarkan warna berbasis mikrokontroler Atmega8535 menggunakan sensor warna TCS3200. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Elektronika dari bulan Mei – Desember 2012. Penelitian ini menggunakan metode analisis laboratorium yaitu merancang, membuat, menguji dan menganalisis Conveyor pemisah barang berdasarkan warna berbasis mikrokontroler ATmega 8535 menggunakan sensor warna TCS3200.

Pada *conveyor* pemisah barang terdiri dari input berupa sensor warna TCS3200. Sensor warna TCS3200 berfungsi untuk mengidentifikasi warna yang melewati *belt conveyor*. Sedangkan untuk sensor inframerah berfungsi untuk mengidentifikasi barang yang melewati *belt conveyor* sehingga benda tepat berhenti sesuai dengan kotak warna benda tersebut. Untuk proses digunakan Mikrokontroler AVR ATmega8535. *Output* terdiri dari motor DC, driver motor DC dan LCD.

Conveyor pemisah barang sudah berhasil dibuat dan diuji dapat memilah benda berbentuk kotak yang terbuat dari bahan gabus dengan panjang 6 cm, lebar 4 cm, tinggi 4 cm dan berat 20 gram yang salah satu sisi bendanya dilapisi dengan warna merah (), hijau () dan biru () dan benda tersebut dimasukkan kedalam kotak warna yang sudah tersedia.

Kata Kunci : Sensor warna TCS3200, Mikrokontroler AVR ATmega8535

ABSTRACT

HOTMA TIOPAN SIMANJUNTAK. CONVEYOR SEPARATOR GOODS UNDER COLOR 8535 ATMEGA MICROCONTROLLER USING SENSOR COLOR TCS3200. Thesis, Jakarta: Education Program Electronic Engineering, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta, in 2013

This study aims to design and test separator conveyor goods by using a color-based microcontroller ATmega8535 TCS3200 color sensor. This research was conducted in the Laboratory of Electronics Engineering of the month from May to December 2012. This study uses laboratory analysis is to design, create, test and analyze Conveyor separator items by color using the 8535-based microcontroller ATmega TCS3200 color sensor.

Goods on conveyor separator consists of a sensor input TCS3200 color. TCS3200 color sensor is used to identify the color of the belt conveyor passes. As for the infrared sensor is used to identify the goods that pass through the conveyor belt so that the right thing to stop according to the color of the object box. To use the AVR Microcontroller ATmega8535. Output consists of a DC motor, DC motor and LCD driver.

Separator conveyor goods have been successfully fabricated and tested can choose a box-shaped object made of cork with a length of 6 cm, width 4 cm, height 4 cm and weighs 20 grams which is one side of the object is coated in red (), green () and blue () and the object is inserted into the existing color box.

Keywords: TCS3200 color sensor, AVR Microcontroller ATmega8535

HALAMAN PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Drs.Pitoyo Yuliatmojo, MT (Dosen Pembimbing I)
M.Ficky Duskarnaen, ST,M.sc (Dosen Pembimbing II)

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Drs. Wisnu Djatmiko, MT (Ketua Penguji)
M. Djohar, M.sc (Anggota Penguji)
Taryudi, MT (Anggota Penguji)

Tanggal Lulus: 09 Juli 2013

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan:

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena tulis ini, serta sanksi lainnya dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 9 Juli 2013

Yang membuat pernyataan

Hotma Tiopan Simanjuntak

KATA PENGANTAR

PUJI Syukur saya panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa karena kasih dan rahmat-NYA, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul ” *Conveyor Pemisah Barang Berdasarkan Warna Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 Menggunakan Sensor Warna TCS3200*”

Keterbatasan kemampuan saya dalam penelitian ini, menyebabkan saya sering menemukan kesulitan. Oleh karena itu skripsi ini tidaklah dapat terwujud dengan baik tanpa adanya bimbingan, dorongan, saran-saran dan bantuan dari berbagai pihak. Maka sehubungan dengan hal tersebut, pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Drs. Wisnu Djatmiko, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
2. Drs. Pitoyo Yuliatmojo, MT, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan dan memotivasi saya dalam penyusunan skripsi ini.
3. M. Ficky Duskarnaen, ST,M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan dan memotivasi saya dalam penyusunan skripsi ini.

Terima kasih juga saya ucapkan kepada kedua orang tua, teman-teman angkatan 2007 elektronika dan saudara-saudara sekeluarga yang senantiasa mendoakan dan memberikan semangat. Semoga segala kebaikan, keikhlasan, kesabaran, dan doa dan bantuan yang diberikan kepada saya sebagai peneliti akan mendapat balasan yang berlipat ganda dari Tuhan Yang Maha Kuasa.

Saya menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna, untuk itu saya mohon maaf apabila terdapat kekurangan dan kesalahan baik dari isi maupun tulisan. Akhir kata, saya berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi yang membacanya.

Penulis

Hotma Tiopan S

5215077543

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Perumusan Masalah.....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Kegunaan Penelitian.....	4
BAB II KERANGKA TEORITIS DAN KERANGKA BERFIKIR	
3.1 Kerangka Teoritis	
2.1.1 <i>Conveyor</i>	5
2.1.2 Mikrokontroler	
2.1.2.1 Mikrokontroler	5
2.1.2.2 Mikrokontroler AVR	6
2.1.2.3 Arsitektur ATmega 8535	7
2.1.2.4 Fitur ATmega 8535	10
2.1.2.5 Konfigurasi pin ATmega 8535	10
2.1.3 Motor DC.....	14
2.1.4 IC293D.....	17
2.1.5 IC LM324	18
2.1.6 Sensor.....	19
2.1.6.1 Sensor Warna TCS3200	19

2.1.6.2 LED Inframerah.....	20
2.1.6.3 Photodiode.....	21
2.1.7 Catu Daya	22
2.1.8 Warna.....	23
2.1.9 Liquid Crystal Display (LCD)	26
2.1.10 Konfigurasi Pin (LCD).....	27
2.2 Kerangka Berfikir.....	28
2.3 Blok Diagram dan Flowchart	
2.3.1 Blok Diagram.....	29
2.3.2 Flowchart	31
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Tujuan Penelitian	32
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	32
3.3 Metode Penelitian.....	32
3.4 Instrumen Penelitian.....	33
3.5 Pelaksanaan Penelitian	
3.5.1 Perancangan Program	
3.5.1.1 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega 8535	35
3.5.1.2 Rangkaian Sensor Warna TCS3200	35
3.5.1.3 Rangkaian Penampil LCD	37
3.5.1.4 Rangkaian Sensor Inframerah.....	39
3.5.1.5 Rangkaian Motor Driver L293D	39
3.5.1.6 Rangkaian Limit Switch	41
3.5.1.7 Rancangan <i>Conveyor</i>	42
3.5.2 Perancangan Program	
3.5.2.1 Penentuan Port Mikrokontroler pada <i>Conveyor</i>	42
3.5.2.2 List Inisialisasi Program	43
3.5.2.3 Prosedur Pengujian Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	44
1. Pengujian Rangkaian Catu Daya.....	44
2. Pengujian Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler	

Atmega 8535	45
4. Pengujian Sensor Warna.....	46
5. Pengujian Rangkaian Sensor Inframerah.....	46
6. Pengujian Rangkaian Driver Motor Conveyor	47
7. Pengujian Rangkaian Driver Motor Pendorong	47

BAB IV HASIL PENELITIAN

4.1 Hasil Pengujian Rangkaian

4.1.1 Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya DC.....	49
4.1.2 Hasil Pegujian Sistem Minimum Mikrokontroler AVR	
ATmega 8535	49
4.1.3 Hasil Pengujian Sensor Warna.....	50
4.1.4 Hasil Pengujian Sensor Inframerah.....	51
4.1.5 Hasil Pengujian Driver Motor Conveyor	51
4.1.6 Hasil Pengujian Rangkaian Driver Pendorong.....	52

4.2 Analisis Hasil Pengukuran

4.2.1 Analisa hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya	53
4.2.2 Analisa Hasil Pengujian Rangkaian Sistem Minimum	
Mikrokontroler ATmega 8535.....	53
4.2.3 Analisa hasil Pengujian Sensor Warna	54
4.2.4 Analisa Hasil Pengujian Sensor Inframerah.....	54
4.2.5 Analisa Hasil Pengujian Rangkaian Driver Motor Conveyor	54

BAB V KESIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Implikasi	56
5.3 Saran	57

DAFTAR PUSTAKA

UCAPAN TERIMA KASIH

RIWAYAT HIDUP PENULIS

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1 Arsitektur ATmega 8535	9
2. Gambar 2.2 Konfigurasi Pin ATmega 8535	10
3. Gambar 2.3 Motor DC.....	14
4. Gambar 2.4 Bergeraknya Sebuah Motor	15
5. Gambar 2.5 Kontruksi Dasar Motor DC	16
6. Gambar 2.6 Arah Putaran Motor DC	16
7. Gambar 2.7 Pin IC L293D	17
8. Gambar 2.8 Aplikasi IC L293D	18
9. Gambar 2.9 IC LM324	19
10. Gambar 2.10 Sensor Warna TCS3200	20
11. Gambar 2.11 Bentuk Fisik dan Symbol Inframerah	21
12. Gambar 2.12 Konstruksi Photodiode	22
13. Gambar 2.13 Penerapan Regulator Tegangan Tetap LM7805	23
14. Gambar 2.14 Pembiasan Warna Matahari.....	24
15. Gambar 2.15 Hue Satauration dan Value Warna.....	25
16. Gambar 2.16 Warna Additive dan Warna Subtractive	26
17. Gambar 2.17 Konfigurasi Pin LCD 16 Karakter 2 Baris.....	27
18. Gambar 2.18 Blok Diagram	29
19. Gambar 2.19 Flowchart	30
20. Gambar 3.1 Langkah Langkah Pembuatan Alat Conveyor	33
21. Gambar 3.2 rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega8535	35
22. Gambar 3.3 Pin Sensor Warna TCS3200	36
23. Gambar 3.4 Bentuk Fisik LCD.....	38
24. Gambar 3.5 Rangkaian Penampil LCD	38
25. Gambar 3.6 Skema Rangkaian Inframerah.....	40
26. Gambar 3.7 IC L293D.....	41
27. Gambar 3.8 Rangkaian Limit Switch	41
28. Gambar 3.9 Bentuk Conveyor	42
29. Gambar 3.10 Rangkaian Catu Daya	44

DAFTAR TABEL

1. Tabel 2.1 Alternatif Fungsi Port A	11
2. Tabel 2.2 Alternatif Fungsi Port B	12
3. Tabel 2.3 Alternatif Fungsi Port C	12
4. Tabel 2.4 Alternatif Fungsi Port D	13
5. Tabel 2.5 Tabel Kebenaran IC L293D	18
6. Tabel 3.1 Penjelasan Pin Sensor Warna TCS3200.....	36
7. Tabel 3.2 Pemilihan Warna Sensor Warna.....	37
8. Tabel 3.3 Pengujian Rangkaian Catu Daya.....	45
9. Tabel 3.4 Pengujian Output Sistem Minimum Mikrokontroler Atmega 8535.....	46
10. Tabel 3.5 Pengujian Input Sensor Warna	46
11. Tabel 3.6 Pengujian Sensor Inframerah	47
12. Tabel 3.7 Pengujian Rangkaian Driver Motor <i>Conveyor</i>	47
13. Tabel 3.8 Pengujian Input IC L293D	48
14. Tabel 3.9 Pengujian Output IC L293D	48
15. Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Rangkaian Catu Daya	49
16. Tabel 4.2 Hasil Pengujian Rangkaian Sistem Minimum AVR ATmega 8535	49
17. Tabel 4.3 Hasil Pengujian Input Sensor Warna.....	50
18. Tabel 4.4 Hasil Pengujian Input Sensor Inframerah	51
19. Tabel 4.5 Hasil Pengujian Rangkaian Driver Motor <i>Conveyor</i>	52
20. Tabel 4.6 Hasil Pengujian Input IC L293D.....	52
21. Tabel 4.7 Hasil Pengujian Output IC L293 D	53

DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran 1 Skema Rangkaian	1
2. Lampiran 1. Program.....	1
3. Lampiran 1. Datasheet Mikrokontroler ATmega 8535	1
4. Lampiran 1. Datasheet Regulator LM7805	1
5. Lampiran 1. Datasheet IC L293D	1
6. Datasheet 1. Sensor Warna TCS3200	1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada zaman modern ini telah mengalami peningkatan yang sangat pesat. Keadaan seperti ini mengalami dampak yang besar pada semua bidang kehidupan manusia terutama pada bidang industri. Berbagai macam industri telah berkembang pesat seiring dengan tuntutan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sedemikian banyaknya baik itu industri berat maupun industri ringan.

Di dalam dunia industri, khususnya dalam proses produksi, proses penghitungan jumlah produksi dan pemisahan barang yang cacat produksi masih dilakukan secara manual, sehingga membutuhkan waktu yang lama dan kurang akurat dalam pemilihan barang tersebut. Sebenarnya jika proses produksi tersebut dilakukan secara otomatis akan menguntungkan bagi perusahaan yang bersangkutan maupun bagi pekerja itu sendiri. Ini dikarenakan bahwa dengan otomatisasi dalam proses produksi akan menimbulkan proses yang membutuhkan waktu yang lebih singkat, dan lebih akurat.

Dalam perhitungan jumlah produksi dan pemisahan barang berdasarkan warna yang digunakan secara otomatis pada sebuah *conveyor* pemisah barang yang menggunakan mikrokontroler. Mikrokontroler adalah sebuah sistem mikroprosesor dimana di dalamnya sudah terapat CPU, ROM, RAM, I/O, Clock dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi

dengan baik oleh pabrik pembuatnya dan dikemas dalam satu *chip* yang siap dipakai¹. Karena kemampuannya yang tinggi, bentuknya yang kecil, komsumsinya rendah dan harga yang murah maka mikrokontroler begitu banyak digunakan. Mikrokontroler digunakan mulai dari mainan anak – anak, perangkat elektronik rumah tangga, perangkat pendukung otomotif, peralatan industri, peralatan telekomunikasi, sampai dengan pengendali alat pemisah barang berjalan berdasarkan warna.

Untuk membuat *conveyor* pemisah barang berdasarkan warna yang sesuai dengan kegunaan yang diinginkan, alat pemisah barang harus diprogram terlebih dahulu dengan baik menggunakan *software* pemrograman *bahasa Basic*. Khususnya *conveyor* pemisah barang yang dapat mengidentifikasi warna suatu objek.

Adapun ide pemilihan judul oleh penulis adalah *conveyor* pemisah barang berdasarkan warna menggunakan mikrokontroler Atmega 8535. Pemilihan judul dan permasalahan ini adalah berdasarkan pada kenyataan pada zaman sekarang ini, yaitu banyak sekali terdapat pabrik yang menghasilkan berbagai macam hasil produksi, sehingga muncul ide penulis untuk menjawab masalah. Alasan penulis menggunakan mikrokontroler dalam penelitian ini yaitu disamping harganya murah dengan menggunakan mikrokontroler, rangkaian dan pengamatan dari penelitian ini diharapkan menjadi lebih sederhana.

¹ Winoto Ardi, Mikrokontroler AVR ATmega8/32/16/8535 dan pemrogramannya dengan bahasa C pada win AVR, (Bandung : Informatika Bandung), hal 3

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dalam penelitian ini dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat conveyor pemisah barang berdasarkan warna berbasis mikrokontroler Atmega 8535 menggunakan sensor warna TCS3200 ?
2. Bagaimana mikrokontroler Atmega 8535 mengatur *conveyor* dalam memilih warna ?
3. Bagaimana penerapan mikrokontroler dengan sensor warna dalam sistem miniatur *conveyor* pemindah barang dalam dunia industri ?

1.3 Pembatasan Masalah

Dengan mempertimbangkan latar belakang dan identifikasi masalah, maka pada penelitian conveyor pemisah barang berdasarkan warna berbasis mikrokontroler Atmega 8535 menggunakan sensor warna TCS3200 masalah dibatasi pada pembuatan alat *conveyor* pemisah barang berdasarkan warna mikrokontroler ATmega 8535 menggunakan IC L293D sebagai pengatur gerakan motor DC, dan sensor warna TCS3200 sebagai sensor pendeteksi warna barang yang melewati *conveyor* dan memisahkannya kedalam kotak barang yang sudah disediakan.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, maka masalah dapat dirumuskan sebagai berikut:

“Bagaimana membuat, merancang dan menguji conveyor pemisah barang berdasarkan warna berbasis mikrokontroler ATmega 8535 menggunakan sensor warna TCS3200?.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian conveyor pemisah barang berdasarkan warna berbasis mikrokontroler ATmega 8535 menggunakan TCS3200 adalah merancang, membuat dan menguji *conveyor* pemisah barang berdasarkan warna berbasis mikrokontroler ATmega 8535.

1.6 Kegunaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka kegunaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dengan adanya otomatisasi pemindah barang nantinya akan mempermudah pekerjaan manusia untuk ruang lingkup yang besar atau kecil
2. Mengembangkan *conveyor* pemisah barang berdasarkan warna berbasis mikrokontroler.
3. Untuk menambah peralatan laboratorium dan dapat dipergunakan sebagai media praktek mahasiswa jurusan Teknik Elektro FT UNJ.
4. Memberikan sumbangan pemikiran yang dapat digunakan oleh mahasiswa khususnya mahasiswa teknik elektro sebagai salah satu bahan kajian pengembangan mikrokontroler.

BAB II

KERANGKA TEORITIS DAN KERANGKA BERFIKIR

2.1 KERANGKA TEORITIS

2.1.1 *Conveyor*

Conveyor adalah alat untuk membawa (mengangkut, dan sebagainya); pembawa, pengantar². *Conveyor* disuatu pabrik ukuranya besar dan berfungsi memindahkan hasil produksi baik berupa barang jadi maupun barang setengah jadi. Dalam penelitian ini *Conveyor* (ban berjalan) dibuat dengan ukuran belt kecil yaitu 50 cm x 10 cm dan menggunakan motor DC dengan tegangan 12 volt DC

2.1.2 Mikrokontroler

2.1.2.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan chip cerdas yang menjadi tren dalam pengendalian dan otomatisasi, terutama dikalangan manusia³. Dengan banyak jenis keluarga, kapasitas memori, dan berbagai fitur, mikrokontroler menjadi pilihan dalam aplikasi prosesor mini untuk pengendalian skala kecil.

Beberapa vendor populer seperti Intel, Atmel, Motorola, Mikrochip, dan Harris telah memasarkan beberapa jenis mikrokontroler kepasar diseluruh dunia dalam berbagai bentuk dan fiturnya.

² Pusat pembinaan dan pengembangan Bahasa, Kamus besar Bahasa Indonesia Edisi II, (Jakarta: Balai Pustaka, 1996), h. 524

³ Iswanto, Desain dan Implementasi Sistem Embedded Mikrokontroler ATmega8535 dengan Bahasa Basic (Yogyakarta : Gava Media, 2008) hal 1.

2.1.2.2 Mikrokontroler AVR

Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) dari Atmel ini menggunakan arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) yang artinya prosesor tersebut memiliki set intruksi program yang lebih sedikit dibandingkan dengan MCS-51 yang menerapkan arsitektur CISC (*Complex Instruction Set Computer*).⁴

Hampir semua intruksi prosesor RISC adalah intruksi dasar (belum tentu sederhana), sehingga intruksi – intruksi ini hanya umumnya hanya memerlukan 1 siklus mesin untuk menjalankannya.⁵ Kecuali intruksi percabangan yang membutuhkan 2 siklus mesin. RISC biasanya dibuat dengan arsitektur ini yang memungkinkan untuk membuat eksekusi instruksi selesai dikerjakan dalam satu atau dua siklus mesin, sehingga akan semakin cepat dan handal. Proses *downloading* programnya relative lebih mudah karena dapat dilakukan langsung pada sistemnya.

Sekarang ini, AVR dapat dikelompokkan menjadi 6 kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, keluarga AT90CAN, keluarga AT90PWM dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya, sedangkan dari segi pengendali utama dalam pembuatan robot ini, digunakan salah satu produk ATMEl dari keluarga ATmega yaitu ATmega 8535.

⁴ Ibid, hal 1

⁵ Ibid, hal 1

2.1.2.3 Arsitektur Atmega8535

Mikrokontroler ATmega8535 memiliki fitur-fitur utama, seperti berikut:

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C* dan *Port D*.
2. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
3. Tiga unit Timer/Counter dengan kemampuan perbandingan.
4. CPU yang terdiri atas 32 buah register.
5. Watchdog Timer dengan osilator internal.
6. SRAM sebesar 512 *Byte*.
7. Memori *Flash* sebesar 8 *kbytes* dengan kemampuan *Read While Write*.
8. Unit interupsi internal dan eksternal.
9. Port antarmuka SPI.
10. EEPROM sebesar 512 *byte* yang dapat diprogram saat operasi.
11. Antarmuka komparator analog.
12. Port USART untuk komunikasi serial.

Mikrokontroler AVR ATmega8535 merupakan mikrokontroler produksi Atmel dengan 8 Kbyte *In-System Programmable-Flash*, 512 Byte EEPROM dan 512 Bytes Internal SRAM.

Terdapat sebuah inti prosesor (*processor core*) yaitu *Central Processing Unit*, dimana terjadi proses pengumpanan intruksi (*fetching*) dan komputasi data. Seluruh register umum sebanyak 32 buah terhubung langsung dengan unit ALU (*Arithmetic and Logic Unit*).terdapat empat buah port masing – masing delapan bit dapat difungsikan sebagai masukan maupun keluaran⁶. ALU adalah

⁶ Ibid, hal 3

prosesor yang bertugas mengeksekusi (*Eksekutor*) kode program yang ditunjuk oleh program counter⁷. Hal itu memungkinkan dua *independent* register untuk diakses pada intruksi *single* yang dieksekusi dalam *one clock cycle*.

Media penyimpanan program berupa *Flash Memory*, sedangkan penyimpanan data berupa SRAM (*Static Random Access memory*) dan EEPROM (*Electrical Erasable Programmable Read Access Memory*). Untuk komunikasi data tersedia fasilitas SPI (*Serial peripheral Interface*), USART (*Universal Synchronous and Asynchronous Serial receiver and Transmitter*), serta TWI (*Two-Wire Serial Interface*).

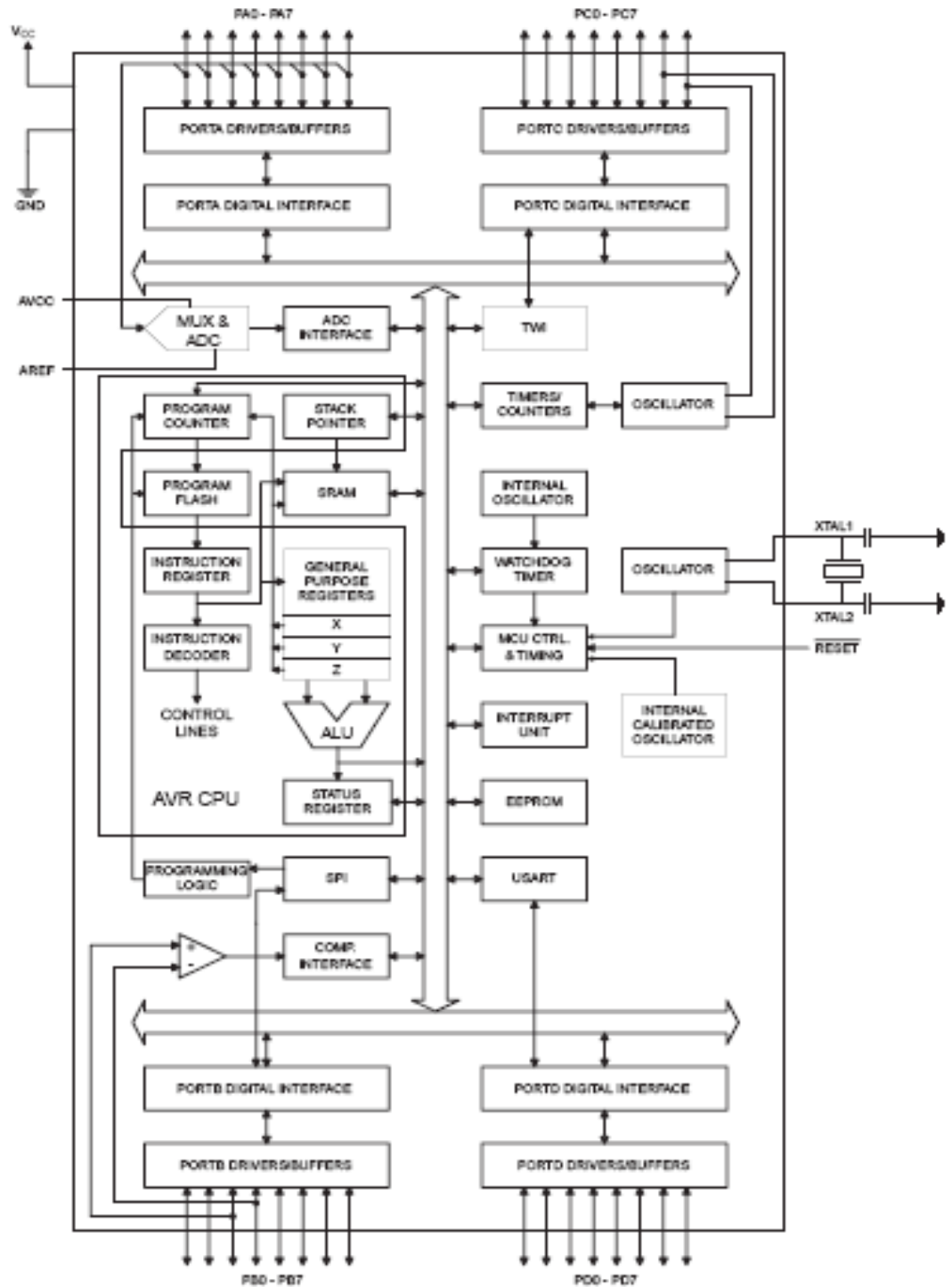
Disamping itu terdapat fitur tambahan, antara lain AC (*Analog Comparator*), 8 kanal 10-bit ADC (*Analog to Digital Converter*), 3 buah *timer/counter*, WDT (*Watchdog Timer*), manajemen penghematan daya (*Sleep Mode*), serta osilator internal 8 MHZ. Seluruh fitur terhubung ke bus 8 bit. Unit interupsi menyediakan sumber interupsi hingga 21 macam. Sebuah *stack pointer* seleber 16 bit dapat digunakan untuk menyimpan data sementara saat interupsi⁸.

Mikrokontroler ATmega8535 dapat dipasang pada frekuensi kerja hingga 16 MHZ (maksimal 8 MHZ untuk versi ATmega8535L). Sumber frekuensi bisa dari luar berupa osilator internal. Keluarga AVR dapat mengeksekusi intruksi dengan cepat karena menggunakan teknik “memegang sambil mengerjakan” (*fetch during execution*). Dalam satu *siklus clock*, terdapat dua

⁷ Winoto Ardi, Mikrokontrol AVR ATmega8/32/16/8535 dan pemrogramanya dengan bahasa C pada Win AVR, (Bandung : Informatika Bandung, 2008),hal.3.

⁸ Iswanto, Desain dan Implementasi Sistem Embedded Mikrokontroler ATmega8535 dengan Bahasa Basic (Yogyakarta : Gava Media, 2008) hal 3.

register independen yang dapat diakses oleh satu intruksi. Pada gambar 2.1 ditunjukkan arsitektur ATmega 8535.



Gambar 2.1 Arsitektur ATmega8535

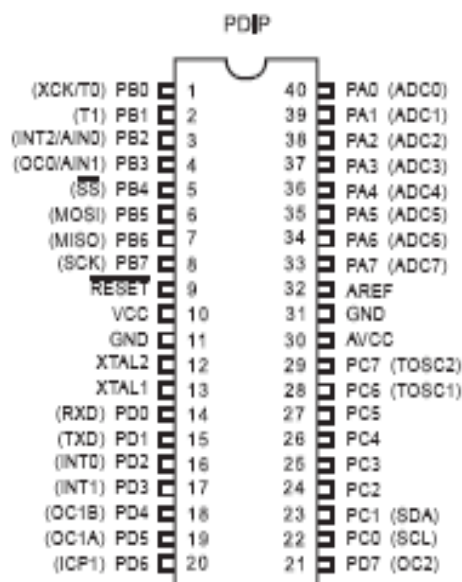
2.1.2.4 Fitur ATmega8535

Kapabilitas detail dari ATmega8535 adalah sebagai berikut:⁹

1. Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
2. Kapabilitas memori *flash* 8 KB,SRAM sebesar 512 byte, dan EEPROM sebesar 512 *byte*.
3. ADC internal dengan fidelitas 10 bit sebanyak 8 *channel*.
4. Portal komunikasi serial (USART) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.
5. Enam pilihan mode *sleep* menghemat penggunaan daya listrik.

2.1.2.5 Konfigurasi Pin ATmega8535

Gambar 2.2 menunjukkan konfigurasi pin ATmega 8535



Gambar 2.2. Konfigurasi Pin ATmega8535¹⁰.

⁹ Lingga Wardhana, Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535 Simulasi, Hardware, dan Simulasi, (Yogyakarta: Penerbit ANDI,2007), hlm.1.

Konfigurasi pin Atmega8535 sebagai berikut¹¹:

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya
2. GND merupakan pin *ground*
3. PA0-PA7 : Port A merupakan Port I/O 8-bit *bi-directional*. Disamping itu port A juga dapat berfungsi sebagai analog input untuk ADC (table 2.1).

Pin-pin pada port ini dapat diberi resistor *pull-up* internal secara individual. Buffer output port A memiliki karakteristik *drive* yang simetri antara *high sink* dan *source capability*, selain itu *buffer port* juga dapat mencatu arus hingga 20 mA dan dapat secara langsung *men-drive* LED. Jika semua pin digunakan sebagai input dan eksternal *pullnya low*, maka semua pin akan menghasilkan sumber arus jika internal *pull-up* resistor diaktifkan. Pin port A merupakan *tri-state* jika kondisi reset dalam keadaan aktif dan jika *clocknya* tidak running.

Tabel pin alternatif fungsi Port A ditunjukkan pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Alternatif Fungsi Port A

Port Pin	Alternate Function
PA7	ADC7 (ADC input channel 7)
PA6	ADC6 (ADC input channel 6)
PA5	ADC5 (ADC input channel 5)
PA4	ADC4 (ADC input channel 4)
PA3	ADC3 (ADC input channel 3)
PA2	ADC2 (ADC input channel 2)
PA1	ADC1 (ADC input channel 1)
PAC	ADCC (ADC input channel 0)

¹⁰ Atmega8535(L) Data Sheet, (Atmel Corporation,2003).

¹¹ Ibid

4. PBO-PB7 : Port B merupakan port I/O 8-bit bi-directional, selain itu port B mempunyai fungsi selain sebagai I/O yang ditunjukkan oleh tabel 2.2.

Tabel 2.2 Alternatif Fungsi Port B.

Port Pin	Alternate Functions
PB7	SCK (<i>SPI Bus Serial Clock</i>)
PB6	MISO (<i>SPI Bus Master Input/Slave Output</i>)
PB5	MOSI (<i>SPI Bus Master Output/Slave Input</i>)
PB4	SS (<i>SPI Slave Select Input</i>)
PB3	AIN1 (<i>Analog Comparator Negative Input</i>) OCO (<i>Timer CounterC Output Compare Match output</i>)
PB2	AIN0 (<i>Analog Comparator Positive Input</i>) INT2 (<i>External Interrupt 2 Input</i>)
PB1	T1 (<i>Timer Counter External Counter Input</i>)
PB0	T0 (<i>Timer Counter0 External Counter Input</i>) XCK (<i>USART external Clock Input/Output</i>)

5. PC0-PC7 : Port C merupakan port I/O 8-bit bi-directional, selain itu port C mempunyai fungsi selain sebagai I/O ditunjukkan oleh tabel 2.3.

Tabel 2.3 Alternatif Fungsi Port C.

Port Pin	Alternatif Function
PC7	TOSC2 (<i>Timer Oscillator Pin 2</i>)
PC6	TOSC1 (<i>Timer Oscillator Pin 1</i>)
PC1	SDA (<i>Two-Wire Serial Bus Data Input/Output Line</i>)
PC0	SCL (<i>Two-Wire Serial Bus Clock Line</i>)

6. PD0-PD7 : Port D merupakan port I/O 8-bit *bi-directional*, selain itu *port D* mempunyai fungsi selain sebagai I/O ditunjukkan oleh tabel 2.4.

Tabel 2.4 Alternatif Fungsi Port D.

Port Pin	Alternatif Function
PD7	OC2 (<i>Timer Counter2 Output Compare Match Output</i>)
PD6	ICP1 (<i>Timer Counter1 Output Pin</i>)
PD5	CC1A (<i>Timer Counter Output Compare A match output</i>)
PD4	OC1B (<i>Timer Counter output Compare B Match Ouput</i>)
PD3	INT1 (<i>External Interupt 1 Input</i>)
PD2	INT0 (<i>External Interupt 0 Input</i>)
PD1	TXD (<i>USART Output Pin</i>)
PD0	RXD (<i>USART Input Pin</i>)

7. VCC : *Power suplay*
8. GND : *Ground*
9. RESET : Reset input. Kondisi logika Low “0” lebih dari 50ns pada pin ini mikrokontroler masuk kedalam kondisi reset.
10. XTAL1 : Input bagi *inverting oscillator amplifier* dan input bagi *clock* internal.
11. XTAL2 : *Output inverting oscillator amplifier*
12. AVCC : Pin *power suplay* untuk *port A* dan A/D converter. AVCC harus dihubungkan dengan VCC eksternal jika tidak digunakan

sebagai ADC. Namun jika digunakan sebagai ADC, maka harus dihubungkan dengan VCC yang dilewati oleh *low-pass filter*

13. AGND : *Ground analog* (ADC)

14. AREF : Referensi analog untuk ADC.

2.1.3 Motor DC

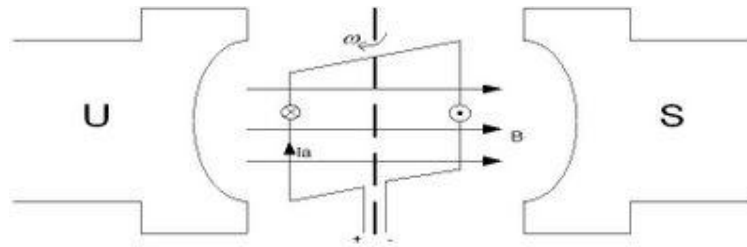
Motor adalah mesin yang mengubah tenaga listrik yang menjadi tenaga mekanik.¹² Motor arus searah adalah suatu mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, yaitu dalam suatu bentuk tenaga gerak putar atau rotasi. Konstruksi motor arus searah sama dengan generator arus searah, oleh karena itu motor arus searah dapat pula berfungsi sebagai generator arus searah atau sebaliknya, gambar 2.3 menunjukkan bentuk fisik motor DC



Gambar 2.3 Motor DC

¹² Wasito S, *Elektronika Dalam Industri*, (Jakarta: Karya Utama, 1981), hlm 3.

Pada sebuah motor DC, konduktor dibentuk menjadi sebuah loop sehingga ada 2 bagian konduktor yang berada didalam medan magnet pada saat yang sama, seperti ditunjukkan gambar 2.4.¹³



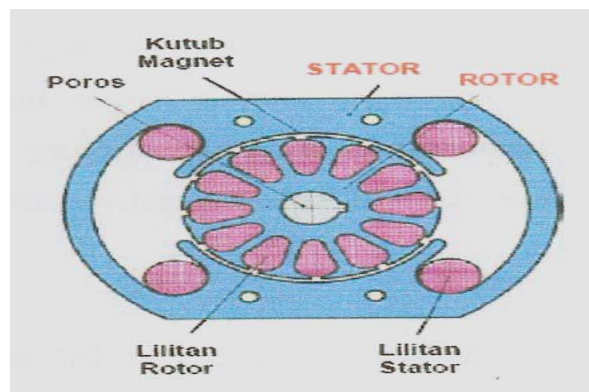
Gambar 2.4 Bergeraknya Sebuah Motor

Konfigurasi konduktor seperti ditunjukkan gambar 2.4 akan menghasilkan distorsi pada medan magnet utama dan menghasilkan gaya dorong pada masing-masing konduktor. Pada saat konduktor ditempatkan pada rotor, gaya dorong yang timbul akan menyebabkan rotor berputar searah dengan jarum jam.

Pada gambar 2.4 tampak sebuah konstruksi dasar motor DC terlihat pada saat terminal motor diberi tegangan DC maka arus elektron akan mengalir melalui konduktor dari terminal negatif menuju ke terminal positif. Karena konduktor berada diantara medan magnet maka akan timbul medan magnet juga pada konduktor kedua arahnya. Arah garis gaya medan magnet yang dihasilkan medan magnet permanen adalah dari kutub utara menuju keselatan dengan demikian konduktor akan terdorong ke arah atas. Sementara pada konduktor yang dekat dengan kutub utara, arah garis gaya magnet berlawanan arah dengan garis gaya magnet permanen hal ini menyebabkan medan magnet disisi sebelah atas lebih

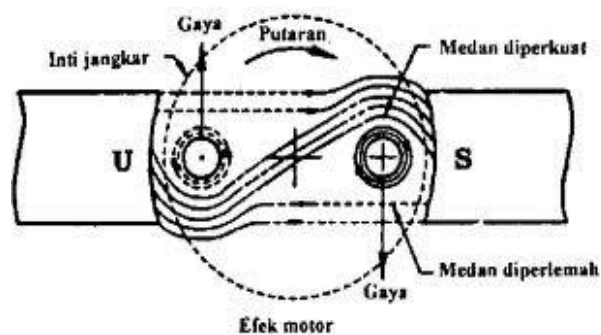
¹³ Hendawan soebhakti, Basic AVR Microcontroler Tutorial, (Batam Politeknik Batam,2007) hlm 46

rapat daripada sisi sebelah bawah dengan demikkian konduktor akan terdorong kearah bawah. Pada akhirnya konduktor akan membentuk gerakan berputar berlawanan dengan arah jarum jam, pada gambar 2.5 akan ditunjukkan gambar kontruksi dasar motor DC



Gambar 2.5 Kontruksi Dasar Motor DC

Dari gambar 2.6 dapat dilihat bahwa agar arah putaran motor DC dapat berubah, maka polaritas tegangan pada terminal motor harus dibalik.¹⁴

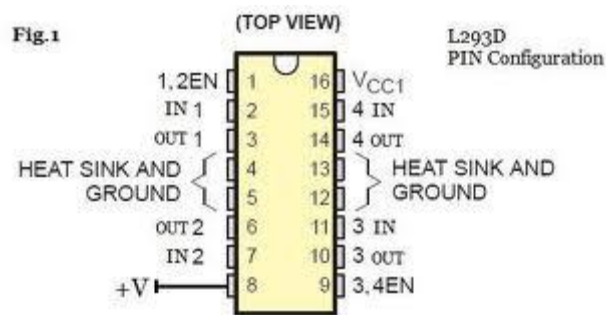


Gambar 2.6 Arah Putaran Motor DC

¹⁴ Ibid., hlm. 48.

2.1.4 IC 293D

IC 293D digunakan sebagai penggerak menggantikan fungsi dari relay, IC 293 dapat digunakan pada arah *bidirectional*, *outputnya* dapat digunakan untuk motor DC, motor *Stepper*, *Solenoid*, dan cocok digunakan pada beban yang membutuhkan arus dan tegangan yang tinggi. Maksimum arusnya 600ma, dan tegangan 4,5 V – 36 V. Berdasarkan gambar 2.7 yang menunjukkan susunan pin IC L293D terdiri dari 16 pin dan terdapat dalam 2 versi, yaitu L293D dan L293, huruf D menunjukkan adanya dioda yang berfungsi untuk mengurangi induksinya tegangan, jadi motor yang digunakan jadi lebih aman dan awet.



Gambar 2.7 Pin IC L293D

Apabila masukan pada IC L293D berlogika *high* maka keluarannya pun akan berlogika *high*, begitu juga sebaliknya, apabila masukannya berlogika *low*, maka output nya akan berlogika *low*, dengan syarat input *enable* harus diberi logika *high*.

IC L293D terdiri dari 4 masukan dan 4 keluaran, dimana keluarannya dapat digunakan untuk dua buah motor yang bekerja dua arah atau dalam keadaan

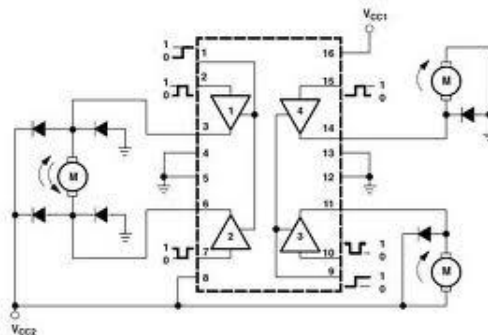
berlawanan arah jarum jam (clock wise), tabel 2.5 adalah tabel kebenaran dari IC 1293D sedangkan gambar 2.8 adalah aplikasi IC 293D.

Tabel 2.5 Tabel kebenaran IC L293D.

Inputs		OUTPUT
A	EN	
H	H	H
L	H	L
X	L	Z

Ket : H = high level, L = low level

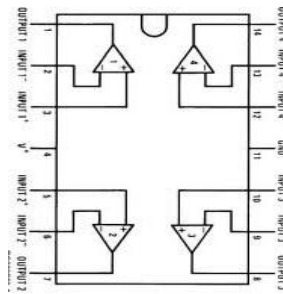
X = Irrelevant, Z = high – impedance (off)



Gambar 2.8 Aplikasi IC L293D

2.1.5 IC LM324

Pada rangkaian sensor inframerah digunakan IC LM324 yang merupakan IC Penguat Operasi (OP – AMP) yang difungsikan sebagai sebuah pembanding (komparator). Susunan pin IC LM324 ditunjukkan pada gambar 2.9 IC LM324 akan membandingkan tegangan reverse yang diumpankan pada masukan tak membalik (non – inverting) dengan tegangan referensi yang diumpankan pada masukan membalik (inverting) IC tersebut terharhalang maupun pada saat tidak terhalang.



Gambar 2.9 IC LM 324

2.1.6 Sensor

Sensor adalah suatu alat yang berfungsi mengukur besaran tertentu (kuantitas) seperti suhu, kelembapan, panas dan sebagainya.¹⁵ Sensor umumnya tidak dapat langsung masuk ke mikrokontroler karena perlu penyesuaian besaran tegangan dan lain – lainnya. Oleh karena itu, sinyal dari sensor dikondisikan dulu dibagian pengkondisi sinyal (*signal conditioner*) sehingga levelnya sesuai atau dapat dimengerti oleh bagian input mikrokontroler.

2.1.6.1 Sensor Warna TCS3200

Sensor warna TCS3200 adalah detektor warna lengkap, termasuk sebuah chip TCS3200 Taos sensor RGB dan 4 LED putih. TCS3200 dapat mendeteksi dan mengukur berbagai warna. Aplikasi termasuk tes membaca strip, menyortir menurut warna, penginderaan cahaya lingkungan dan kalibrasi, dan pecocokan warna.

Sensor warna TCS3200 memiliki berbagai photodetectors, masing – masing dengan filter merah, hijau atau biru. Filter disetiap warna didistribusikan secara merata keseluruhan *array* untuk menghilangkan bias lokasi antara warna. Internal untuk perangkat ini sebuah osilator yang menghasilkan

¹⁵ Budiharto, Widodo, membuat Sendiri Robot Cerdas, (Jakarta: PT Elex Media Komputindo, 2009), hal 111

keluaran gelombang persegi yang frekuensi sebanding dengan intensitas warna yang dipilih, bentuk fisik sensor warna akan ditunjukkan oleh gambar 2.10



Gambar 2.10 Sensor Warna TCS3200

Untuk sensor TCS3200, ketika memilih filter warna, hanya dapat memungkinkan satu warna tertentu untuk melewati dan mencegah warna lain. Misalnya, ketika memilih filter merah, hanya cahaya merah yang bisa melalui, biru dan hijau akan dicegah, jadi yang dihasilkan hanyalah intensitas cahaya merah. Demikian juga, ketika memilih filter lain kita bisa mendapatkan cahaya biru atau hijau.

Sensor warna TCS3200 memiliki empat jenis fotodiode. Merah, Biru, dan Hijau

2.1.6.2 LED Inframerah

LED Inframerah merupakan peranti semikonduktor terdiri atas pertemuan semikonduktor dimana arus gaya sinar infra merah dibangkitkan secara non termik bila arus mengalir karena terjangkit oleh tegangan yang dikenakan, inframerah terbuat dari bahan *Arsenida Gallium* atau *Fosfida Gallium* (*GaAs* atau *GaP*) dan ditempatkan dalam suatu wadah yang tembus pandang. Dilihat dari bentuknya LED banyak macamnya, tetapi cahaya yang

dipancarkan inframerah berbeda dengan LED yang berwarna – warni, cahaya inframerah berupa kasat mata (tak tampak). Simbol LED inframerah ditunjukkan oleh gambar 2.11.

Sinar Inframerah memiliki karakteristik yang dapat memberikan keuntungan dalam kapasitasnya sebagai elemen pemancar, karena Inframerah memiliki sifat pancaran menyebar, lurus dan memantul. Sehingga dalam pemanfaatanya sebagai alat pengendali, pancaran Inframerah tidak harus diarahkan lurus terhadap penerima. Selain itu Inframerah tidak berinterferensi dengan frekuensi lain, oleh karenanya Inframerah tidak akan mengganggu alat yang akan dikendalikan. LED Inframerah akan menghantar apabila dialiri bias maju, dan secara fisik LED Inframerah menempati suatu wadah yang tembus pandang. LED Inframerah termasuk komponen semikonduktor yang memancarkan cahaya yang tidak terlihat.

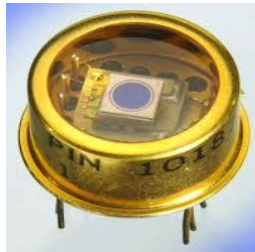


Gambar 2.11 (a) bentuk fisik (b) symbol elektronika

2.1.6.3 Photodioda

Photodioda adalah suatu dioda yang arus *reverse-nya* berubah bila mendapat penyinaran. Prinsip kerja dari *Photodioda* adalah sebuah dioda diberi *reverse bias*, maka akan mengalir arus yang kecil sekali yang disebut arus *reverse* melalui dioda tersebut, besarnya arus *reverse* ini tergantung suhu dan

intensitas cahaya yang jatuh pada *depletion layer*-nya. Gambar 2.12 menunjukkan konstruksi photodioda.



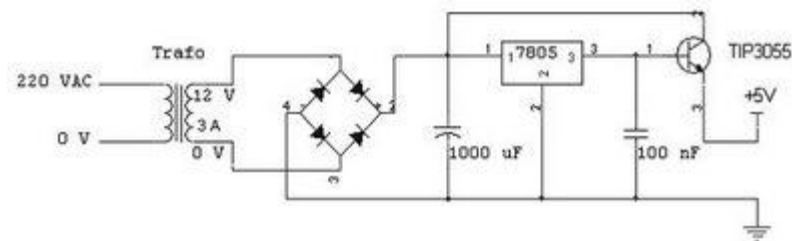
Gambar 2.12 Konstruksi Photodioda

Oleh karena itu, dioda harus diberi sumber cahaya agar cahaya dapat mencapai *depletion layer*-nya sehingga terjadi arus *reverse* yang besarnya tergantung intensitas cahaya yang menyinarinya.

2.1.7 Catu Daya

Catu daya adalah bagian yang berfungsi untuk menyediakan daya untuk daya rangkaian. Ada dua macam catu daya, yaitu catu daya, yaitu catu daya tegangan tetap dan catu daya variabel. Catu daya tegangan tetapa adalah catu daya yang tegangan keluaranya tetap dan tidak bisa diatur. Catu daya variabel merupakan catu daya yang tegangan keluaranya dapat diubah atau dapat diatur. Catu daya yang baik selalu dilengkapi dengan *regulator* tegangan. Tujuan pemasangan *regulator* tegangan pada catu daya adalah untuk menstabilkan tegangan keluaran apabila terjadi perubahan tegangan masukan pada catu daya. Fungsi lain dari *regulator* tegangan adalah untuk perlindungan dari terjadinya hubung singkat pada beban. Salah satu tipe *regulator* tegangan tetap adalah LM78xx. Regulator tegangan tipe LM78xx adalah salah satu regulator tegangan tetap dengan tiga terminal, yaitu terminal Vin, GND, dan Vout.

Tegangan keluaran dari regulator LM78xx memungkinkan regulator untuk dipakai dalam sistem logika, instrumentasi dan *Hifi*. Regulator tegangan LM78xx dirancang sebagai regulator tegangan tetap meskipun demikian dapat juga keluaran dari regulator 7805 disebut tegangan dan arusnya melalui tambahan komponen eksternal. Cara pemasangan dari penerapan dari regulator tegangan tetap LM 7805 pada catu daya dapat dilihat pada gambar 2.13



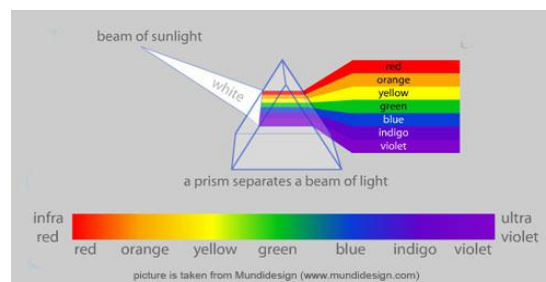
Gambar 2.13 Penerapan Regulator Tegangan Tetap LM 7805

2.1.8 Warna

Warna yang dilihat sebenarnya adalah spektrum cahaya yang dipantulkan oleh benda kemudian ditangkap oleh indra penglihatan (mata) lalu diterjemahkan oleh otak sebagai sebuah warna tertentu. Sebagai contoh jika melihat warna hijau yang terdapat pada daun karena cahaya yang datang (umunya cahaya matahari yang mempunyai spektrum yang cukup komplit) diserap oleh daun selain warna hijau yang dipantulkan, dan cahaya warna hijau yang terpantul inilah yang ditangkap oleh mata sehingga dapat melihat bahwa daun berwarna hijau. Jadi sebenarnya factor penting untuk melihat sebuah warna dengan baik adalah cahaya yang mengenai benda tersebut misalnya pada cahaya lampu TL, terdapat spektrum yang tidak sempurna sehingga terkadang warna yang terlihat tidak seperti yang seharusnya.

Tidak semua spektrum cahaya dapat ditangkap oleh indra penglihatan, karena itu kemudian timbul istilah spektrum terlihat (*visible spectrum*) yang *range*-nya cukup besarnya. *Range* inilah yang menjadai penyebab dapat terlihatnya beraneka ragam warna yang secara umum dipisahkan menjadi beberapa spektrum dasar yakni warna dasar pelangi yang berasal dari cahaya putih matahari.

Cahaya matahari yang merupakan cahaya putih merupakan gabungan dari beberapa warna yang menjadi satu. Untuk melihat warna – warna yang terkandung dalam cahaya matahari dapat digunakan prisma segitiga agar cahaya matahari dapat dibiaskan. Gambar 2.14 mengilustrasikan bagaimana cahaya matahari dapat dibagi menjadi beberapa warna dengan menggunakan prisma segitiga.



Gambar 2.14 Pembiasan Warna Matahari

Ada beberapa properti umum dari warna yang *hue*, *saturation* dan *value* (*brightness* atau *lightness*). Hue secara sederhana dapat diartikan sebagai nama atau ragam warna. Lebih spesifik *Hue* adalah warna yang dipantulkan atau ditranmisikan oleh objek. Contoh warna yang disebut merah, hijau, kuning, dan sebagainya. Saturation dapat diartikan pada tingkat kemurnian warna (terkadang

disebut juga sebagai chroma), dimana nilainya dihitung dari berapa banyaknya warna abu-abu yang terdapat pada warna dengan satuan %. Saturasi % berwarna abu-abu (desaturated) dan 100% menjadi warna yang sangat murni/cerah (saturated).

Value (brightness atau lightness) adalah nilai gelap terang warna yang biasanya dinilai dengan ukuran persen, dimana 0% = hitam dan 100% = putih. Gambar 2.15 menunjukkan perbedaan antara *Hue*, *Saturation* dan *Value*.

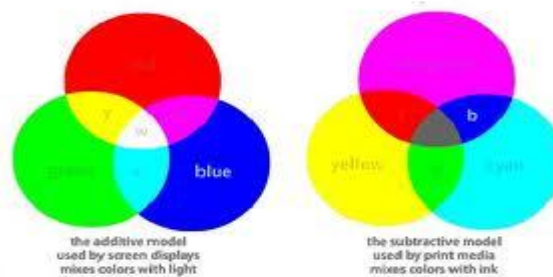


Gambar 2. 15 Hue Saturation dan Value

Model warna umumnya dibedakan atas 2 model dasar, yang pertama adalah *additive color model* yaitu model warna yang didasarkan dari pencampuran warna berdasarkan emisi cahaya (model additive color digunakan media – media elektronik, seperti layar TV, monitor, LCD, dan sebagainya). Model pencampuran warna dikenal dengan istilah RGB (*Red, Green, Blue*) *Color System*. Pada model *additive color* pencampuran warna *Red*, *Green*, dan *Blue* akan menghasilkan warna putih.

Model kedua disebut sebagai *subtractive color model* yaitu merupakan warna yang didapat dari pencampuran warna berdasarkan media tinta pada kertas.

Model *subtractive color* disebut juga dengan istilah CMYK (*Cyan Magenta Yellow Kanye*) *color system*. Pada CMYK *color system* percampuran warna CMYK akan menghasilkan warna hitam. Dalam konteks cahaya, hitam merupakan bukan sebuah spektrum cahaya melainkan hitam berarti tidak ada spektrum cahaya atau lawan dari putih yang memuat semua spectrum cahaya. Pada gambar 2.16 (a) menunjukkan warna additive dan gambar 2.16 (b) warna subtractive.



Gambar 2.16 (a) Warna Additive; (b) Warna Subtractive

2.1.9 Liquid Crytal Display (LCD)

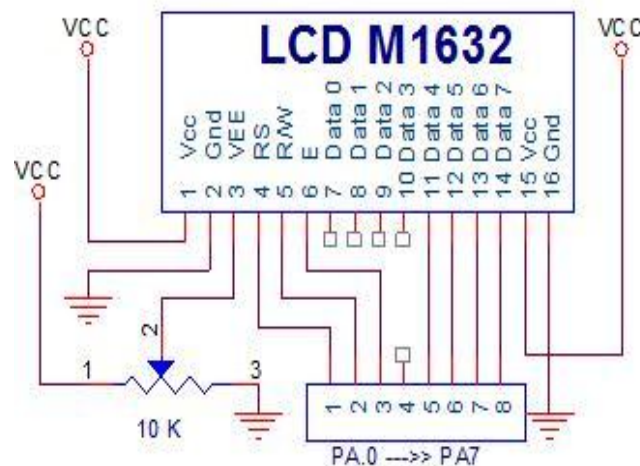
Sebuah LCD (Liquid crytal display) dibentuk oleh sebuah jenis cairan khusus yang ditempatkan di antara dua buah lempeng kaca.¹⁶ Terdapat sebuah bidang latar (*backplane*), yang merupakan lempengan kaca bagian belakang, dengan sisi dalam yang ditutupi oleh lapisan elektroda transparan. LCD berfungsi menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks, atau menu pada aplikasi mikrokontroler. LCD yang digunakan adalah jenis M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 16 x 2 baris dengan komsumsi daya rendah. Modul tersebut

¹⁶ Owen Bishop, Op Cit, hlm 138

dilengkapi dengan mikrokontroler HD44780 buatan Hitachi yang berfungsi sebagai pengendali LCD, yang memiliki CGROM, CGRAM, dan DDRAM.

2.1.10.1 Konfigurasi Pin (LCD)

Konfigurasi pin – pin LCD dapat dilihat pada gambar 2.17. Untuk pemasangan LCD digunakan Port C. Lebih spesifiknya PortC.0 sampai PortC.2 dihubungkan dengan V0,RS, R/W lalu PortC. 4 sampai PortC.7 dihubungkan dengan DB7 sampai dengan DB4 sedangkan untuk PortC.3 tidak digunakan.



Gambar 2.17 Konfigurasi pin LCD 16 karakter x 2 baris

2.2 Kerangka Berfikir

Penelitian ini merupakan aplikasi dari mikrokontroler yang difungsikan sebagai pengendali *conveyor* pemisah barang berdasarkan warna, dimana sensor yang digunakan sensor warna TCS3200 yang diletakkan di depan pada *conveyor*. TCS3200 dibantu oleh 4 LED berwarna putih yang merupakan bagian dari rangkaian sensor warna, cahaya yang dipantulkan akan diterima kembali oleh sensor warna, pantulan warna akan mempengaruhi besarnya resistansi pada sensor warna TCS3200 sehingga akan mempengaruhi besarnya tegangan yang keluar.

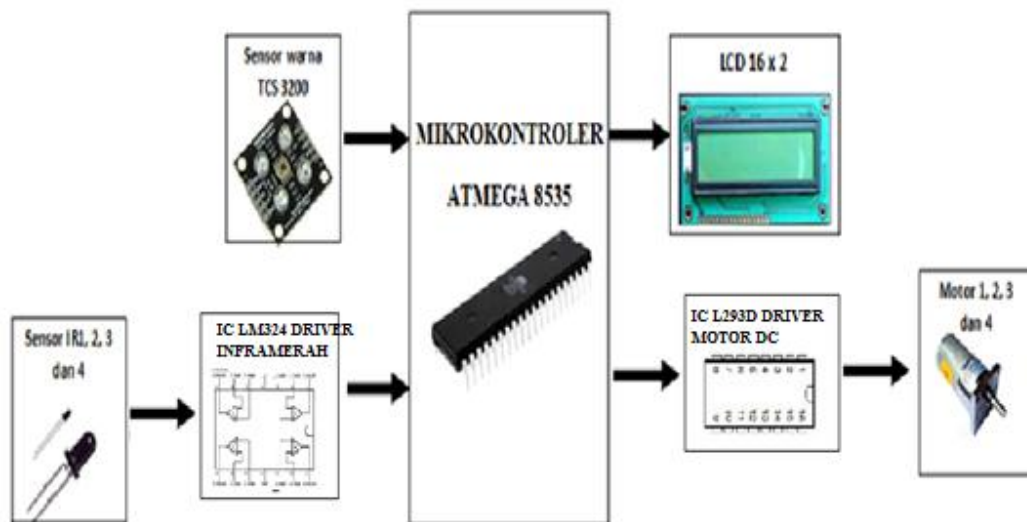
Kemudian besarnya tegangan yang diperoleh digunakan sebagai *input* pada mikrokontroler ATmega8535, besarnya nilai tegangan akan diubah menjadi digital dalam bentuk bit-bit sebanyak 8 bit. Apabila nilai dari hasil konversi tegangannya sesuai dengan program yang dibuat maka mikrokontroler akan mengeluarkan pulsa pada port yang kemudian rangkaian motor DC akan mendorong barang sesuai dengan kotak warna masing masing.

Selain sensor warna pada *conveyor* pemisah barang berdasarkan warna ada 3 input sensor inframerah yang berfungsi untuk memberhentikan setiap barang yang melewati *belt conveyor* yang sesuai dengan yang dibaca oleh sensor warna, dan hasil identifikasi sensor warna tersebut akan dikirim ke rangkaian mikrokontroler kemudian mikrokontroler akan memerintahkan rangkain sensor motor DC untuk melakukan eksekusi terhadap barang yang akan dipisahkan sesuai dengan warna barang tersebut.

2.3 Blok Diagram dan Flowchart

2.3.1 Blok Diagram

Pada gambar 2.18 merupakan blok diagram



Gambar 2.18 Blok Diagram

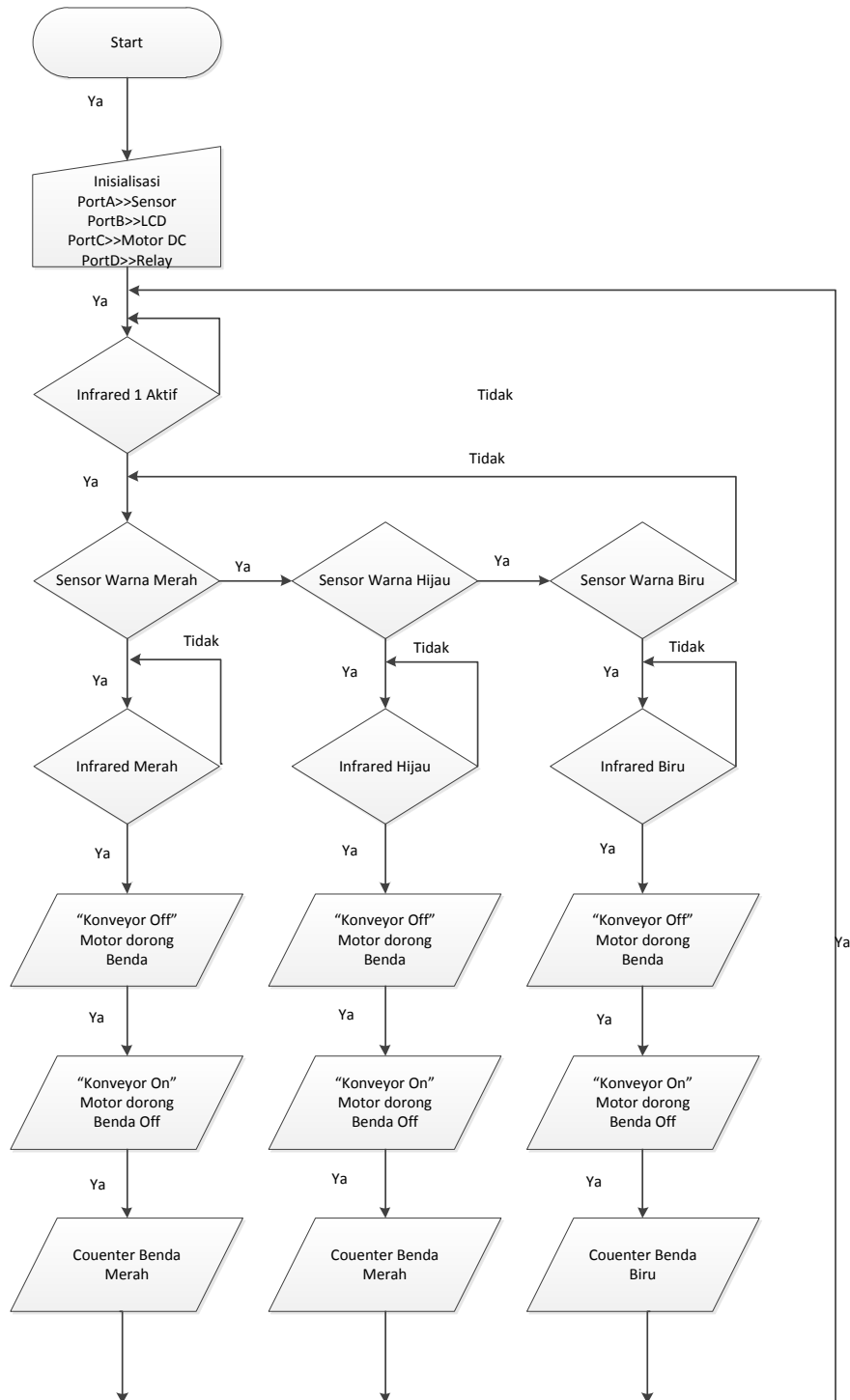
Diagram Blok :

1. Sensor warna digunakan untuk mendeteksi benda berwarna.
2. Sensor Infra Red 1 untuk mendeteksi benda (diletakkan pada sensor warna)
3. Sensor Infra red 2,3 dan 4 digunakan untuk mendeteksi benda pada saat akan dimasukkan ke dalam kotak.

4. Mikrokontroler ATMEGA 8535 berfungsi sebagai pengontrol yang akan memproses data dari sensor warna, infra red dan ditampilkan oleh LCD dan mengaktifkan motor.
5. LCD berfungsi untuk menampilkan tulisan dan data.
6. Motor 1 → untuk mendorong benda berwarna Biru jika sensor warna 1 mendeteksi benda warna biru.
7. Motor 2 → untuk mendorong benda berwarna Hijau jika sensor warna 2 mendeteksi benda warna hijau.
8. Motor 3 → untuk mendorong benda berwarna merah jika sensor warna 2 mendeteksi benda warna merah.
9. Motor 4 → berfungsi sebagai konveyor yaitu yang membawa bendanya.

2.3.2 Flowchart

Pada gambar 2.19 merupakan flowchart.



Gambar 2.19 Flowchart

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat alat conveyor pemisah barang berdasarkan warna berbasis mikrokontroler menggunakan sensor warna TCS3200.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

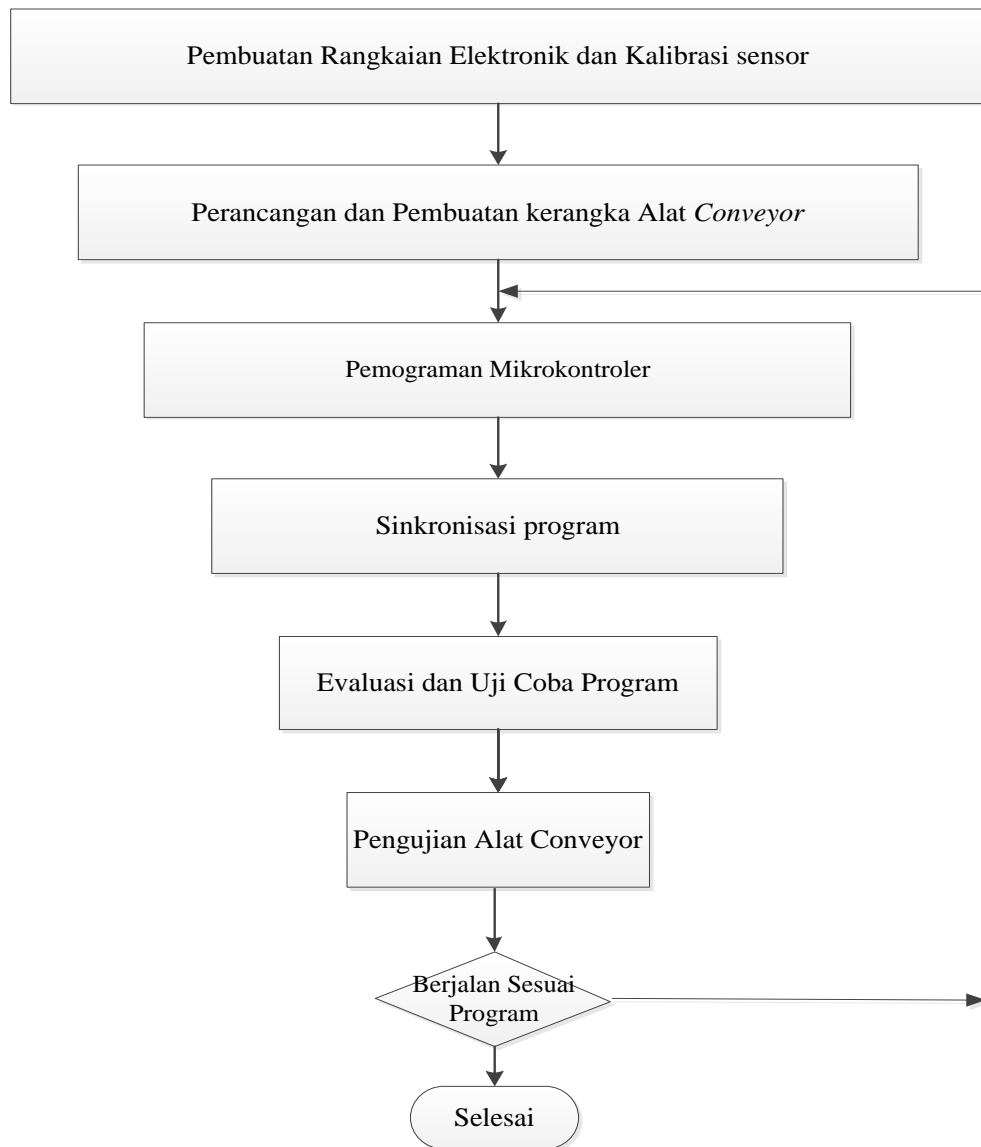
Penelitian dilakukan di laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, yang berlokasi di Rawamangun Jakarta Timur.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen laboratorium. Dalam penelitian ini, perangkat yang digunakan terbagi dalam 3 (tiga) bagian yaitu:

1. *Input* (Sensor warna dan Sensor Inframerah)
2. Proses (sistem kendali *conveyor* yang menggunakan mikrokontroler AVR Atmega8535)
3. *Output* (*driver* motor DC, LCD).

Kemudian untuk langkah-langkah pembuatan *conveyor* dilakukan berdasarkan urutan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Langkah-langkah Pembuatan Alat *Conveyor*

3.4 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian terdiri dari:

1. AVO Meter merek SANWA dengan tipe YX360TRF digunakan untuk mengukur besar tegangan, besar arus, mengukur komponen – komponen elektronika yang digunakan pada rangkaian, mengecek jalur – jalur tembaga pada PCB dan kabel – kabel penghubung pada setiap rangkaian.

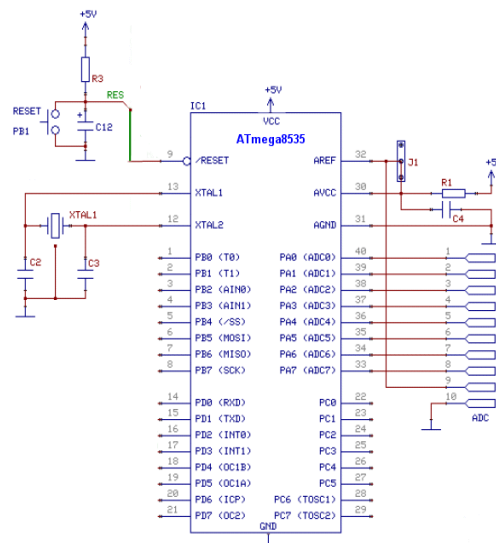
2. *Software* pendukung, diantaranya sebagai berikut:
 - a) *Software Eagle* digunakan untuk membuat gambar skema rangkaian dan jalur – jalur (layout) rangkaian pada PCB.
 - b) *Software Deptrace* digunakan untuk membuat gambar skema rangkaian dan jalur – jalur layout rangkaian pada PCB.
 - c) *Software bahasa basic* digunakan untuk menulis listing program sekaligus sebagai compiler dan *downloader* AVR menggunakan kabel AVRISP.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Perancangan Alat

3.5.1.1 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega8535

Sistem minimum mikrokontroler ditunjukkan pada gambar 3.2 adalah rangkaian elektronik minimum yang diperlukan untuk beroperasinya IC mikrokontroler. Dengan sistem minimum ini maka Port-Portnya bisa dihubungkan dengan rangkaian lain untuk menjalankan fungsi tertentu. Seperti dihubungkan dengan rangkaian sensor, motor, dan LCD.



Gambar 3.2 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega 8535¹⁷.

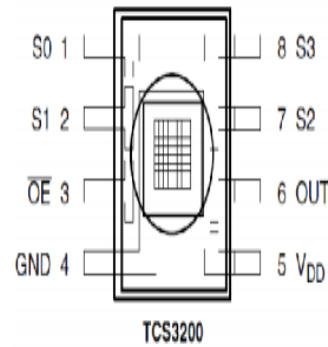
3.5.1.2 Rangkaian Sensor Warna TCS3200

Sensor warna TCS3200 merupakan pendeteksi warna RGB menggunakan array fotodetektor berupa chip warna dari TAOS TCS3200. Pada gambar 3.3 ditunjukkan pin sensor warna TCS3200. Aplikasinya antara lain pada pendeteksi obyek di industri.

Fitur Sensor Warna TCS3200:

1. Tegangan kerja ; 2,7 – 5,5 V
2. Sensor array : 8 x 8 photodiode, 16 photodiode filter merah, 16 photodiode filter hijau, 16 photodiode tanpa filter.
3. Lensa: 5,3 mm (dalam jarak 25 mm mampu melihat area bujur sangkar dengan sisi 4 mm).

¹⁷ Wisnu Adi, Heryanto Ary, Pemrograman Bahasa C untuk mikrokontroler ATmega8535. Andi offset : 2008, hal .6.



Gambar 3.3 Pin Sensor Warna TCS3200

Pada tabel 3.1 akan dijelaskan pin sensor warna TCS3200

Tabel 3.1 Penjelasan Pin Sensor Warna TCS3200

Nama	PIN	I/O (Input/Output)	Keterangan
GND	4		Ground
OE	3	Input	Enable untuk <i>fo</i> (active lo)
OUT	6	Output	Output frekuensi (<i>fo</i>)
S0,S1	1,2	Input	Pemilihan <i>input skala frekuensi</i> untuk <i>output frekuensi</i>
S2,S3	7,8	Input	Pemilihan jenis <i>Input photodiode</i>
VDD	5		Sumber Tegangan

Setiap warna bisa disusun dari warna dasar. Untuk cahaya, warna dasar penyusunnya adalah warna Merah, Hijau dan Biru, atau lebih dikenal dengan istilah RGB (Red-Green-Blue). Photodiode pada IC TCS3200 disusun secara array 8x8 dengan konfigurasi: 16 photodiode untuk memfilter warna merah, 16 photodiode untuk memfilter warna hijau, 16 photodiode untuk memfilter warna biru, dan 16 photodiode tanpa filter.

Kelompok photodiode mana yang akan dipakai bisa diatur melalui kaki selektor S2 dan S3. Pada tabel 3.2 akan dijelaskan kombinasi fungsi dari S2 dan S3.

Tabel 3.2 Pemilihan Warna Sensor Warna

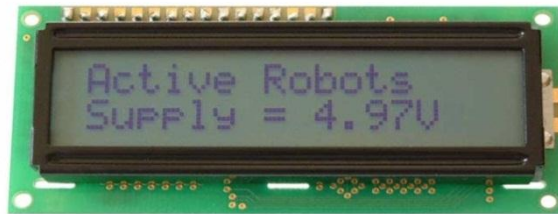
S2	S3	Photodiode yang Aktif
0	0	Pemfilter Merah
0	1	Pemfilter Biru
1	0	Pemfilter Tanpa warna
1	1	Pemfilter Hijau

Photodiode akan mengeluarkan arus yang besarnya sebanding dengan kadar warna dasar cahaya yang menyimpannya. Arus ini kemudian dikonversikan menjadi sinyal kotak dengan frekuensi sebanding dengan besarnya arus. Frekuensi Output ini bisa diskala dengan mengatur selektor S0 dan S1.

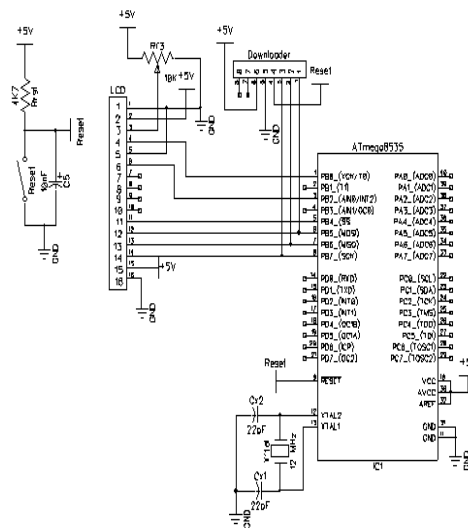
3.5.1.3 Rangkaian Penampil LCD

Tampilan yang digunakan adalah LCD dot matrix sama halnya dengan LCD HD44780U berjenis display alfanumerik LCD dot matrix. LCD ini dapat dikendalikan dengan 4 atau 8 bit mikroprosesor. Semua fungsi seperti RAM, pembangkit terakhir, dan driver liquid crystal, sangat dibutuhkan untuk menampilkan karakter pada display dot matrik secara internal pada suatu chip IC, yang merupakan sistem minimum dari rangkaian

penggeraknya¹⁸. LCD berfungsi untuk menampilkan jumlah benda yang telah masuk kedalam kotak. Rangkaian mikrokontroler berfungsi untuk memproses input dari sensor warna dan infra merah, kemudian mengaktifkan motor untuk mendorong benda sesuai dengan warna dari benda tersebut. Pada gambar 3.4 merupakan bentuk fisik LCD dan pada gambar 3.5 merupakan rangkaian penampil LCD.



Gambar 3.4 Bentuk Fisik LCD



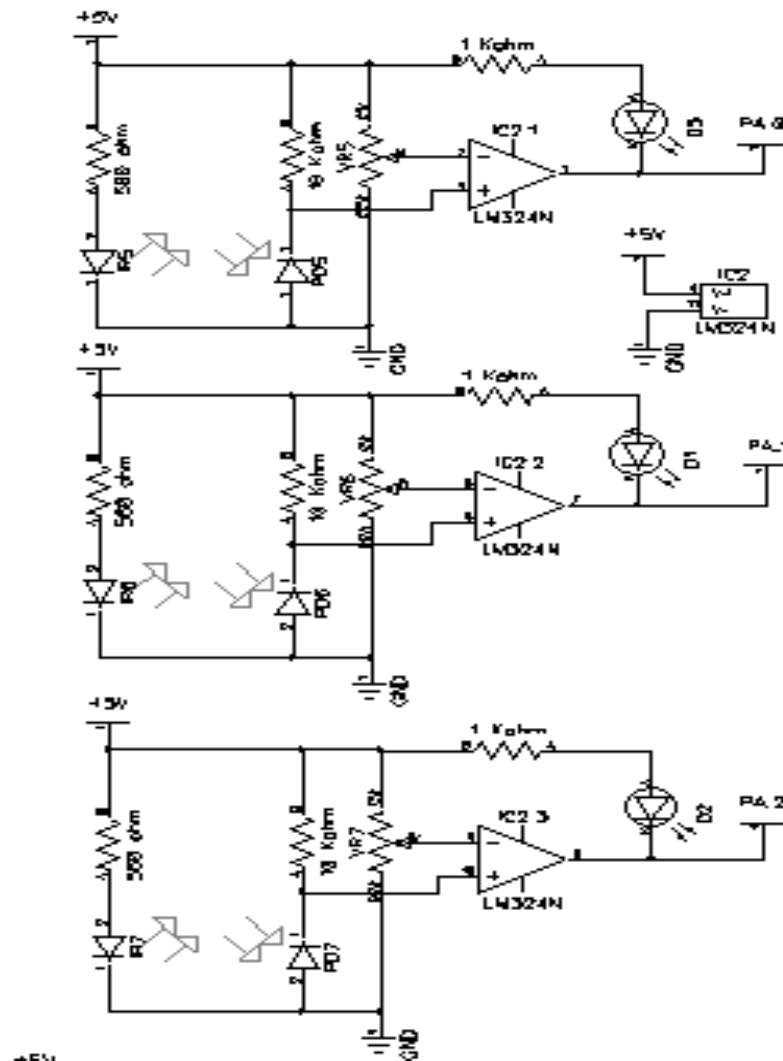
Gambar 3.5 Rangkaian Penampil LCD

¹⁸ LCD HD44780 Data Sheet, (Hitachi, Ltd, 1998)

3.5.1.3 Rangkaian Sensor IR (Infrared)

Rangkaian sensor infrared 1 sebagai pembatas agar benda berwarna merah berhenti tepat ditengah agar dapat terdorong oleh pendorong benda warna merah. Sensor infrared 2 sebagai pembatas agar benda berwarna hijau berhenti tepat ditengah , agar dapat terdorong oleh pendorong benda berwarna hijau. Sensor infrared 3 sebagai pembatas agar benda berrwarna biru berhenti tepat di tengah agar dapat terdorong oleh pendorong benda warna biru.

Prinsip kerja dari sensor infrared adalah jika ada benda yang menghalangi antara infrared dan photodiode maka hambatan photodiode akan mengecil sehingga tegangan pada pin 3 (+) IC2.1 (LM324) akan mengecil. Fungsi dari trimpot VR1 adalah sebagai tegangan pembanding di pin 2 (-) lebih besar dari pin 3 (+) maka output pada pin 1 ICLM324 akan berlogika 0. Logika rendah (00 inilah yang akan dijadikan sebagai input pada mikrokontroler ATMEGA8535 seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.6.

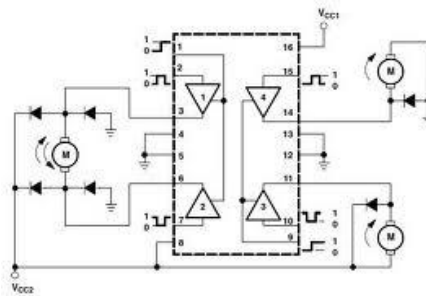


Gambar 3.6 Skema Rangkaian Infrared.

3.5.1.4 Rangkaian Motor Driver L293D

L293D Motor Driver IC adalah sebuah chip H-Bridge yang mempunyai 2 buah rangkaian H-Bridge di dalamnya sehingga bias mengendalikan kecepatan dan arah 2 buah motor. Mendukung operasi motor 4,5 V – 36V dengan arus 600 mA (arus puncak 1,2A non-repetive). IC ini bias digunakan untuk mengendalikan relay, solenoid, motor DC dan motor stepper bipolar.

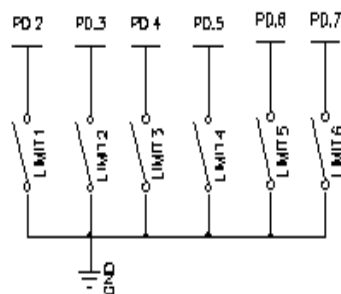
Keuntungan lain IC L293D adalah IC ini telah mempunyai proteksi arus balik dari beban berupa dioda didalam IC. Untuk penggunaanya dianjurkan untuk melebarkan jalur *ground* pengganti *heatsink* untuk proteksi *over temperature* seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.7.



Gambar 3.7 IC L293D.

3.5.1.5 Rangkaian Limit Switch

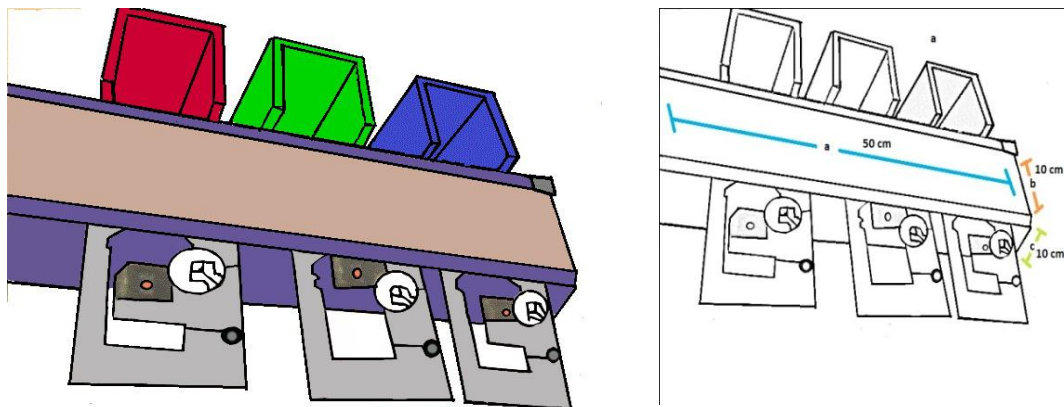
Limit switch yang digunakan berjumlah 6 buah, fungsi dari masing – masing *limit switch* adalah untuk memberhentikan saat pendorong benda maju dan saat pendorong benda mundur baik untuk benda berwarna merah, hijau, maupun biru. *Limit switch* pada saat ditekan akan mengeluarkan logika 0 yang akan diproses oleh mikrokontroler ATmega8535, pada gambar 3.8 merupakan rangkaian *limit switch*.



Gambar 3.8 Rangkaian *Limit Switch*

3.5.1.6 Rancangan *Conveyor*

Rancangan *conveyor* yang akan dibuat seperti gambar 3.9 Panjang *conveyor* 50 cm, Lebar *conveyor* 40 cm, Tinggi 10 cm, panjang kotak 10 cm, lebar kotak 10 cm, dan tinggi kotak 10 cm



Gambar 3.9 Bentuk *Conveyor*

3.5.2 Perancangan Program

3.5.2.1 Penentuan Port Mikrokontroler pada *Conveyor*

Penentuan Port yang akan dipakai sangat penting sebelum membuat program, yang bertujuan sebagai masukan dari sensor dan keluaran untuk penggerak atau *driver* motor DC, jumlah port mikrokontroler AVR ATmega8535 yang dipakai pada penelitian ini sebanyak 4 port. Berikut adalah port-port yang digunakan.

1. Port A

Port A digunakan untuk input sensor warna untuk menentukan warna yang melewati *conveyor*, dan input sensor infra merah untuk menentukan posisi benda yang melewati *conveyor*.

2. Port B

Port B difungsikan sebagai pemakaian LCD

3. Port C

Port C difungsikan sebagai keluaran dari mikrokontroler lalu menjadi masukan ke diver motor L293D yang selanjutya akan diproses untuk mengendalikan driver motor pendorong 1,2, dan 3.

4. Port D

Port D difungsikan sebagai output dari relay *Conveyor*.

3.5.2.2 List Inisialisasi Program

Berikut ini merupakan list inisialisasi program yang digunakan.

```

$regfile = "8535def.dat"
$crystal = 12000000
$baud = 9600
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portb.4 , Db5 = Portb.5 , Db6 = Portb.6 , _
Db7 = Portb.7 , E = Portb.1 , Rs = Portb.0
Config Lcd = 16 * 2                                'Menentukan tipe LCD yang
digunakan
Cursor Off Noblink                                'cursor off
Cls
Config Timer0 = Timer , Prescale = 256
Const Inisial = &HFE2B
On Timer0 Timer1_isr                                ' timer0 overflow interrupt
On Int0 Hitung
Tcnt1l = Low(inisial)
Tcnt1h = High(inisial)

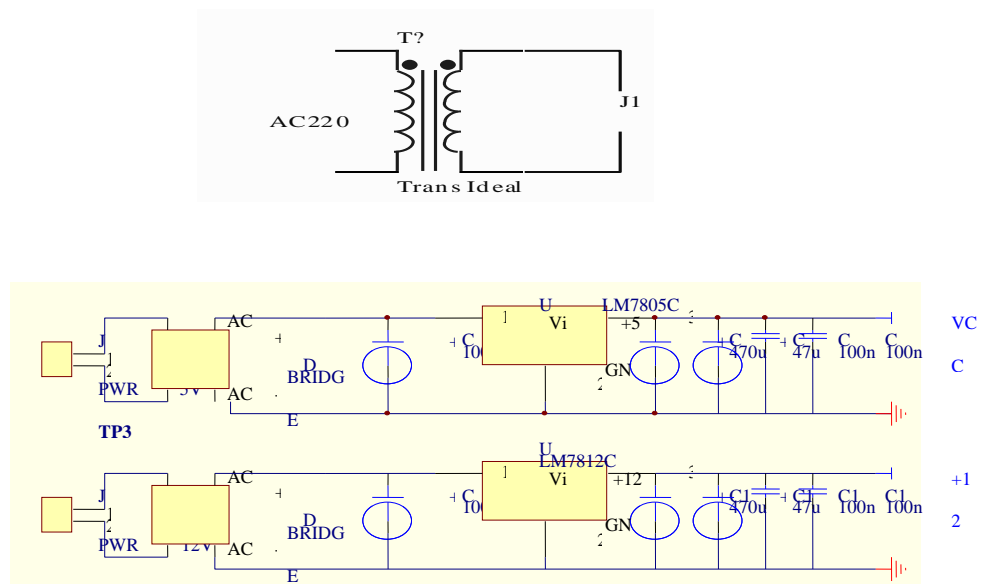
```

3.5.2.3 Prosedur Pengujian perangkat Keras (*Hardware*)

Proses pengujian rangkaian yang peneliti lakukan adalah pengujian terhadap rangkaian catu daya DC, rangkaian sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega8535, rangkaian penggerak motor DC, rangkaian penampil LCD, rangkaian sensor warna, dan pengujian alat secara keseluruhan.

1. Pengujian rangkaian catu daya

Rangkaian ini dapat berfungsi dengan baik apabila tegangan output yang dihasilkan stabil dan tidak berbeda jauh dengan ketentuan jenis IC regulator. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan multimeter agar dapat melihat besar tegangan pada setiap titik pengukuran dan kestabilan tegangan regulator. Pada gambar 3.10 merupakan rangkaian catu daya.



Gambar 3.10 Rangkaian catu daya.

Langkah – langkah dalam pengujian rangkaian catu daya adalah sebagai berikut:

1. Hubungkan rangkaian catu daya dengan sumber listrik PLN
2. Lakukan pengaturan range multimeter pada pengukuran tegangan
3. Ukur tegangan pada setiap titik pengukuran dan catat hasilnya pada tabel 3.3.
4. Lepaskan hubungan rangkaian catu daya dengan sumber listrik PLN
5. Ukur tegangan pada setiap titik pengukuran dan catat hasilnya pada tabel 3.3

Tabel 3.3 Pengujian Rangkaian Catu Daya

Mode	TP1	TP2
Tegangan		
Tegangan		

2. Pengujian Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega8535

Pengujian rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega8535 dilakukan dengan menghubungkan PORT A, dari mikrokontroler dengan Led (active high) yang deprogram secara sederhana seperti pada tabel 3.4 pada kolom program output.

Apabila sistem minimum mikrokontroler berfungsi maka LED akan menyala sesuai dengan listing program. Pada saat sistem berjalan dapat dilakukan pengukuran pada PORT A untuk mengetahui besarnya

tegangan pada saat kondisi logika 0 logika (low) dan logika 1 (high), hasil pengukuran dimasukan pada tabel 3.4

Tabel 3.4 Pengujian Output Sistem Minimum

Kondisi LE	Besar Tegangan Port
ON	
OFF	

3. Pengujian sensor warna

Pengujian sensor warna dilakukan dengan cara menggunakan software hypertrm yang dihubungkan dengan perangkat lunak alat, yang kemudian di uji dengan pengambilan sampel dari warna yang dibaca oleh sensor. Dari perbedaan data yang diberikan oleh sensor akan menunjukkan warna barang tersebut pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Pengujian sensor warna

Warna Benda	Input Data			Keterangan
	Merah	Hijau	Biru	
Merah				
Hijau				
Biru				

4. Pengujian Rangkaian sensor Inframerah

Pengujian sensor dilakukan dengan cara bagian transmitter sensor (Tx) dengan bagian Receiver (Rx) dipasang berhadapan, selanjutnya beri penghalang antara Tx dengan Rx adn lakukan pengukuran tegangan

keluaran sensor. Pengujian pada rangkaian sensor infra merah terdapat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Format Pengujian Sensor Inframerah

Sensor	Terhalang			Tidak Terhalang		
	VIN LM 324 Non Inverting	VIN LM 324 Inverting	Vout LM 324	VIN LM 324 Non Inverting	VIN LM 324 Inverting	Vout LM 324
Infrared						
Infrared						
Infrared						
Infrared						

5. Pengujian Rangkaian Driver Motor *Conveyor*

Rangkain output yang digunakan driver motor IC L293D untuk menggerakkan belt conveyor. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai tegangan output pada driver. Pengujian rangkaian *driver motor conveyor* terdapat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Pengujian Rangkaian Driver Motor *Conveyor*

Kondisi	Relay 1 (Basis. Q4)	Relay 2 (Basis Q3)
ON (Maju)		
ON (Mundur)		
OFF		

6. Pengujian Rangkaian Driver Motor Pendorong

a.) Pengujian Rangkaian input IC L293D

Rangkaian input motor driver berguna untuk menggerakkan pendorong untuk mendorong benda masuk kedalam kotak warna. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui

seberapa besar nilai tegangan input pada driver. Pengujian rangkaian input IC L293 terdapat pada tabel 3.8.

Tabel 3.8 Tabel Pengukuran *Input* IC L293D

Input L293D	Kondisi (Volt)	
	High (1)	Low (0)
L293D Pin2		
L293D Pin7		
L293D Pin10		
L293D Pin15		

b). Pengujian Rangkaian output L293D

rangkaian *output* yang digunakan driver motor IC L293D untuk menggerakkan pendorong benda. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai tegangan *output* pada driver. Pengukuran output IC L293D terdapat pada tabel 3.9.

Tabel 3.9 Tabel Pengukuran *Output* IC L293D

Input L293D	Kondisi (Volt)	
	High (1)	Low (0)
L293D Pin3		
L293D Pin6		
L293D Pin11		
L293D Pin14		

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Hasil Pengujian Rangkaian

4.1.1 Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya DC

Pengujian rangkaian catu daya dilakukan pada tiap titik pengukuran hasil pengujian pada setiap titik pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengukuran Rangkaian Catu Daya

Mode	TP1	TP2
J0	5V	
J1		11.9V

4.1.2 Hasil Pengujian Sistem Minimum Mikrokontroler AVR ATmega8535

Rangkaian sistem minimum mikrokontroler AVR Atmega8535 dilakukan pengujian dengan memberi program LED *blink* (berkedip), maka LED yang dihubungkan pada Port A dapat menyala secara kelap kelip. Pengukuran tegangan pada kaki – kaki Port A saat sistem bekerja hasilnya ditunjukkan pada table 4.2.

Tabel 4.2 Hasil pengujian rangkaian sistem minimum AVR ATmega8535.

Kondisi	Besar Tegangan Port
ON	0,0001 V
OFF	3V

4.1.3 Pengujian sensor warna

Pengujian sensor warna dilakukan pada saat kondisi sensor lagi ON (pada saat sensor terhalang oleh benda) ketika benda melewati sensor warna akan dibaca oleh empat photodiode yaitu photodiode biru, photodiode hijau, photodiode merah, dan photodiode tanpa warna. Dari hasil pembacaan oleh keempat photodiode tersebut akan diperoleh data yang berbeda beda, nilai pembacaan yang paling banyak akan menunjukkan warna dari benda tersebut. Pengukuran dilakukan menggunakan software hyperterminal. Hasil pengukuran pada rangkaian sensor warna terdapat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Pengujian Input sensor warna

Input Warna Benda	Input sensor warna				Keterangan
	Photodiode Merah	Photodiode Hijau	Photodiode Biru	Photodiode tanpa warna	
Merah	254	150	87	0	Warna benda Merah
Hijau	87	200	90	0	Warna benda Hijau
Biru	80	90	230	0	Warna benda Biru

Dari hasil pengujian sensor warna input benda dengan warna:

- ❖ Merah Photodiode merah membaca data 254 ms, photodiode hijau membaca 150 ms, photodiode biru membaca 87 ms dan photodiode tanpa warna baca 0 ms maka benda tersebut berwarna “merah”.

- ❖ Hijau Photodiode merah baca data 87 ms, photodiode hijau baca 200 ms, photodiode biru 90 ms dan photodiode tanpa warna baca 0 ms maka benda tersebut berwarna “Hijau”.
- ❖ Biru Photodiode merah baca data 80 ms, photodiode hijau 90 ms, photodiode biru 230 ms dan photodiode tanpa warna 0 ms maka benda tersebut berwarna “Biru”

4.1.4 Pengujian Sensor Inframerah

Pengujian dilakukan pada saat kondisi sensor inframerah tidak terhalang oleh benda (tidak aktif) dan kondisi terhalang oleh benda(aktif). Hasil pengukuran pada rangkaian sensor infra merah terdapat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengujian Input sensor Inframerah

Sensor	Terhalang			Tidak Terhalang		
	VIN LM 324 Non Inverting	VIN LM 324 Inverting	Vout LM 324	VIN LM 324 Non Inverting	VIN LM 324 Inverting	Vout LM 324
Inframerah 1	3,12	2,54	0,81	3,12	4,66	3,66
Inframerah 2	4,84	2,75	0,81	4,84	4,68	3,65
Inframerah 3	2,95	1,6	0,80	2,95	4,67	3,65
Inframerah 4	2,30	4,79	3,65	2,30	1,97	0,8

4.1.5 Pengujian Rangkaian Driver Motor Conveyor

Untuk pengukuran *input* rangkaian driver motor conveyor dilakukan pada saat kondisi lagi ON, pengujian dilakukan pada driver motor conveyor pada saat kondisi maju dan kondisi driver motor conveyor mundur. Hasil pengukuran Pengujian Rangkaian Driver Motor Conveyor ditunjukkan oleh Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengujian Rangkaian Driver Motor *Conveyor*

Kondisi	Relay 1 (Basis Q4)	Relay 2 (Basis Q3)
ON (Maju)	0,90 V	0 V
ON (Mundur)	0 V	0,90 V
OFF	0 V	0 V

4.1.6 Pengujian Rangkaian Driver Motor Pendorong

4.1.6.1 Hasil Pengujian Rangkaian Input IC L293D

Untuk pengukuran *input* IC L293D, pengukuran dilakukan dari *output* PortC mikrokontroler ATmega 8535 yang menjadi *Input* di IC L293D. Hasil pengukuran rangkaian driver motor DC input IC L293D ditunjukkan tabel 4.6.

Tabel 4.6. Hasil Pengukuran Input IC L293D

Input L293D	Kondisi (Volt)	
	High (1)	Low (0)
L293D Pin2	4,61	0
L293D Pin7	4,53	0,3
L293D Pin10	4,61	0
L293D Pin15	4,60	0

4.1.6.1 Hasil Pengujian Rangkaian output IC L293D

Pengukuran hasil rangkaian output ICL293D akan ditunjukkan oleh tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran *output* IC L293D

Input L293D menuju actuator motor	Kondisi (Volt)	
	High (1)	Low (0)
L293D Pin3	8,5	0,13
L293D Pin6	8,4	0,10
L293D Pin11	8,6	0,13
L293D Pin14	8,5	0,13

4.2 Analisis Hasil Pengukuran

4.2.1 Analisa Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya

Berdasarkan data hasil pengujian rangkaian catu daya DC, dapat disimpulkan bahwa rangkaian catu daya dc bekerja dengan baik. Hal ini sesuai dengan fungsinya rangkaian yang dapat memberikan suplai tegangan pada sistem alat.

4.2.2 Analisa Hasil Pengujian Rangkaian Sistem Minimum ATmega 8535

Dari hasil pengujian rangkaian sistem minimum AVR ATmega8535 yang telah diberi program LED *blink* (berkedip), maka LED yang dihubungkan pada potr A dapat menyala secara kelap-kelip (blinking), hal ini sesuai program yang dibuat dalam pengujian rangkaian sistem minimum AVR ATmega8535. Berdasarkan data hasil pengujian pada tabel 4.2, dapat disimpulkan bahwa rangkaian sistem minimum dapat bekerja dengan baik.

4.2.3 Analisa Hasil Pengujian Pengujian Sensor Warna

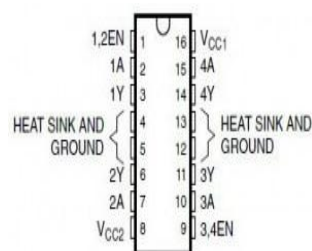
Rangkaian sensor warna digunakan untuk menentukan warna yang akan dideteksi dengan menggunakan software hyperterminal dengan menghubungkan rangkaian sensor warna sehingga didapat data dari pembacaan sensor warna terhadap benda berwarna. Dari tabel 4.3 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai data yang diperoleh maka sensor warna akan dapat mengidentifikasi warna barang tersebut.

4.2.4 Analisa Pengujian Sensor Inframerah

Rangkaian sensor inframerah menggunakan prinsip pencarian cahaya inframerah yang diterima oleh *photodiode*. Potensiometer yang dirangkai dengan tegangan masukan digunakan untuk mengatur level tegangan referensi yang akan masuk ke input *non inverting* LM324 dan dibandingkan dengan tegangan yang dipararelkan oleh *photodiode*. jika tegangan pembanding lebih kecil dari tegangan referensi maka *output* akan bernilai logika *high*.

4.2.5 Analisa Pengujian Rangkaian *Driver Motor Conveyor*

IC penggerak motor DC L293D didalamnya terdapat pasangan transistor Darlington. Untuk menganalisa dua hasil pengujian driver motor DC dapat digunakan gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Konfigurasi Pin IC L293D

Jika pada pin 1,2 En diberikan logika 1 maka transistor terbias sehingga kondisi ini diartikan dalam kondisi *ready*. Pin 1A dan 2A diberikan logika 1 dan 0 maka motor DC berputar karena mendapatkan sumber tegangan positif melalui 1 Y dan ground melalui 2Y. Jika pin 1A dan 2A diberikan logika 0 maka motor dalam keadaan diam atau tidak bergerak karena mendapatkan tegangan positif baik dari 1Y maupun 2Y. Jika 1,2 En diberikan logika 0 maka transistor tidak akan terbias, sehingga 1Y dan 2Y mengalami *High Impedance* dan kondisi logika apapun pada pin 1A dan 2A tidak mempengaruhi 1Y dan 2Y maka keadaan diam atau tidak bergerak.

BAB V

KESIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang peneliti lakukan, maka dapat dibuat conveyor pemisah barang berdasarkan warna, *conveyor* berhasil memisahkan warna benda. Pada *conveyor* pemisah barang terdiri dari input berupa sensor warna TCS3200. Sensor warna TCS3200 berfungsi untuk mengidentifikasi warna yang melewati *belt conveyor*. Sedangkan untuk sensor inframerah berfungsi untuk mengidentifikasi barang yang melewati *belt conveyor* sehingga benda tepat berhenti sesuai dengan kotak warna benda tersebut. Untuk proses digunakan Mikrokontroler AVR ATmega8535. *Output* terdiri dari motor DC, driver motor DC dan LCD.

Conveyor pemisah barang sudah berhasil dibuat dan diuji dapat memilih benda berbentuk kotak yang terbuat dari bahan gabus dengan panjang 6 cm, lebar 4 cm, tinggi 4 cm dan berat 20 gram yang salah satu sisi bendanya dilapisi dengan warna merah (), hijau () dan biru () dan benda tersebut dimasukkan kedalam kotak warna yang sudah tersedia.

5.2 Implikasi

Conveyor pemisah barang berdasarkan warna berbasis mikrokontroler ATmega8535 menggunakan sensor warna TCS3200 merupakan pengembangan dari aplikasi mikrokontroler. Alat yang digunakan merupakan pemanfaatan mikrokontroler sebagai alat pemisah barang berdasarkan warna masih bisa

dikembangkan lagi. Sehingga tidak hanya difungsikan sebagai alat pemisah barang berdasarkan warna.

Penelitian ini dapat dimodifikasi dan diaplikasikan pada keperluan lain seperti:

1. Robot pemindah barang berdasarkan warna.
2. Sistem absen berdasarkan warna kartu, dan lain sebagainya

5.3 Saran

Dari hasil penelitian dan uji coba penulis dapat memberikan beberapa saran yang dapat dipertimbangkan yaitu:

1. Dalam mencoba sensor warna hendaknya keadaan awal sensor warna harus gelap sehingga pengukuran sensor warna lebih sensitif.
2. Sebaiknya dalam pembuatan *conveyor* menggunakan motor DC dengan torsi yang besar agar dalam menggerakkan *belt conveyor* lebih kuat dalam mengangkat beban.
3. Dalam mendesain kerangka *conveyor* harus dibuat lebih teliti dalam ukurannya agar dalam penempatan rangkaian lebih presisi.

DAFTAR PUSAKA

Ary Heryanto dan Wisnu Adi. 2008, *Pemograman Bahasa C Untuk Mikrokontroler Atmega8535*. Yogyakarta: ANDI

Budiharto Widodo. 2009. *Membuat Sendiri Robot Cerdas*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.

Hendawan Soebhakti. 2007. *Basic AVR Mikrokontroler Tutorial*. Batam: Politeknik Batam.

Iswanto. 2008. *Desain dan Implementasi Sistem Embedded Mikrokontroler ATmega8535 dengan Bahasa Basic*. Yogyakarta: Gaya Media.

Lingga Wardhana. 2007. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535 Simulasi, Hardware, dan Simulasi*. Yogyakarta: ANDI.

Wasito, S. 1981. *Elektronika Dalam Industri*. Jakarta: Karya Utama.

Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa. 1996. *Kamus Besar Bahasa Indonesia Edisi II*. Jakarta: Balai Pustaka.

Winoto Ardi. 2008. *Mikrokontroler AVR Atmega32/16/8535 dan Pemograman Bahasa C pada Win AVR*. Bandung: Informatika Bandung.

ATmega8535(L) Data Sheet. Atmel Corporation. 2003

TCS3200 Data Sheet. TAOS. 2009

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Nama : Hotma Tiopan Simanjuntak
Tempat Lahir : Tapanuli
Tanggal Lahir : 28 Oktober 1986
Alamat : Jln. Jeruk Raya No 10/12 Harapan Baru Bekasi
Telepon : 081399186086
E-mail : hotmajuntak@gmail.com

Riwayat pendidikan yang telah yang ditempuh

- SD Negeri 2 Onan Runggu , Tahun 1994 – 2000
- SLTP Negeri 2 Sipahutar, Tahun 2000 – 2003
- SMA Negeri 1 Sipahutar, Tahun 2003 – 2006
- Perguruan Tinggi Negeri UNJ (Universitas Negeri Jakarta) Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, program Studi Pendidikan Teknik Elektronika (S.Pd), Tahun 2007 - 2013.

Pengalaman Kerja:

- Staff Pengajar di SMK FRANSISKUS I Jakarta, Tahun 2011 – Sekarang
- PKL Maintanance, PT Jasmanindo Sapta Perkasa, Tahun 2012
- PPL, SMK Dinamika Pembangunan Jakarta Tahun 2011.

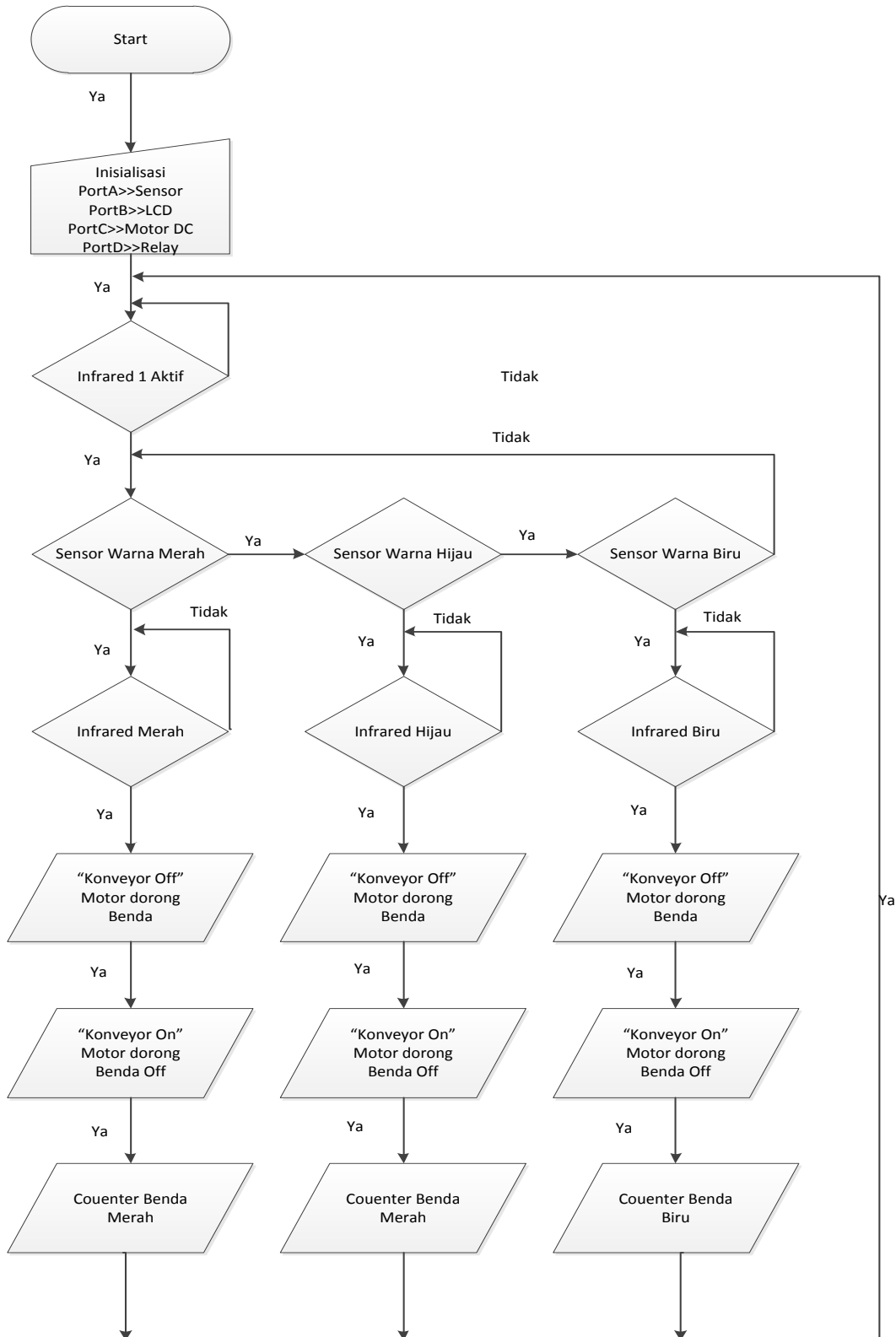
Motto :

“Gunakan kesempatan dalam hidupmu dengan sebaik mungkin”

Lampiran 2

Flowchart

COVEYOR PEMISAH BARANG BERDASARKAN WARNA BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535 MENGGUNAKAN SENSOR WARNA TCS3200



Lampiran 3

Listing Program Alat

Conveyor Pemisah Barang Berdasarkan Warna Berbasis Mikrokontroler ATmega8535

Menggunakan Sensor Warna TCS3200

```
$regfile = "8535def.dat"
```

```
$crystal = 12000000
```

```
$baud = 9600
```

```
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portb.4 , Db5 = Portb.5 , Db6 = Portb.6 , _
```

```
Db7 = Portb.7 , E = Portb.1 , Rs = Portb.0
```

```
Config Lcd = 16 * 2 'Menentukan tipe LCD yang digunakan
```

```
Cursor Off Noblink 'kursor off
```

```
Cls
```

```
Config Timer0 = Timer , Prescale = 256
```

```
Const Inisial = &HFE2B
```

```
On Timer0 Timer1_isr ' timer0 overflow interrupt
```

```
On Int0 Hitung
```

```
Tcnt1l = Low(inisial)
```

```
Tcnt1h = High(inisial)
```

```
Enable Timer1
```

```
Dim I As Word
```

```
Dim J As Byte
```

```
Dim K As Byte
```

```
Dim L As Byte
```

```
Dim M As Byte
```

Dim Count_r As Word

Dim Count_g As Word

Dim Count_b As Word

'relay konveyor

Config Portd.6 = Output

Config Portd.7 = Output

'S0-S3 sensor warna

Config Porta.0 = Output

Config Porta.1 = Output

Config Porta.2 = Output

Config Porta.3 = Output

'sensor infra red

Config Pina.4 = Input

Config Pina.5 = Input

Config Pina.6 = Input

Config Pina.7 = Input

"L293D prndorong 1, 2 dan 3

Config Portc = Output

Rel1 Alias Portd.6

Rel2 Alias Portd.7

Sen1 Alias Pina.4

Sen2 Alias Pina.5

Sen3 Alias Pina.6

Sen4 Alias Pina.7

Out1a Alias Portc.0

Out1b Alias Portc.1
Out2a Alias Portc.2
Out2b Alias Portc.3
Out3a Alias Portc.4
Out3b Alias Portc.5

Set Porta.4
Set Porta.5
Set Porta.6
Set Porta.7
Reset Rel1
Reset Rel2

S0 Alias Porta.0
S1 Alias Porta.1
S2 Alias Porta.2
S3 Alias Porta.3
Print "Test Data"
Wait 1

Upperline
Lcd " Bir Hij Mer "
Lowerline
Lcd " 0 0 0 "
'Wait 1

Cekkk:

```
Gosub Konv_maju  
Config Int0 = Falling
```

```
Cek_sen_benda:
```

```
  If Sen4 = 0 Then  
    Goto Cek_sen_benda  
  Else  
    Enable Interrupts  
    Enable Int0  
    Goto Cek_data  
  End If
```

```
Cek_data:
```

```
Do
```

```
Set S0
```

```
Set S1
```

```
Reset S2
```

```
Reset S3
```

```
  If J = 0 Then
```

```
    Enable Interrupts
```

```
    Enable Int0
```

```
    Reset S2                                'red
```

```
    Reset S3
```

```
    Print "RED : " ; I
```

```
    Count_r = I
```

Disable Interrupts

Disable Int0

I = 0

Incr J

Else

End If

If J = 1 Then

Enable Interrupts

Enable Int0

Set S2 'gren

Set S3

Print "GREEN : " ; I

Count_g = I

Disable Interrupts

Disable Int0

I = 0

Incr J

Else

End If

If J = 2 Then

Enable Interrupts

Enable Int0

Reset S2 'blue

Set S3

Print "BLUE : " ; I

Count_b = I

Disable Interrupts

Disable Int0

I = 0

J = 0

Else

End If

Disable Interrupts

Disable Int0

'Loop

'banding data

Do

If Count_r > Count_g Then

If Count_r > Count_b Then

Do

If Sen1 = 0 Then

Incr K 'jumlah merah

Locate 2 , 14

Lcd K

Gosub Konv_stop

Gosub Pend_3_maju

Gosub Pend_3_stop

Gosub Pend_3_mundur

Gosub Pend_3_stop

Gosub Konv_maju

Wait 1

Goto Cek_sen_benda

Else

```
End If
Loop
Else
End If
Else
End If

If Count_g > Count_r Then
  If Count_g > Count_b Then
    Do
      If Sen2 = 0 Then
        Incr L           'jumlah hijau
        Locate 2 , 9
        Lcd L
        Gosub Konv_stop
        Gosub Pend_2_maju
        Gosub Pend_2_stop
        Gosub Pend_2_mundur
        Gosub Pend_2_stop
        Gosub Konv_maju
        Wait 1
        Goto Cek_sen_benda
      Else
      End If
    Loop
  Else
  End If
Else
End If
```

```

If Count_b > Count_g Then
  If Count_b > Count_r Then
    Do
      If Sen3 = 0 Then
        Incr M                'jumlah biru
        Locate 2 , 3
        Lcd M
        Gosub Konv_stop
        Gosub Pend_1_maju
        Gosub Pend_1_stop
        Gosub Pend_1_mundur
        Gosub Pend_1_stop
        Gosub Konv_maju
        Wait 1
        Goto Cek_sen_benda
      Else
        End If
    Loop
  Else
    End If
Else
  End If
Loop

Bitwait Sen4 , Set
Goto Cekkk
Loop

```


Pend_1_maju:

Set Out1a

Reset Out1b

Waitms 800

Return

Pend_1_mundur:

Reset Out1a

Set Out1b

Waitms 600

Return

Pend_1_stop:

Reset Out1a

Reset Out1b

Waitms 400

Return

Pend_2_maju:

Set Out2a

Reset Out2b

Waitms 800

Return

Pend_2_mundur:

Reset Out2a

Set Out2b

Waitms 700

Return

Pend_2_stop:

Reset Out2a

Reset Out2b

Waitms 400

Return

Pend_3_maju:

Set Out3a

Reset Out3b

Waitms 950

Return

Pend_3_mundur:

Reset Out3a

Set Out3b

Waitms 850

Return

Pend_3_stop:

Reset Out3a

Reset Out3b

Waitms 600

Return

Konv_mundur:

Set Rel1

Reset Rel2

Return

Konv_maju:

Set Rel1

Reset Rel2

Return

Konv_stop:

Reset Rel1

Reset Rel2

Return

Hitung:

Incr I

Return

Timer1_isr:

' untuk 1 kali interupsi/detik

Tcnt1l = Low(inisial)

Tcnt1h = High(inisial)

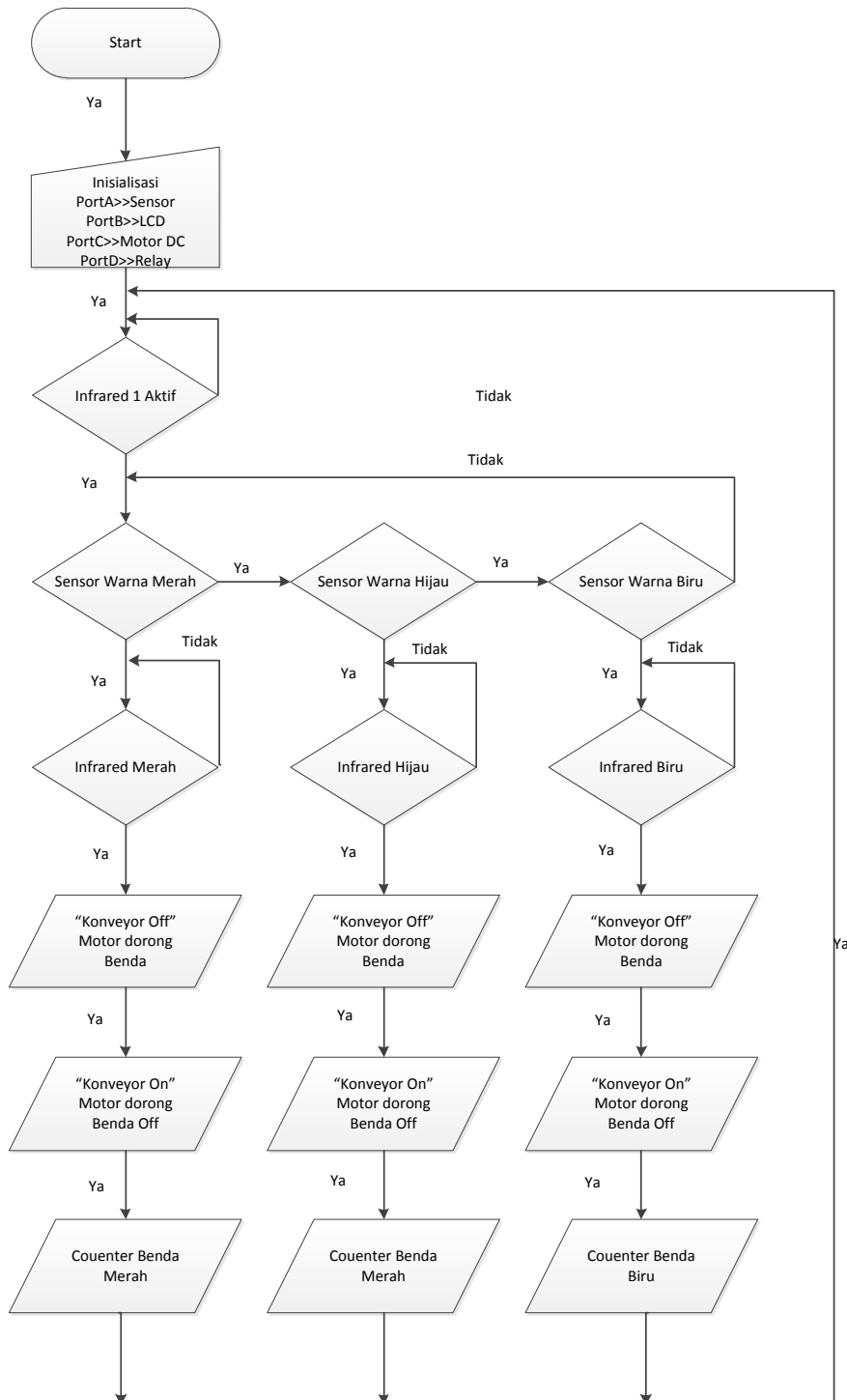
Incr J

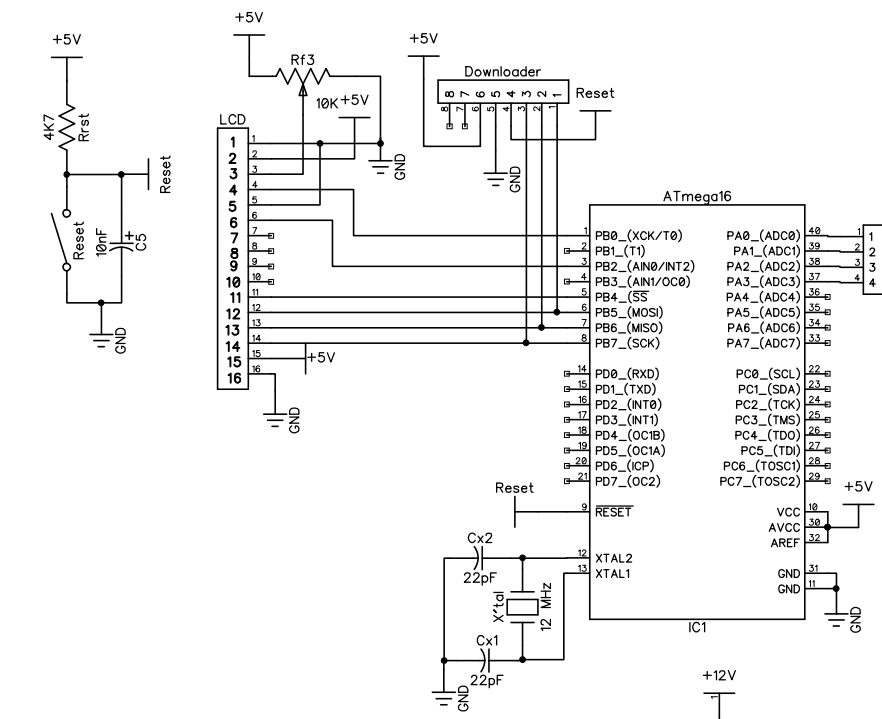
return

Lampiran 2

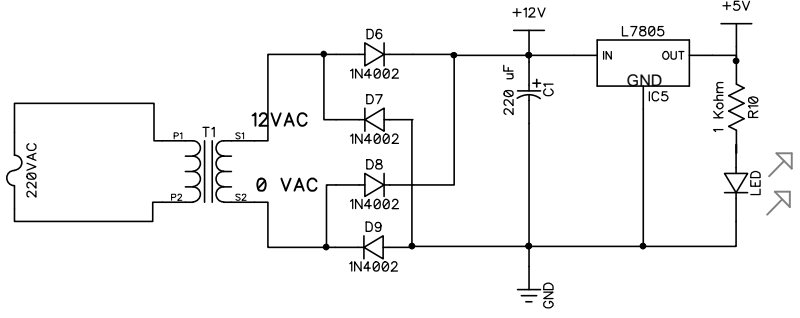
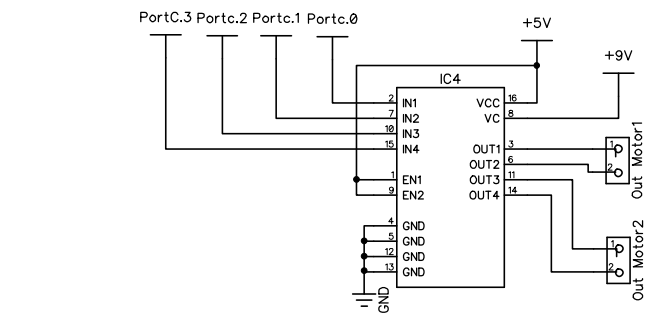
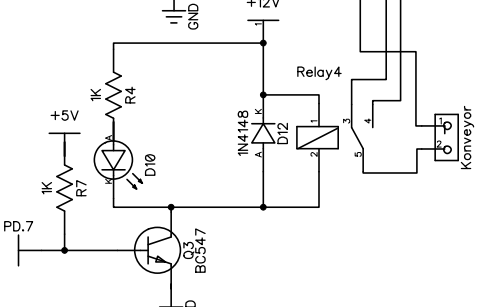
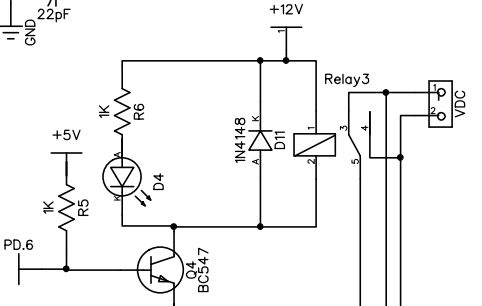
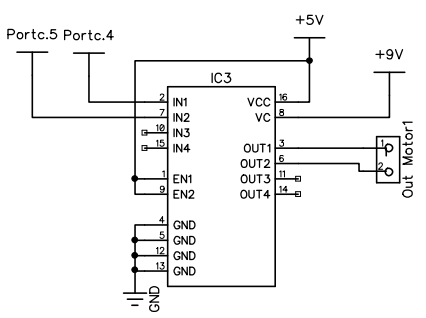
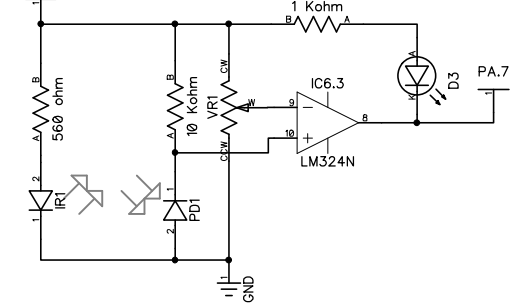
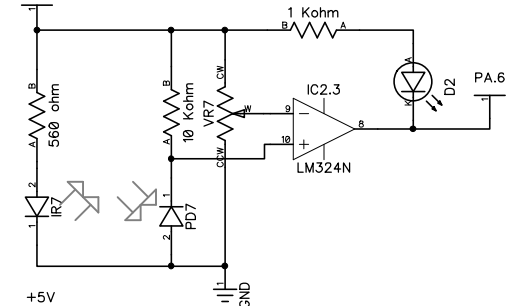
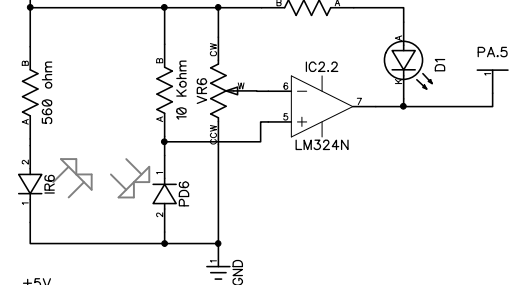
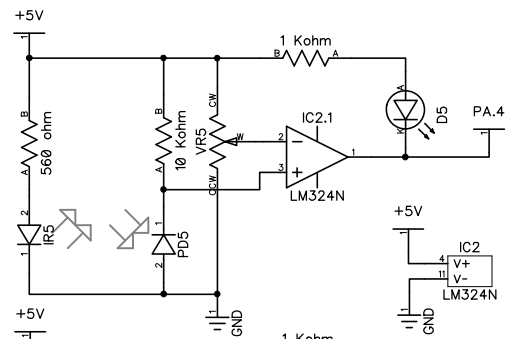
Flowchart

CONVEYOR PEMISAH BARANG BERDASARKAN WARNA BERBASIS
MIKROKONTROLER ATMEGA8535 MENGGUNAKAN SENSOR WARNA TCS3200





S0-S3 Modul Sensor Warna



LM124/LM224/LM324/LM2902

Low Power Quad Operational Amplifiers

General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

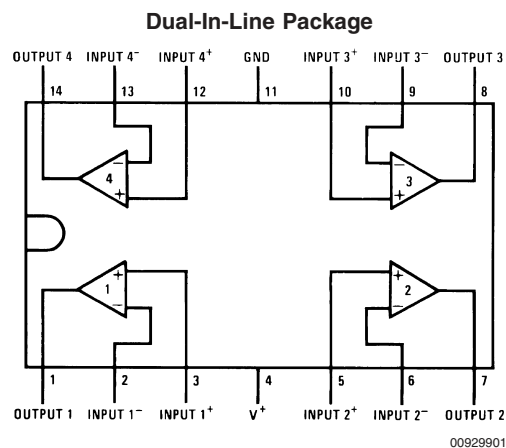
Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

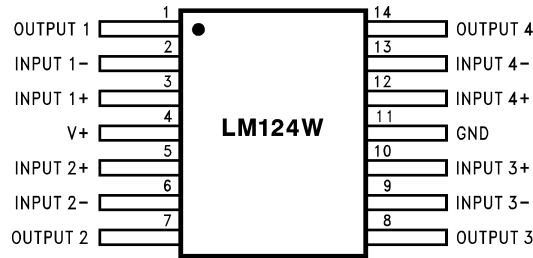
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
Single supply 3V to 32V
or dual supplies $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very low supply current drain (700 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA (temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV and offset current: 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to $V^+ - 1.5V$

Connection Diagrams



Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883 (Note 2), LM124AJ/883 (Note 1), LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324MX, LM324AM, LM324AMX, LM2902M, LM2902MX, LM324N, LM324AN, LM324MT, LM324MTX or LM2902N LM124AJRQML and LM124AJRQMLV (Note 3)
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

Connection Diagrams (Continued)



00929933

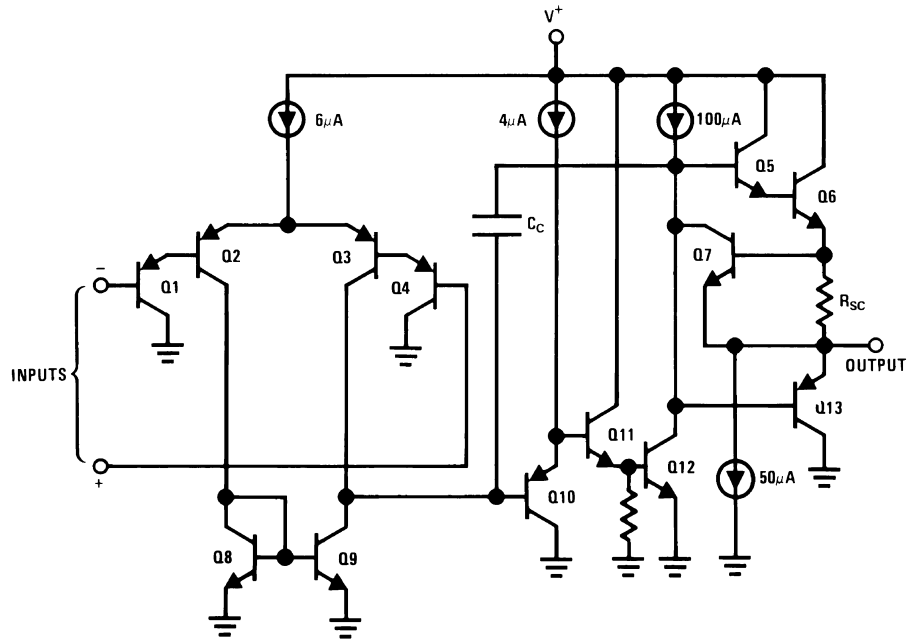
Order Number LM124AW/883, LM124AWG/883, LM124W/883 or LM124WG/883
 LM124AWRQML and LM124AWRQMLV(Note 3)
 See NS Package Number W14B
 LM124AWGRQML and LM124AWGRQMLV(Note 3)
 See NS Package Number WG14A

Note 1: LM124A available per JM38510/11006

Note 2: LM124 available per JM38510/11005

Note 3: See STD Mil DWG 5962R99504 for Radiation Tolerant Device

Schematic Diagram (Each Amplifier)



00929902

Absolute Maximum Ratings (Note 12)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/

Distributors for availability and specifications.

	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A	LM2902
Supply Voltage, V ⁺	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Input Current (V _{IN} < -0.3V) (Note 6)	50 mA	50 mA
Power Dissipation (Note 4)		
Molded DIP	1130 mW	1130 mW
Cavity DIP	1260 mW	1260 mW
Small Outline Package	800 mW	800 mW
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 5) V ⁺ ≤ 15V and T _A = 25°C	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range		-40°C to +85°C
LM324/LM324A	0°C to +70°C	
LM224/LM224A	-25°C to +85°C	
LM124/LM124A	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 13)	250V	250V

Electrical Characteristics

V⁺ = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) T _A = 25°C	1	2		1	3		2	3		mV
Input Bias Current (Note 9)	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C	20	50		40	80		45	100		nA
Input Offset Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C	2	10		2	15		5	30		nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	V ⁺ = 30V, (LM2902, V ⁺ = 26V), T _A = 25°C	0	V ⁺ -1.5		0	V ⁺ -1.5		0	V ⁺ -1.5		V
Supply Current	Over Full Temperature Range R _L = ∞ On All Op Amps V ⁺ = 30V (LM2902 V ⁺ = 26V) V ⁺ = 5V										mA
		1.5	3		1.5	3		1.5	3		
		0.7	1.2		0.7	1.2		0.7	1.2		
Large Signal Voltage Gain	V ⁺ = 15V, R _L ≥ 2kΩ, (V _O = 1V to 11V), T _A = 25°C	50	100		50	100		25	100		V/mV
Common-Mode	DC, V _{CM} = 0V to V ⁺ - 1.5V,	70	85		70	85		65	85		dB

Electrical Characteristics (Continued)V⁺ = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units		
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max			
Rejection Ratio	T _A = 25°C												
Power Supply Rejection Ratio	V ⁺ = 5V to 30V (LM2902, V ⁺ = 5V to 26V), T _A = 25°C	65	100		65	100		65	100		dB		
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)	f = 1 kHz to 20 kHz, T _A = 25°C (Input Referred)			-120			-120				dB		
Output Current	Source	V _{IN⁺} = 1V, V _{IN⁻} = 0V, V ⁺ = 15V, V _O = 2V, T _A = 25°C			20	40		20	40		mA		
	Sink	V _{IN⁻} = 1V, V _{IN⁺} = 0V, V ⁺ = 15V, V _O = 2V, T _A = 25°C			10	20		10	20				
		V _{IN⁻} = 1V, V _{IN⁺} = 0V, V ⁺ = 15V, V _O = 200 mV, T _A = 25°C			12	50		12	50		12	50	μA
Short Circuit to Ground	(Note 5) V ⁺ = 15V, T _A = 25°C			40	60		40	60		40	60	mA	
Input Offset Voltage	(Note 8)					4				4		5	mV
V _{OS} Drift	R _S = 0Ω			7	20		7	20		7	30	μV/°C	
Input Offset Current	I _{IN(+)} - I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V					30				30		75	nA
I _{OS} Drift	R _S = 0Ω			10	200		10	200		10	300	pA/°C	
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)}			40	100		40	100		40	200	nA	
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	V ⁺ = +30V (LM2902, V ⁺ = 26V)	0			V ⁺ -2		0		V ⁺ -2		0	V ⁺ -2	V
Large Signal Voltage Gain	V ⁺ = +15V (V _O Swing = 1V to 11V) R _L ≥ 2 kΩ			25			25			15			V/mV
Output Voltage Swing	V _{OH}	V ⁺ = 30V	R _L = 2 kΩ			26			26			26	V
		(LM2902, V ⁺ = 26V)	R _L = 10 kΩ			27	28		27	28		27	
	V _{OL}	V ⁺ = 5V, R _L = 10 kΩ			5	20		5	20		5	20	mV
Output Current	Source	V _O = 2V			V _{IN⁺} = +1V, V _{IN⁻} = 0V, V ⁺ = 15V			10	20		10	20	mA
	Sink				V _{IN⁻} = +1V, V _{IN⁺} = 0V, V ⁺ = 15V			10	15		5	8	

Electrical CharacteristicsV⁺ = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Input Offset Voltage	(Note 8) T _A = 25°C			2	5		2	7		2	7	mV
Input Bias Current (Note 9)	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C			45	150		45	250		45	250	nA
Input Offset Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C			3	30		5	50		5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	V ⁺ = 30V, (LM2902, V ⁺ = 26V), T _A = 25°C	0			V ⁺ -1.5		0	V ⁺ -1.5		0	V ⁺ -1.5	V

Electrical Characteristics (Continued)V⁺ = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Supply Current	Over Full Temperature Range R _L = ∞ On All Op Amps V ⁺ = 30V (LM2902 V ⁺ = 26V) V ⁺ = 5V		1.5	3		1.5	3		1.5	3	mA
			0.7	1.2		0.7	1.2		0.7	1.2	
Large Signal Voltage Gain	V ⁺ = 15V, R _L ≥ 2kΩ, (V _O = 1V to 11V), T _A = 25°C	50	100		25	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, V _{CM} = 0V to V ⁺ - 1.5V, T _A = 25°C	70	85		65	85		50	70		dB
Power Supply Rejection Ratio	V ⁺ = 5V to 30V (LM2902, V ⁺ = 5V to 26V), T _A = 25°C	65	100		65	100		50	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)	f = 1 kHz to 20 kHz, T _A = 25°C (Input Referred)		-120			-120			-120		dB
Output Current	Source V _{IN⁺} = 1V, V _{IN⁻} = 0V, V ⁺ = 15V, V _O = 2V, T _A = 25°C	20	40		20	40		20	40		mA
	Sink V _{IN⁻} = 1V, V _{IN⁺} = 0V, V ⁺ = 15V, V _O = 2V, T _A = 25°C	10	20		10	20		10	20		
	Sink V _{IN⁻} = 1V, V _{IN⁺} = 0V, V ⁺ = 15V, V _O = 200 mV, T _A = 25°C	12	50		12	50		12	50		μA
Short Circuit to Ground	(Note 5) V ⁺ = 15V, T _A = 25°C	40	60		40	60		40	60		mA
Input Offset Voltage	(Note 8)		7			9			10		mV
V _{OS} Drift	R _S = 0Ω		7			7			7		μV/°C
Input Offset Current	I _{IN(+)} - I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V			100			150		45	200	nA
I _{OS} Drift	R _S = 0Ω		10			10			10		pA/°C
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)}		40	300		40	500		40	500	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	V ⁺ = +30V (LM2902, V ⁺ = 26V)	0		V ⁺ -2	0		V ⁺ -2	0		V ⁺ -2	V
Large Signal Voltage Gain	V ⁺ = +15V (V _O Swing = 1V to 11V) R _L ≥ 2 kΩ	25			15			15			V/mV
Output Voltage Swing	V _{OH} V ⁺ = 30V (LM2902, V ⁺ = 26V)				26			22			V
	R _L = 2 kΩ										
	V _{OL} V ⁺ = 5V, R _L = 10 kΩ		5	20		5	20		5	100	mV
Output Current	Source V _O = 2V		10	20		10	20		10	20	mA
	Sink	V _{IN⁺} = +1V, V _{IN⁻} = 0V, V ⁺ = 15V									
	Sink	V _{IN⁻} = +1V, V _{IN⁺} = 0V, V ⁺ = 15V	5	8		5	8		5	8	

Note 4: For operating at high temperatures, the LM324/LM324A/LM2902 must be derated based on a +125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 88°C/W which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM224/LM224A and LM124/LM124A can be derated based on a +150°C maximum junction temperature. The dissipation is the total of all four amplifiers — use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

Note 5: Short circuits from the output to V⁺ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V⁺. At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

Note 6: This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action

Electrical Characteristics (Continued)

on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^+ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3V$ (at $25^\circ C$).

Note 7: These specifications are limited to $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ for the LM124/LM124A. With the LM224/LM224A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$, the LM324/LM324A temperature specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$, and the LM2902 specifications are limited to $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$.

Note 8: $V_O = 1.4V$, $R_S = 0\Omega$ with V^+ from 5V to 30V; and over the full input common-mode range (0V to $V^+ - 1.5V$) for LM2902, V^+ from 5V to 26V.

Note 9: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

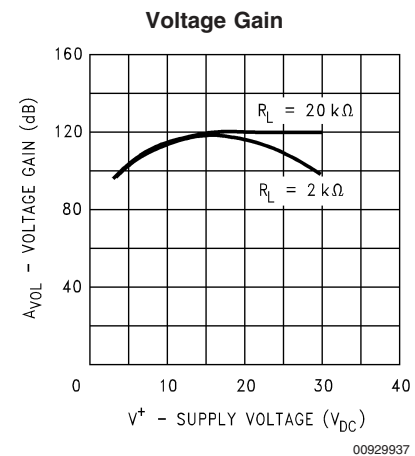
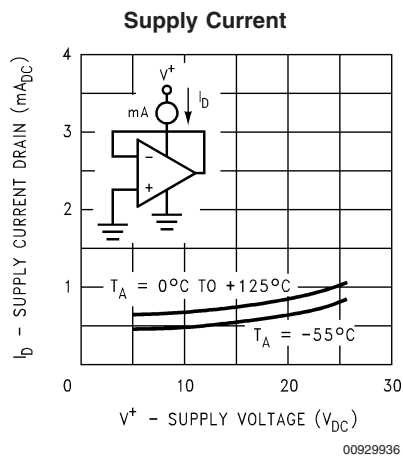
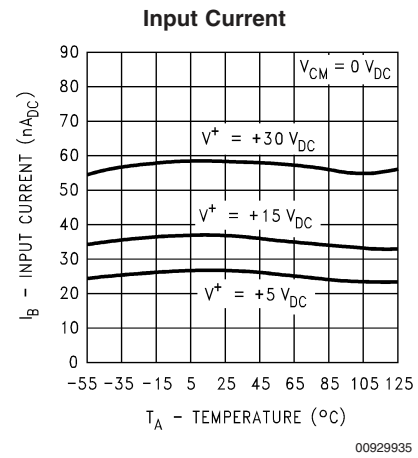
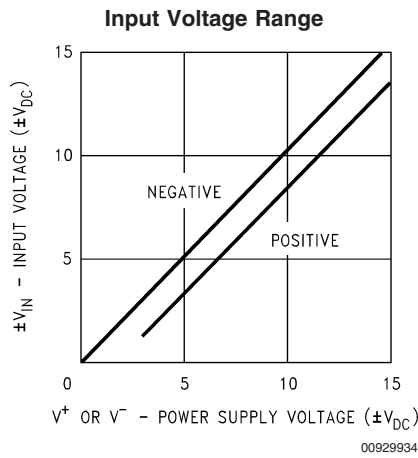
Note 10: The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V (at $25^\circ C$). The upper end of the common-mode voltage range is $V^+ - 1.5V$ (at $25^\circ C$), but either or both inputs can go to +32V without damage (+26V for LM2902), independent of the magnitude of V^+ .

Note 11: Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

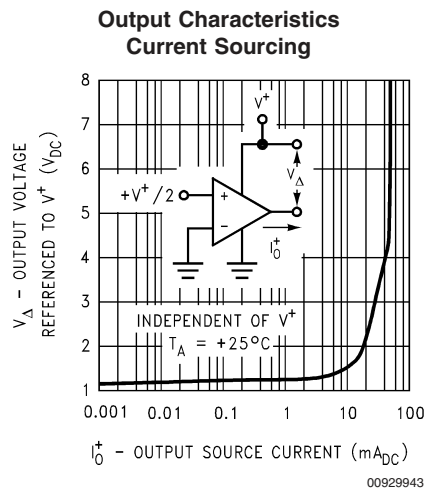
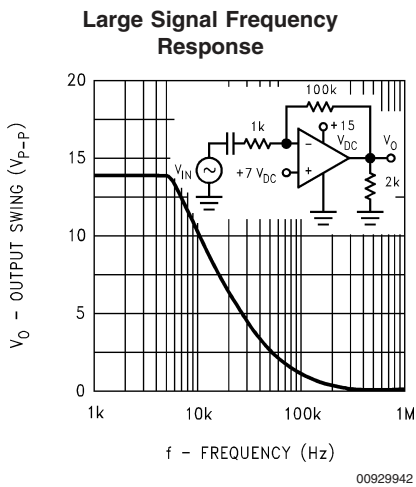
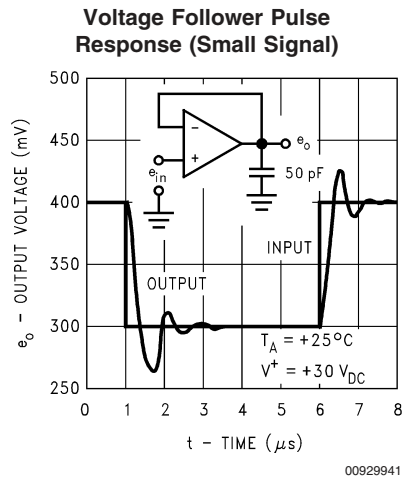
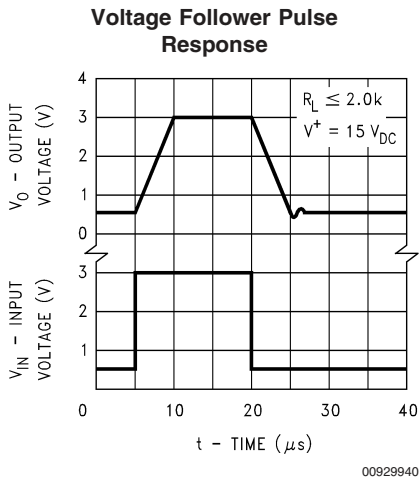
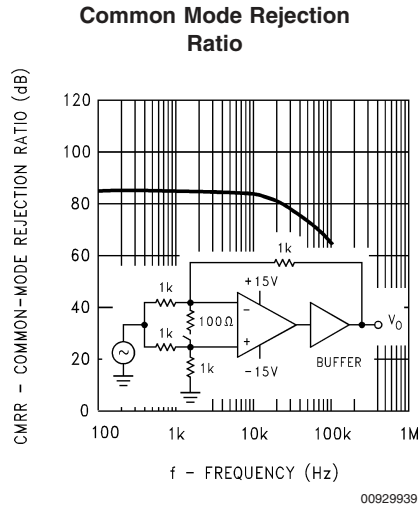
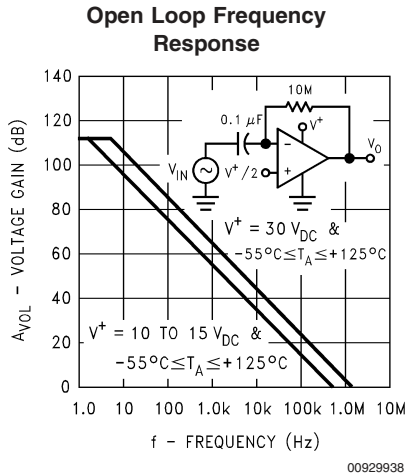
Note 12: Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124 military specifications.

Note 13: Human body model, 1.5 k Ω in series with 100 pF.

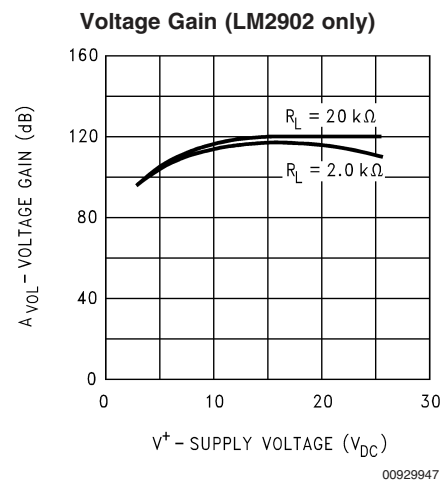
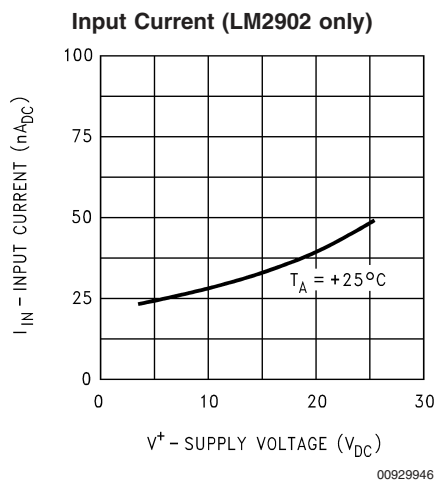
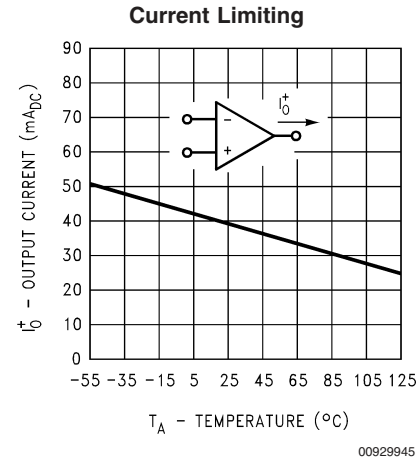
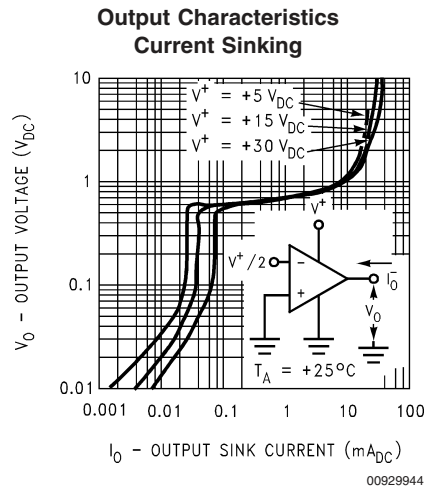
Typical Performance Characteristics



Typical Performance Characteristics (Continued)



Typical Performance Characteristics (Continued)



Application Hints

The LM124 series are op amps which operate with only a single power supply voltage, have true-differential inputs, and remain in the linear mode with an input common-mode voltage of $0 V_{DC}$. These amplifiers operate over a wide range of power supply voltage with little change in performance characteristics. At $25^\circ C$ amplifier operation is possible down to a minimum supply voltage of $2.3 V_{DC}$.

The pinouts of the package have been designed to simplify PC board layouts. Inverting inputs are adjacent to outputs for all of the amplifiers and the outputs have also been placed at the corners of the package (pins 1, 7, 8, and 14).

Precautions should be taken to insure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a test socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Large differential input voltages can be easily accommodated and, as input differential voltage protection diodes are not needed, no large input currents result from large differential input voltages. The differential input voltage may be larger than V^+ without damaging the device. Protection

should be provided to prevent the input voltages from going negative more than $-0.3 V_{DC}$ (at $25^\circ C$). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

To reduce the power supply drain, the amplifiers have a class A output stage for small signal levels which converts to class B in a large signal mode. This allows the amplifiers to both source and sink large output currents. Therefore both NPN and PNP external current boost transistors can be used to extend the power capability of the basic amplifiers. The output voltage needs to raise approximately 1 diode drop above ground to bias the on-chip vertical PNP transistor for output current sinking applications.

For ac applications, where the load is capacitively coupled to the output of the amplifier, a resistor should be used, from the output of the amplifier to ground to increase the class A bias current and prevent crossover distortion.

Where the load is directly coupled, as in dc applications, there is no crossover distortion.

Capacitive loads which are applied directly to the output of the amplifier reduce the loop stability margin. Values of $50 pF$ can be accommodated using the worst-case non-inverting unity gain connection. Large closed loop gains or resistive isolation should be used if larger load capacitance must be driven by the amplifier.

Application Hints (Continued)

The bias network of the LM124 establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of from $3 V_{DC}$ to $30 V_{DC}$.

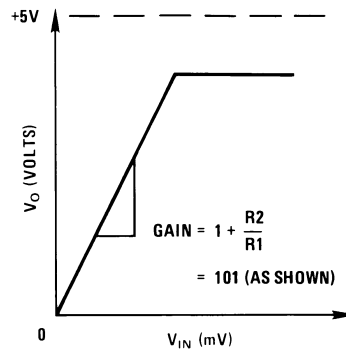
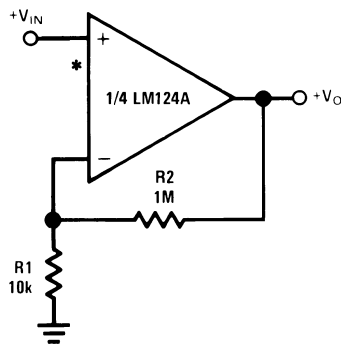
Output short circuits either to ground or to the positive power supply should be of short time duration. Units can be destroyed, not as a result of the short circuit current causing metal fusing, but rather due to the large increase in IC chip dissipation which will cause eventual failure due to excessive junction temperatures. Putting direct short-circuits on more than one amplifier at a time will increase the total IC power dissipation to destructive levels, if not properly protected with external dissipation limiting resistors in series with the output leads of the amplifiers. The larger value of

output source current which is available at 25°C provides a larger output current capability at elevated temperatures (see typical performance characteristics) than a standard IC op amp.

The circuits presented in the section on typical applications emphasize operation on only a single power supply voltage. If complementary power supplies are available, all of the standard op amp circuits can be used. In general, introducing a pseudo-ground (a bias voltage reference of $V^+/2$) will allow operation above and below this value in single power supply systems. Many application circuits are shown which take advantage of the wide input common-mode voltage range which includes ground. In most cases, input biasing is not required and input voltages which range to ground can easily be accommodated.

Typical Single-Supply Applications $(V^+ = 5.0 V_{DC})$

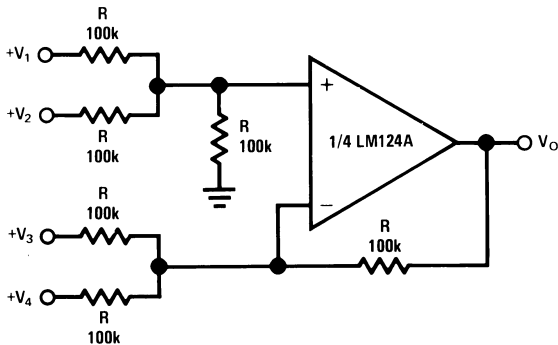
Non-Inverting DC Gain (0V Input = 0V Output)



00929905

*R not needed due to temperature independent I_{IN}

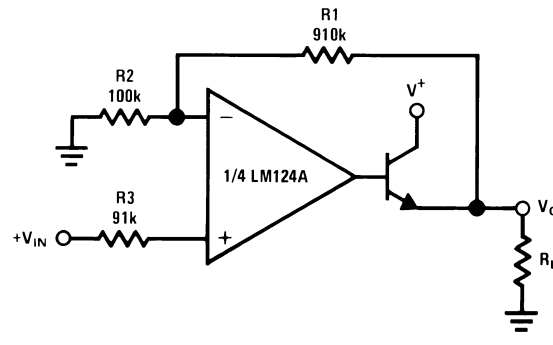
DC Summing Amplifier
 $(V_{IN'S} \geq 0 V_{DC} \text{ and } V_O \geq V_{DC})$



00929906

Where: $V_O = V_1 + V_2 - V_3 - V_4$
 $(V_1 + V_2) \geq (V_3 + V_4)$ to keep $V_O > 0 V_{DC}$

Power Amplifier

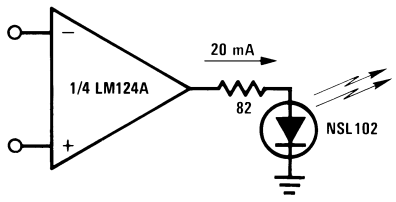


00929907

$V_O = 0 V_{DC}$ for $V_{IN} = 0 V_{DC}$
 $A_V = 10$

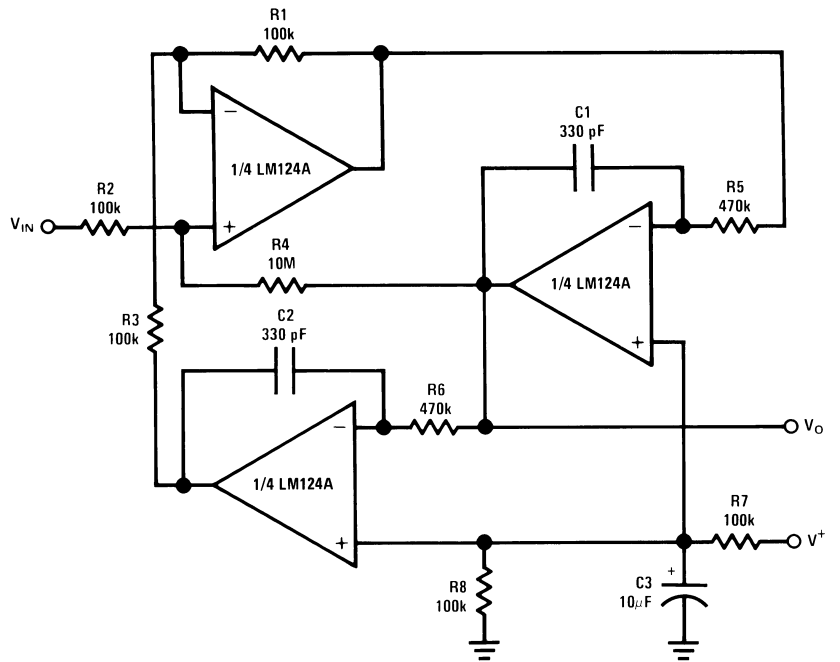
Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

LED Driver



00929908

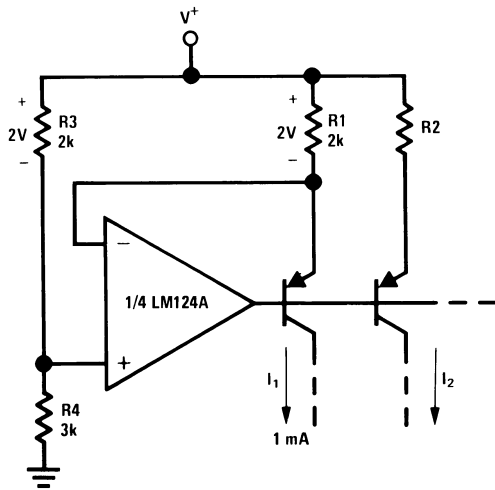
“BI-QUAD” RC Active Bandpass Filter



00929909

$f_o = 1 \text{ kHz}$
 $Q = 50$
 $A_V = 100 \text{ (40 dB)}$

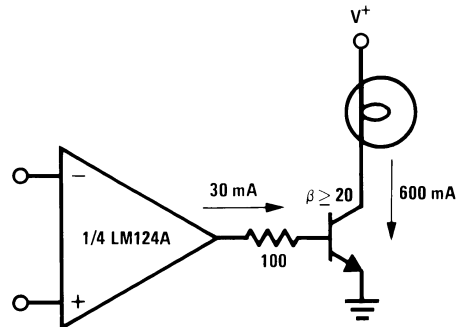
Fixed Current Sources



00929910

$$I_2 = \left(\frac{R_1}{R_2} \right) I_1$$

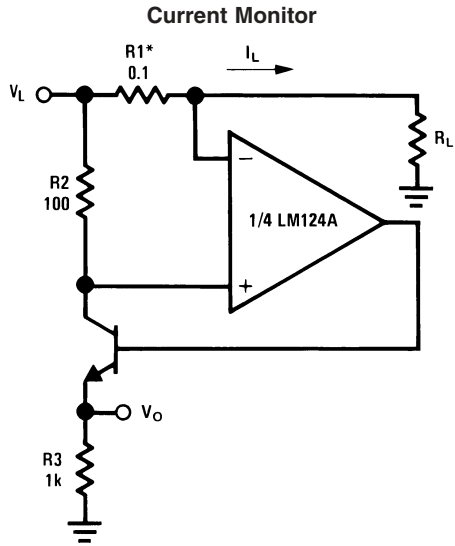
Lamp Driver



00929911

Typical Single-Supply Applications

($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

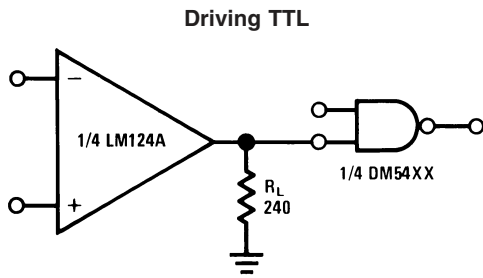


00929912

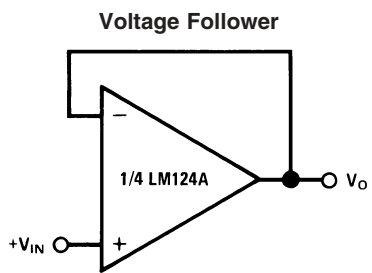
$$V_O = \frac{1V(I_L)}{1A}$$

$$V_L \leq V^+ - 2V$$

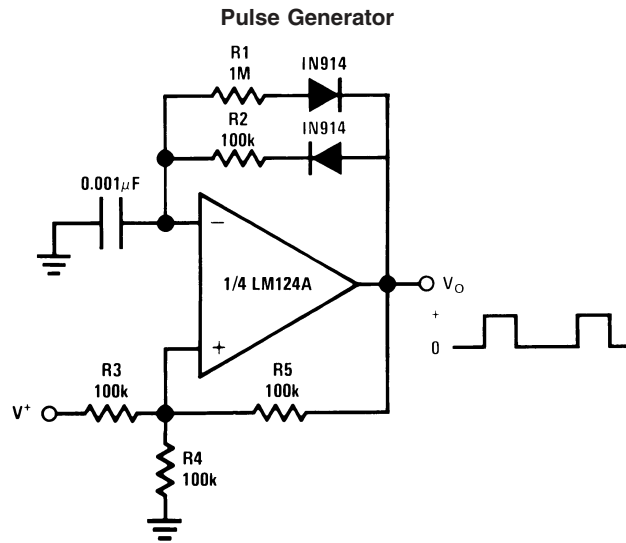
*(Increase R1 for I_L small)



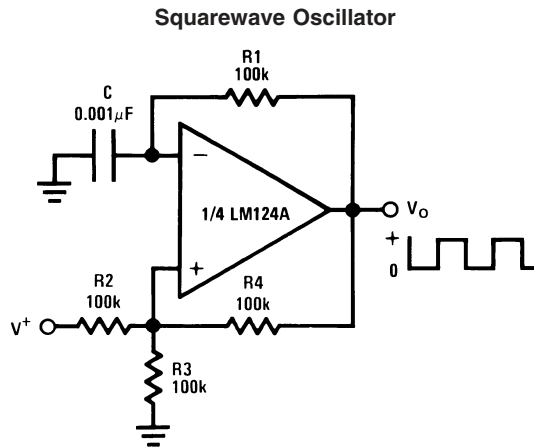
00929913



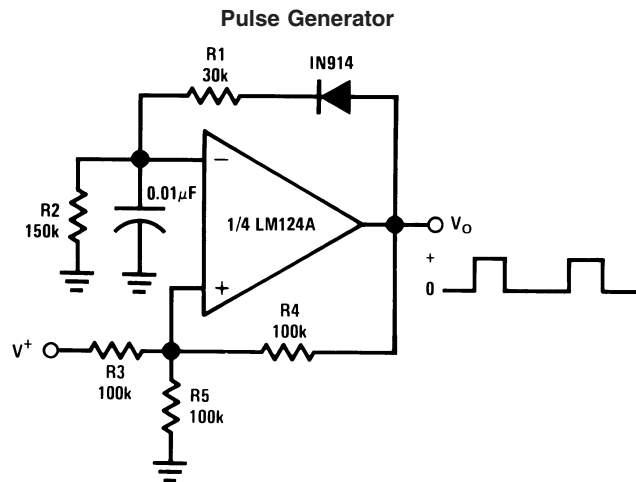
00929914



00929915



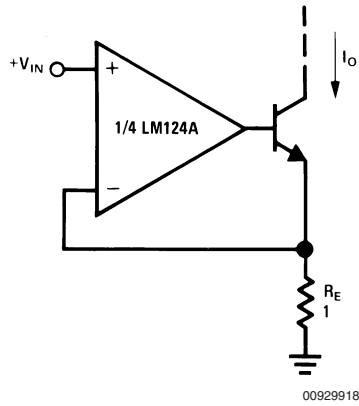
00929916



00929917

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

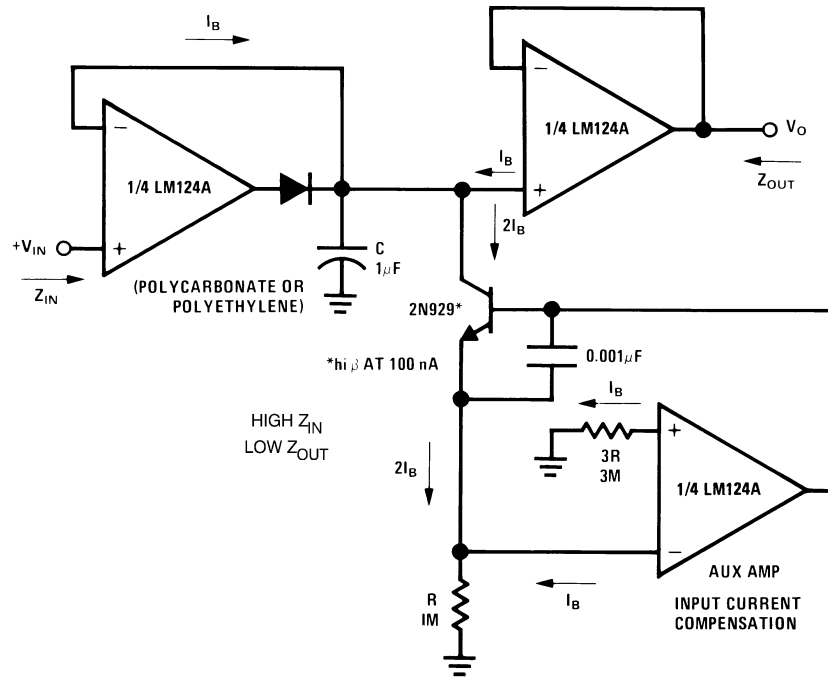
High Compliance Current Sink



00929918

$I_o = 1 \text{ amp/volt } V_{IN}$
 (Increase R_E for I_o small)

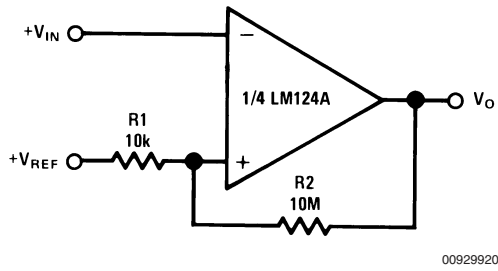
Low Drift Peak Detector



00929919

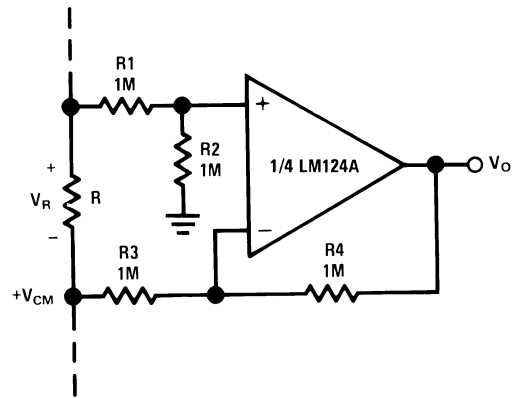
Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

Comparator with Hysteresis



00929920

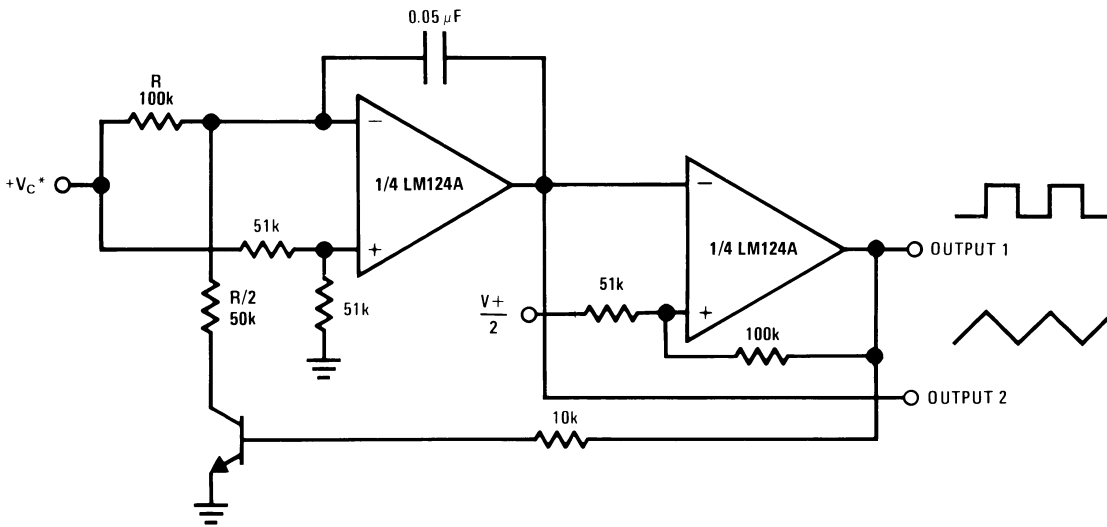
Ground Referencing a Differential Input Signal



00929921

$V_O = V_R$

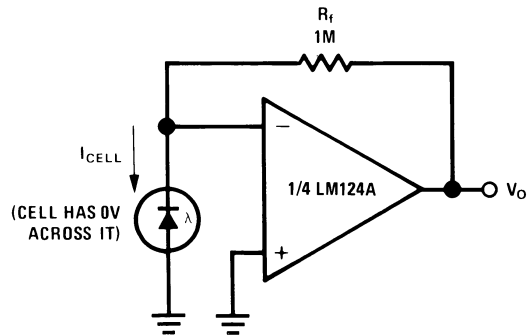
Voltage Controlled Oscillator Circuit



00929922

*Wide control voltage range: $0 V_{DC} \leq V_C \leq 2 (V^+ - 1.5 V_{DC})$

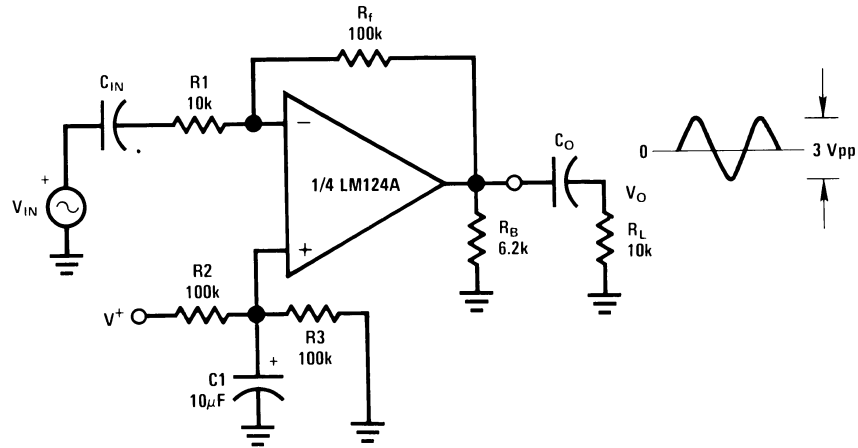
Photo Voltaic-Cell Amplifier



00929923

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

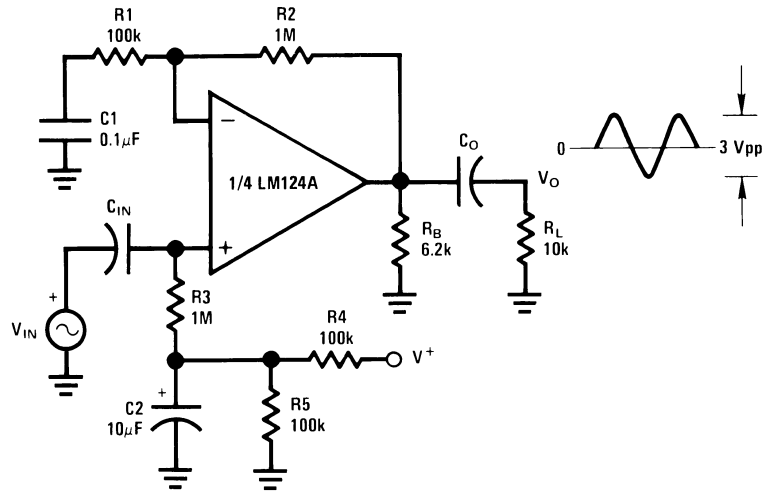
AC Coupled Inverting Amplifier



00929924

$$A_V = \frac{R_f}{R_1} \text{ (As shown, } A_V = 10 \text{)}$$

AC Coupled Non-Inverting Amplifier



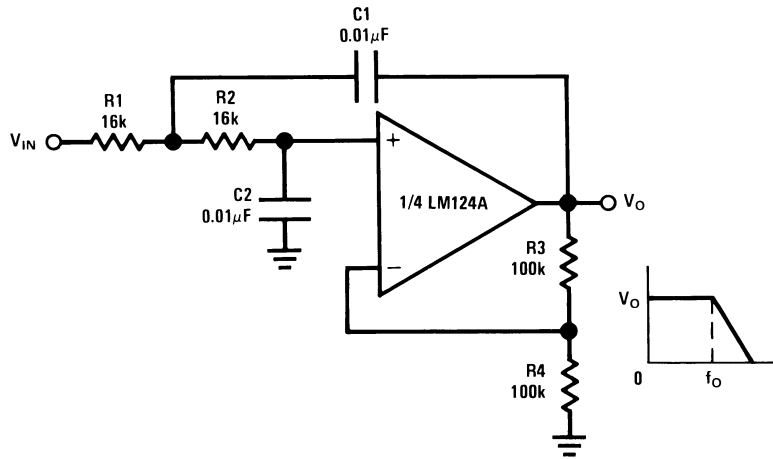
00929925

$$A_V = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$A_V = 11 \text{ (As shown)}$$

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

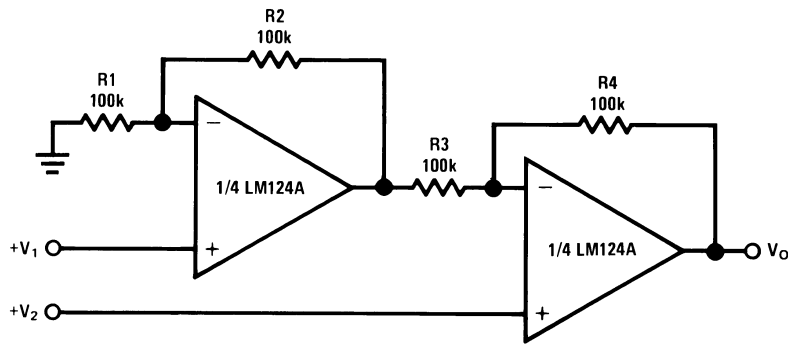
DC Coupled Low-Pass RC Active Filter



00929926

$f_0 = 1 \text{ kHz}$
 $Q = 1$
 $A_V = 2$

High Input Z, DC Differential Amplifier



00929927

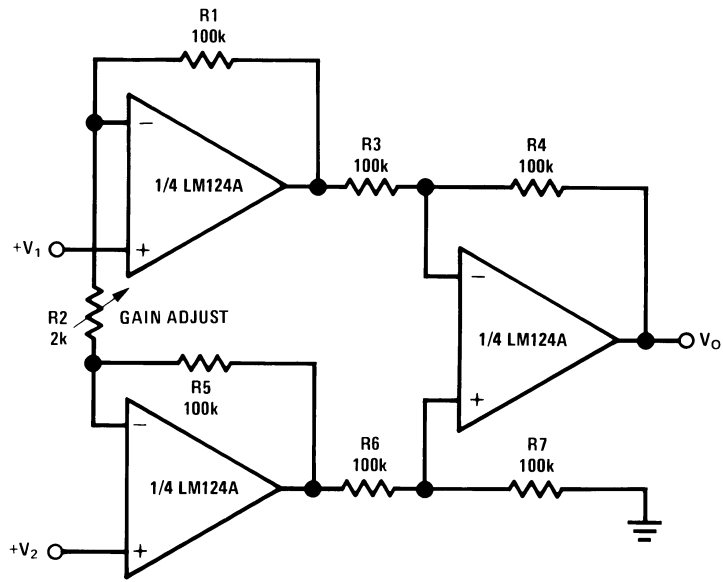
For $\frac{R1}{R2} = \frac{R4}{R3}$ (CMRR depends on this resistor ratio match)

$V_O = 1 + \frac{R4}{R3} (V_2 - V_1)$

As shown: $V_O = 2(V_2 - V_1)$

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

High Input Z Adjustable-Gain DC Instrumentation Amplifier



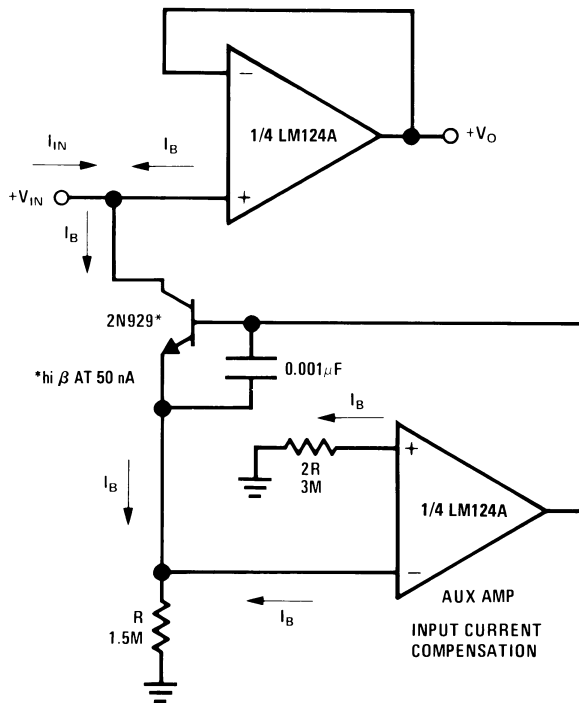
00929928

If $R1 = R5$ & $R3 = R4 = R6 = R7$ (CMRR depends on match)

$$V_O = 1 + \frac{2R1}{R2} (V_2 - V_1)$$

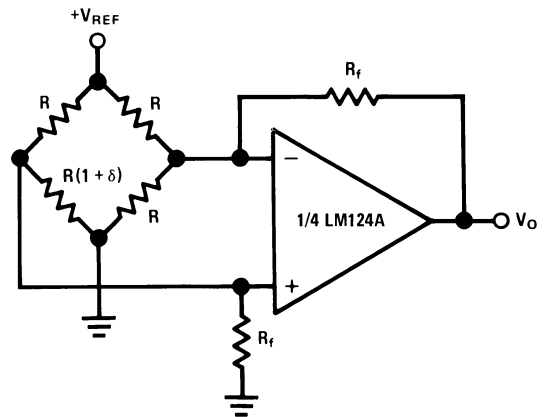
As shown $V_O = 101 (V_2 - V_1)$

Using Symmetrical Amplifiers to Reduce Input Current (General Concept)



00929929

Bridge Current Amplifier



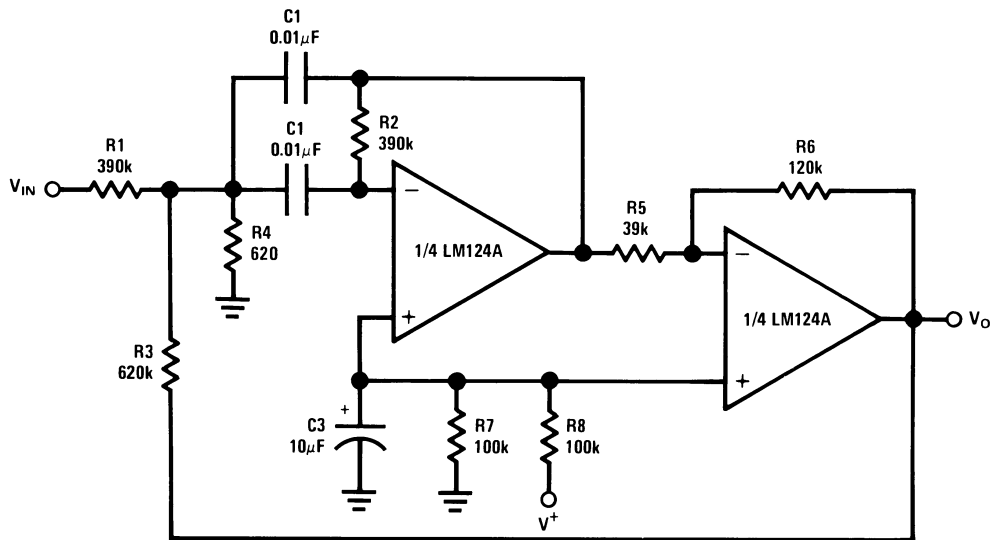
00929930

For $\delta \ll 1$ and $R_f \gg R$

$$V_O \approx V_{REF} \left(\frac{\delta}{2} \right) \frac{R_f}{R}$$

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

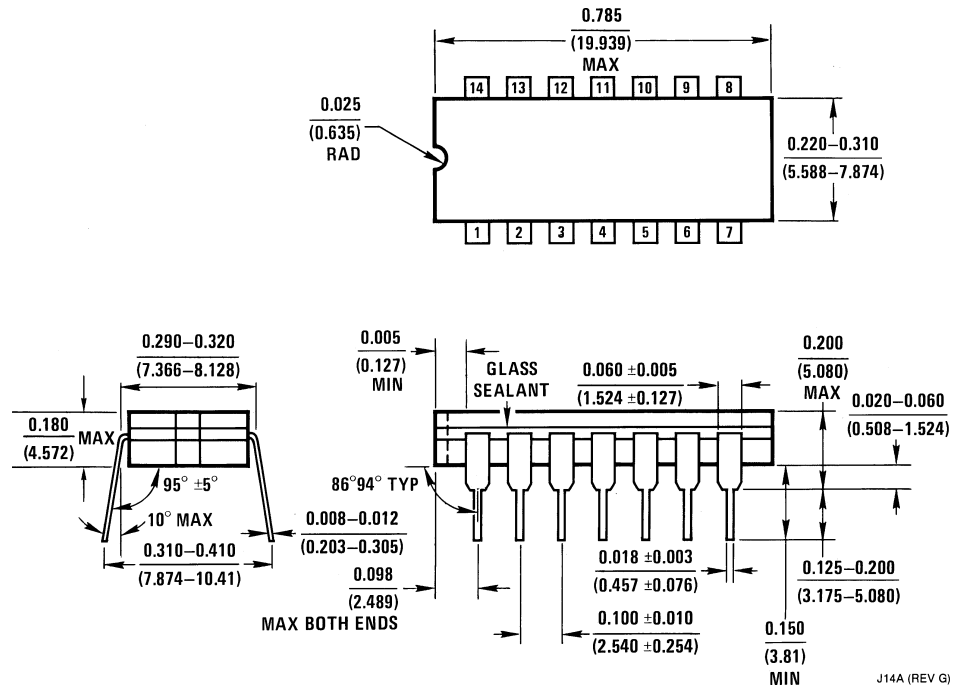
Bandpass Active Filter



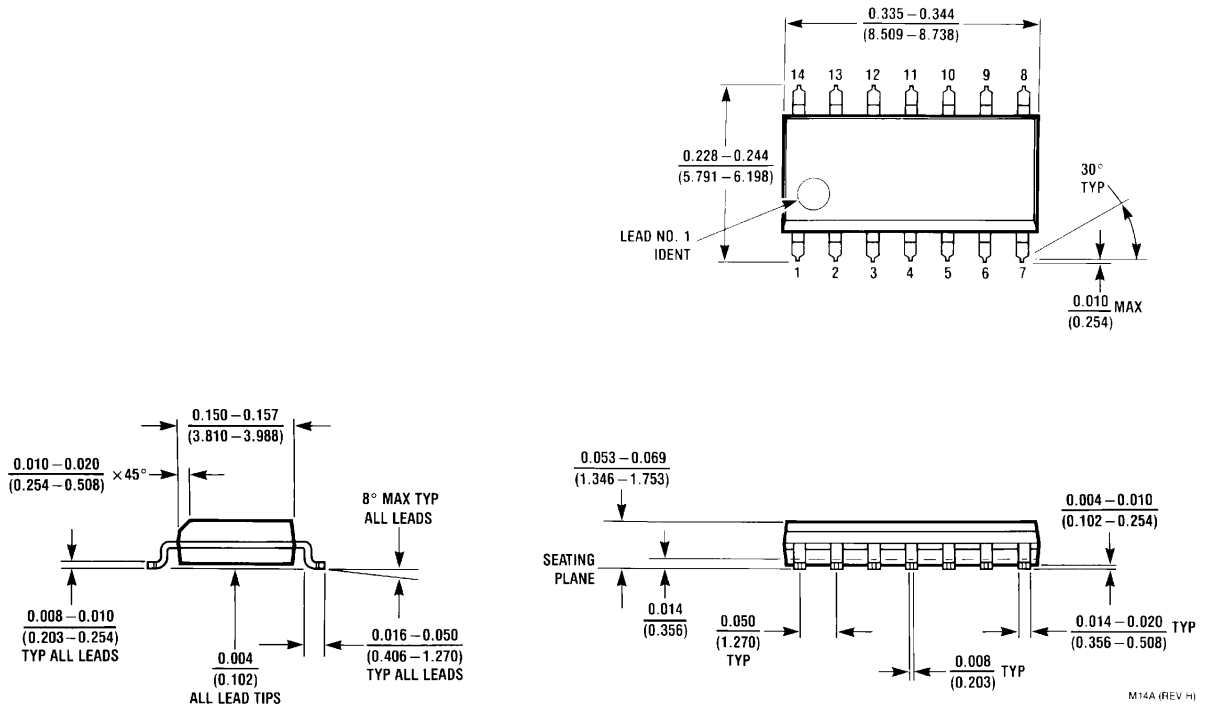
00929931

$f_0 = 1 \text{ kHz}$
 $Q = 25$

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted

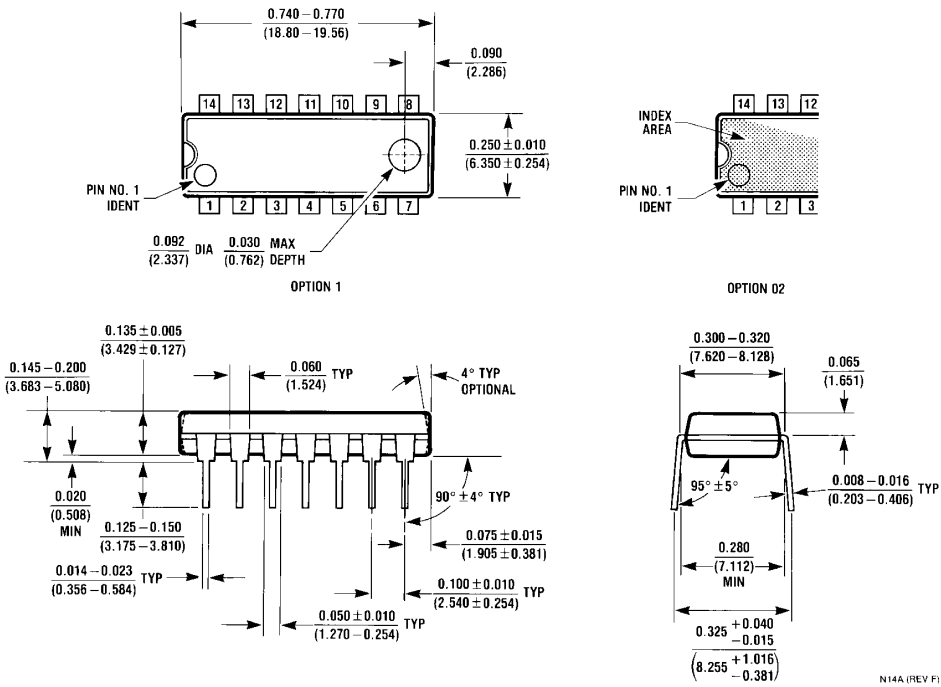


Ceramic Dual-In-Line Package (J)
 Order Number JL124ABCA, JL124BCA, JL124ASCA, JL124SCA, LM124J,
 LM124AJ, LM124AJ/883, LM124J/883, LM224J, LM224AJ or LM324J
 NS Package Number J14A

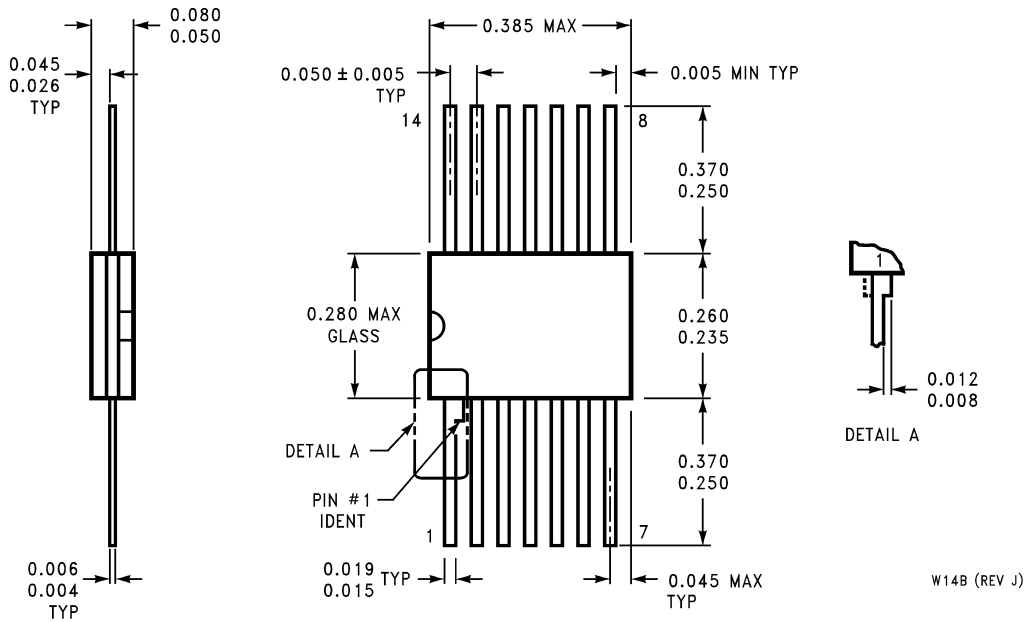


MX S.O. Package (M)
 Order Number LM324M, LM324MX, LM324AM, LM324AMX, LM2902M or LM2902MX
 NS Package Number M14A

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

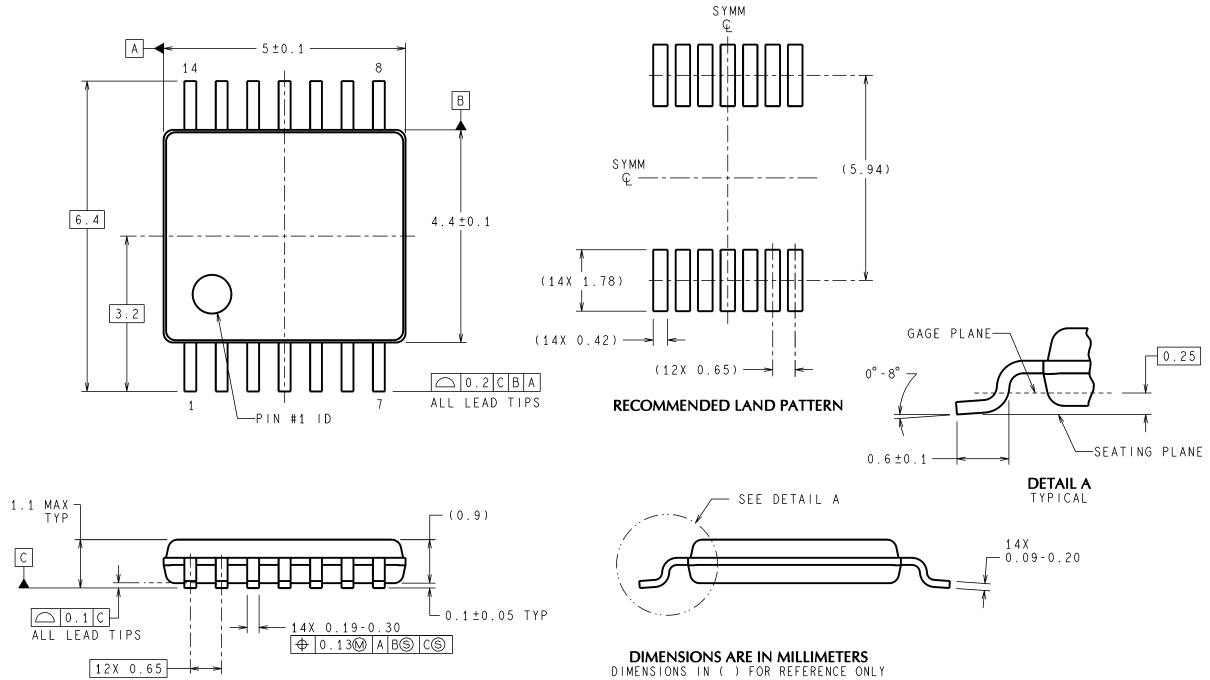


Molded Dual-In-Line Package (N)
 Order Number LM324N, LM324AN or LM2902N
 NS Package Number N14A



Ceramic Flatpak Package
 Order Number JL124ABDA, JL124ABZA, JL124ASDA, JL124BDA, JL124BZA,
 JL124SDA, LM124AW/883, LM124AWG/883, LM124W/883 or LM124WG/883
 NS Package Number W14B

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



14-Pin TSSOP
Order Number LM324MT or LM324MTX
NS Package Number MTC14

MTC14 (Rev D)

LIFE SUPPORT POLICY

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

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

BANNED SUBSTANCE COMPLIANCE

National Semiconductor certifies that the products and packing materials meet the provisions of the Customer Products Stewardship Specification (CSP-9-111C2) and the Banned Substances and Materials of Interest Specification (CSP-9-111S2) and contain no "Banned Substances" as defined in CSP-9-111S2.

National Semiconductor
Americas Customer Support Center
 Email: new.feedback@nsc.com
 Tel: 1-800-272-9959

National Semiconductor
Europe Customer Support Center
 Fax: +49 (0) 180-530 85 86
 Email: europe.support@nsc.com
 Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208
 English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
 Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor
Asia Pacific Customer Support Center
 Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor
Japan Customer Support Center
 Fax: 81-3-5639-7507
 Email: jpn.feedback@nsc.com
 Tel: 81-3-5639-7560

www.national.com

- High-Resolution Conversion of Light Intensity to Frequency
- Programmable Color and Full-Scale Output Frequency
- Communicates Directly With a Microcontroller
- Single-Supply Operation (2.7 V to 5.5 V)
- Power Down Feature
- Nonlinearity Error Typically 0.2% at 50 kHz
- Stable 200 ppm/°C Temperature Coefficient
- Low-Profile Lead (Pb) Free and RoHS Compliant Surface-Mount Package

Description

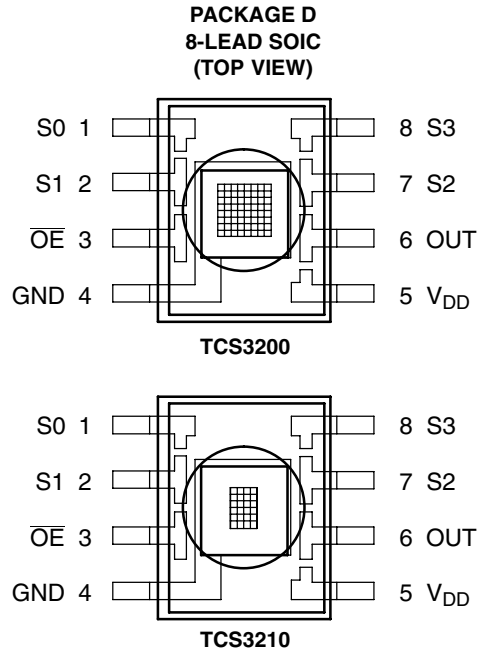
The TCS3200 and TCS3210 programmable color light-to-frequency converters that combine configurable silicon photodiodes and a current-to-frequency converter on a single monolithic CMOS integrated circuit. The output is a square wave (50% duty cycle) with frequency directly proportional to light intensity (irradiance).

The full-scale output frequency can be scaled by one of three preset values via two control input pins. Digital inputs and digital output allow direct interface to a microcontroller or other logic circuitry. Output enable (\overline{OE}) places the output in the high-impedance state for multiple-unit sharing of a microcontroller input line.

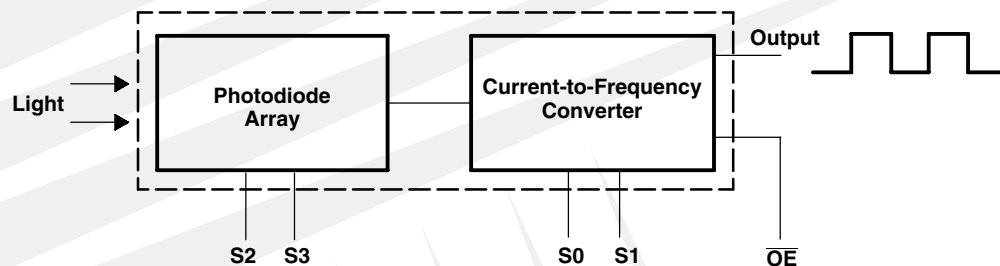
In the TCS3200, the light-to-frequency converter reads an 8 x 8 array of photodiodes. Sixteen photodiodes have blue filters, 16 photodiodes have green filters, 16 photodiodes have red filters, and 16 photodiodes are clear with no filters.

In the TCS3210, the light-to-frequency converter reads a 4 x 6 array of photodiodes. Six photodiodes have blue filters, 6 photodiodes have green filters, 6 photodiodes have red filters, and 6 photodiodes are clear with no filters.

The four types (colors) of photodiodes are interdigitated to minimize the effect of non-uniformity of incident irradiance. All photodiodes of the same color are connected in parallel. Pins S2 and S3 are used to select which group of photodiodes (red, green, blue, clear) are active. Photodiodes are 110 μm x 110 μm in size and are on 134- μm centers.



Functional Block Diagram



TCS3200, TCS3210 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER

TAOS099 – JULY 2009

Terminal Functions

TERMINAL NAME	NO.	I/O	DESCRIPTION
GND	4		Power supply ground. All voltages are referenced to GND.
\overline{OE}	3	I	Enable for f_o (active low).
OUT	6	O	Output frequency (f_o).
S0, S1	1, 2	I	Output frequency scaling selection inputs.
S2, S3	7, 8	I	Photodiode type selection inputs.
V_{DD}	5		Supply voltage

Table 1. Selectable Options

S0	S1	OUTPUT FREQUENCY SCALING (f_o)
L	L	Power down
L	H	2%
H	L	20%
H	H	100%

S2	S3	PHOTODIODE TYPE
L	L	Red
L	H	Blue
H	L	Clear (no filter)
H	H	Green

Available Options

DEVICE	T_A	PACKAGE – LEADS	PACKAGE DESIGNATOR	ORDERING NUMBER
TCS3200	–40°C to 85°C	SOIC–8	D	TCS3200D
TCS3210	–40°C to 85°C	SOIC–8	D	TCS3210D

Absolute Maximum Ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{DD} (see Note 1)	6 V
Input voltage range, all inputs, V_I	–0.3 V to $V_{DD} + 0.3$ V
Operating free-air temperature range, T_A (see Note 2)	–40°C to 85°C
Storage temperature range (see Note 2)	–40°C to 85°C
Solder conditions in accordance with JEDEC J–STD–020A, maximum temperature (see Note 3)	260°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 under “recommended operating conditions” is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES:
1. All voltage values are with respect to GND.
 2. Long-term storage or operation above 70°C could cause package yellowing that will lower the sensitivity to wavelengths < 500nm.
 3. The device may be hand soldered provided that heat is applied only to the solder pad and no contact is made between the tip of the solder iron and the device lead. The maximum time heat should be applied to the device is 5 seconds.

Recommended Operating Conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{DD}		2.7	5	5.5	V
High-level input voltage, V_{IH}	$V_{DD} = 2.7$ V to 5.5 V	2		V_{DD}	V
Low-level input voltage, V_{IL}	$V_{DD} = 2.7$ V to 5.5 V	0		0.8	V
Operating free-air temperature range, T_A		–40		70	°C

Electrical Characteristics at $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = 5$ V (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{OH}	High-level output voltage	$I_{OH} = -2$ mA		4	4.5		V
V_{OL}	Low-level output voltage	$I_{OL} = 2$ mA			0.25	0.40	V
I_{IH}	High-level input current					5	μA
I_{IL}	Low-level input current					5	μA
I_{DD}	Supply current	Power-on mode			1.4	2	mA
		Power-down mode				0.1	μA
	Full-scale frequency (See Note 4)	$S0 = H, S1 = H$		500	600		kHz
		$S0 = H, S1 = L$		100	120		kHz
		$S0 = L, S1 = H$		10	12		kHz
	Temperature coefficient of responsivity	$\lambda \leq 700$ nm, $-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$			±200		ppm/°C
k_{SVS}	Supply voltage sensitivity	$V_{DD} = 5$ V ±10%			±0.5		%/V

NOTE 4: Full-scale frequency is the maximum operating frequency of the device without saturation.

TCS3200, TCS3210 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER

TAOS099 – JULY 2009

Operating Characteristics at $V_{DD} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $S_0 = \text{H}$, $S_1 = \text{H}$ (unless otherwise noted)
(See Notes 5, 6, 7, and 8). Values for TCS3200 (TCS3210) are below.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	CLEAR PHOTODIODE S2 = H, S3 = L			BLUE PHOTODIODE S2 = L, S3 = H			GREEN PHOTODIODE S2 = H, S3 = H			RED PHOTODIODE S2 = L, S3 = L			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
f_O Output frequency (Note 9)	$E_e = 47.2\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$, $\lambda_p = 470\ \text{nm}$	12.5 (4.7)	15.6 (5.85)	18.7 (7)	61%	84%	22%	43%	0%	6%	kHz			
	$E_e = 40.4\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$, $\lambda_p = 524\ \text{nm}$	12.5 (4.7)	15.6 (5.85)	18.7 (7)	8%	28%	57%	80%	9%	27%				
	$E_e = 34.6\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$, $\lambda_p = 640\ \text{nm}$	13.1 (4.9)	16.4 (6.15)	19.7 (7.4)	5%	21%	0%	12%	84%	105%				
R_e Irradiance responsivity (Note 10)	$\lambda_p = 470\ \text{nm}$	331 (124)			61%	84%	22%	43%	0%	6%	Hz/ ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)			
	$\lambda_p = 524\ \text{nm}$	386 (145)			8%	28%	57%	80%	9%	27%				
	$\lambda_p = 640\ \text{nm}$	474 (178)			5%	21%	0%	12%	84%	105%				
Saturation irradiance (Note 11)	$\lambda_p = 470\ \text{nm}$	1813 (4839)			--	--	--	--	--	--	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$			
	$\lambda_p = 524\ \text{nm}$	1554 (4138)			--	--	--	--	--	--				
	$\lambda_p = 640\ \text{nm}$	1266 (3371)			--	--	--	--	--	--				
f_D Dark frequency	$E_e = 0$	2	10	2	10	2	10	2	10	Hz				
Nonlinearity (Note 12)	$f_O = 0$ to 5 kHz	± 0.1			± 0.1			± 0.1			% F.S.			
	$f_O = 0$ to 50 kHz	± 0.2			± 0.2			± 0.2						
	$f_O = 0$ to 500 kHz	± 0.5			± 0.5			± 0.5						
Recovery from power down		100			100			100			μs			
Response time to output enable ($\overline{\text{OE}}$)		100			100			100			ns			

- NOTES: 5. Optical measurements are made using small-angle incident radiation from a light-emitting diode (LED) optical source.
6. The 470 nm input irradiance is supplied by an InGaN light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength $\lambda_p = 470\ \text{nm}$, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2} = 35\ \text{nm}$, and luminous efficacy = 75 lm/W.
7. The 524 nm input irradiance is supplied by an InGaN light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength $\lambda_p = 524\ \text{nm}$, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2} = 47\ \text{nm}$, and luminous efficacy = 520 lm/W.
8. The 640 nm input irradiance is supplied by a AlInGaP light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength $\lambda_p = 640\ \text{nm}$, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2} = 17\ \text{nm}$, and luminous efficacy = 155 lm/W.
9. Output frequency Blue, Green, Red percentage represents the ratio of the respective color to the Clear channel absolute value.
10. Irradiance responsivity R_e is characterized over the range from zero to 5 kHz.
11. Saturation irradiance = (full-scale frequency)/(irradiance responsivity) for the Clear reference channel.
12. Nonlinearity is defined as the deviation of f_O from a straight line between zero and full scale, expressed as a percent of full scale.

TYPICAL CHARACTERISTICS

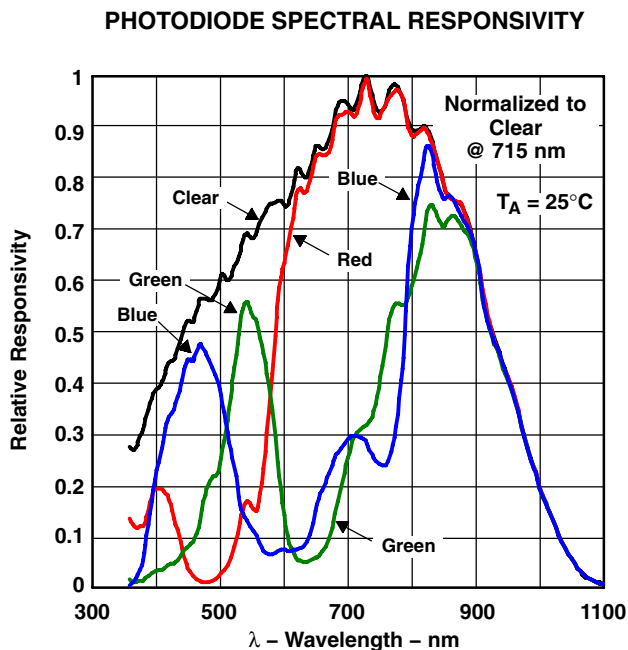


Figure 1

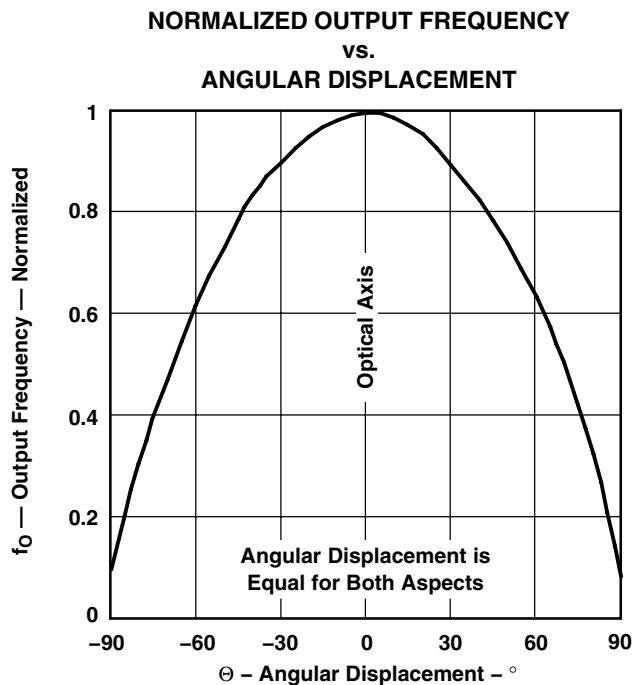


Figure 2

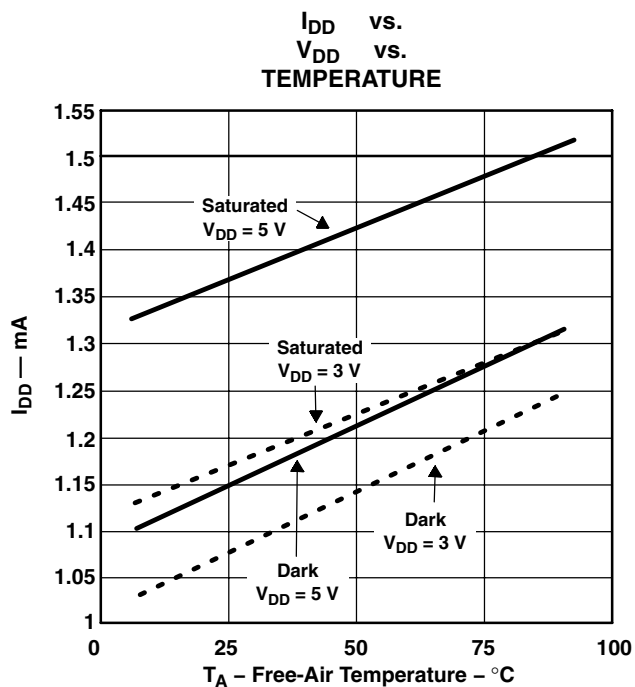


Figure 3

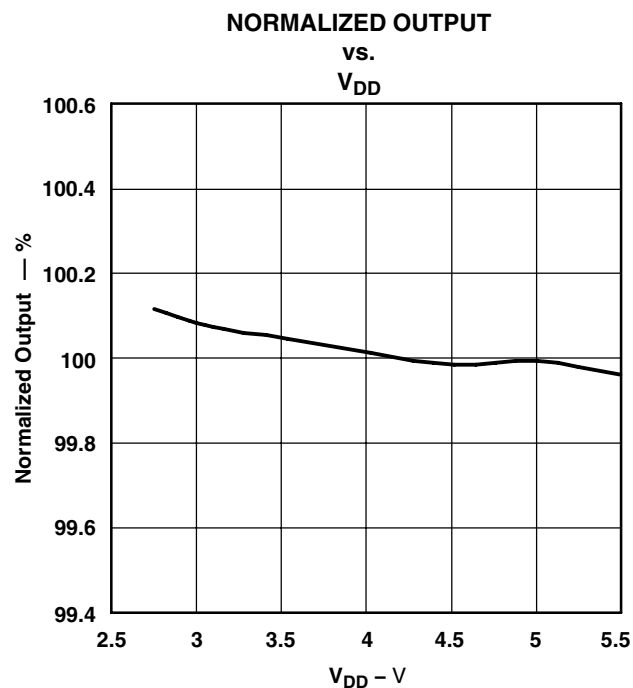


Figure 4



TYPICAL CHARACTERISTICS

PHOTODIODE RESPONSIVITY TEMPERATURE COEFFICIENT
vs.
WAVELENGTH OF INCIDENT LIGHT

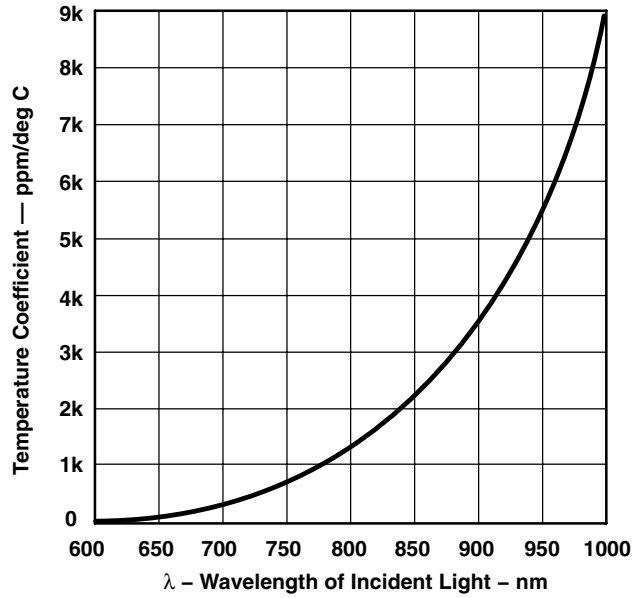


Figure 5

APPLICATION INFORMATION

Power supply considerations

Power-supply lines must be decoupled by a 0.01- μ F to 0.1- μ F capacitor with short leads mounted close to the device package.

Input interface

A low-impedance electrical connection between the device \overline{OE} pin and the device GND pin is required for improved noise immunity. All input pins must be either driven by a logic signal or connected to VDD or GND — they should not be left unconnected (floating).

Output interface

The output of the device is designed to drive a standard TTL or CMOS logic input over short distances. If lines greater than 12 inches are used on the output, a buffer or line driver is recommended.

A high state on Output Enable (OE) places the output in a high-impedance state for multiple-unit sharing of a microcontroller input line.

Power down

Powering down the sensor using S0/S1 (L/L) will cause the output to be held in a high-impedance state. This is similar to the behavior of the output enable pin, however powering down the sensor saves significantly more power than disabling the sensor with the output enable pin.

Photodiode type (color) selection

The type of photodiode (blue, green, red, or clear) used by the device is controlled by two logic inputs, S2 and S3 (see Table 1).

Output frequency scaling

Output-frequency scaling is controlled by two logic inputs, S0 and S1. The internal light-to-frequency converter generates a fixed-pulsewidth pulse train. Scaling is accomplished by internally connecting the pulse-train output of the converter to a series of frequency dividers. Divided outputs are 50%-duty cycle square waves with relative frequency values of 100%, 20%, and 2%. Because division of the output frequency is accomplished by counting pulses of the principal internal frequency, the final-output period represents an average of the multiple periods of the principle frequency.

The output-scaling counter registers are cleared upon the next pulse of the principal frequency after any transition of the S0, S1, S2, S3, and \overline{OE} lines. The output goes high upon the next subsequent pulse of the principal frequency, beginning a new valid period. This minimizes the time delay between a change on the input lines and the resulting new output period. The response time to an input programming change or to an irradiance step change is one period of new frequency plus 1 μ s. The scaled output changes both the full-scale frequency and the dark frequency by the selected scale factor.

The frequency-scaling function allows the output range to be optimized for a variety of measurement techniques. The scaled-down outputs may be used where only a slower frequency counter is available, such as low-cost microcontroller, or where period measurement techniques are used.



APPLICATION INFORMATION

Measuring the frequency

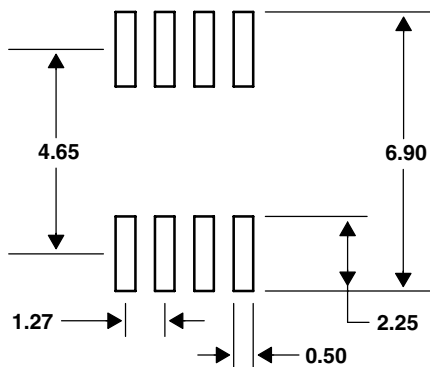
The choice of interface and measurement technique depends on the desired resolution and data acquisition rate. For maximum data-acquisition rate, period-measurement techniques are used.

Output data can be collected at a rate of twice the output frequency or one data point every microsecond for full-scale output. Period measurement requires the use of a fast reference clock with available resolution directly related to reference clock rate. Output scaling can be used to increase the resolution for a given clock rate or to maximize resolution as the light input changes. Period measurement is used to measure rapidly varying light levels or to make a very fast measurement of a constant light source.

Maximum resolution and accuracy may be obtained using frequency-measurement, pulse-accumulation, or integration techniques. Frequency measurements provide the added benefit of averaging out random- or high-frequency variations (jitter) resulting from noise in the light signal. Resolution is limited mainly by available counter registers and allowable measurement time. Frequency measurement is well suited for slowly varying or constant light levels and for reading average light levels over short periods of time. Integration (the accumulation of pulses over a very long period of time) can be used to measure exposure, the amount of light present in an area over a given time period.

PCB Pad Layout

Suggested PCB pad layout guidelines for the D package are shown in Figure 6.



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.
- B. This drawing is subject to change without notice.

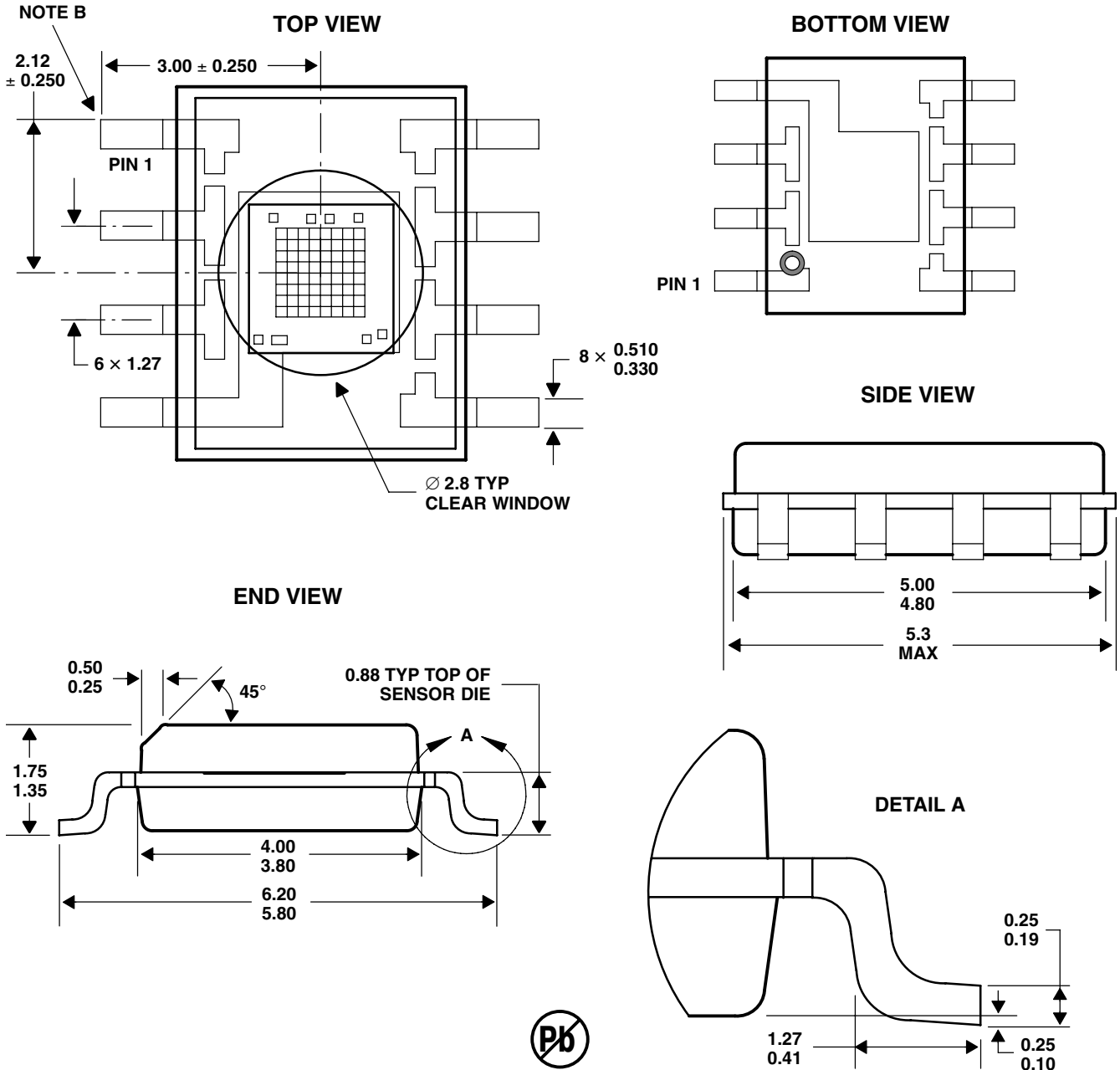
Figure 6. Suggested D Package PCB Layout

MECHANICAL INFORMATION

This SOIC package consists of an integrated circuit mounted on a lead frame and encapsulated with an electrically nonconductive clear plastic compound. The TCS3200 has an 8 × 8 array of photodiodes with a total size of 1 mm by 1 mm. The photodiodes are 110 μm × 110 μm in size and are positioned on 134 μm centers.

PACKAGE D

PLASTIC SMALL-OUTLINE



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.
 B. The center of the 1-mm by 1-mm photo-active area is referenced to the upper left corner tip of the lead frame (Pin 1).
 C. Package is molded with an electrically nonconductive clear plastic compound having an index of refraction of 1.55.
 D. This drawing is subject to change without notice.

Figure 7. Package D — TCS3200 Plastic Small Outline IC Packaging Configuration

TCS3200, TCS3210
PROGRAMMABLE
COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER

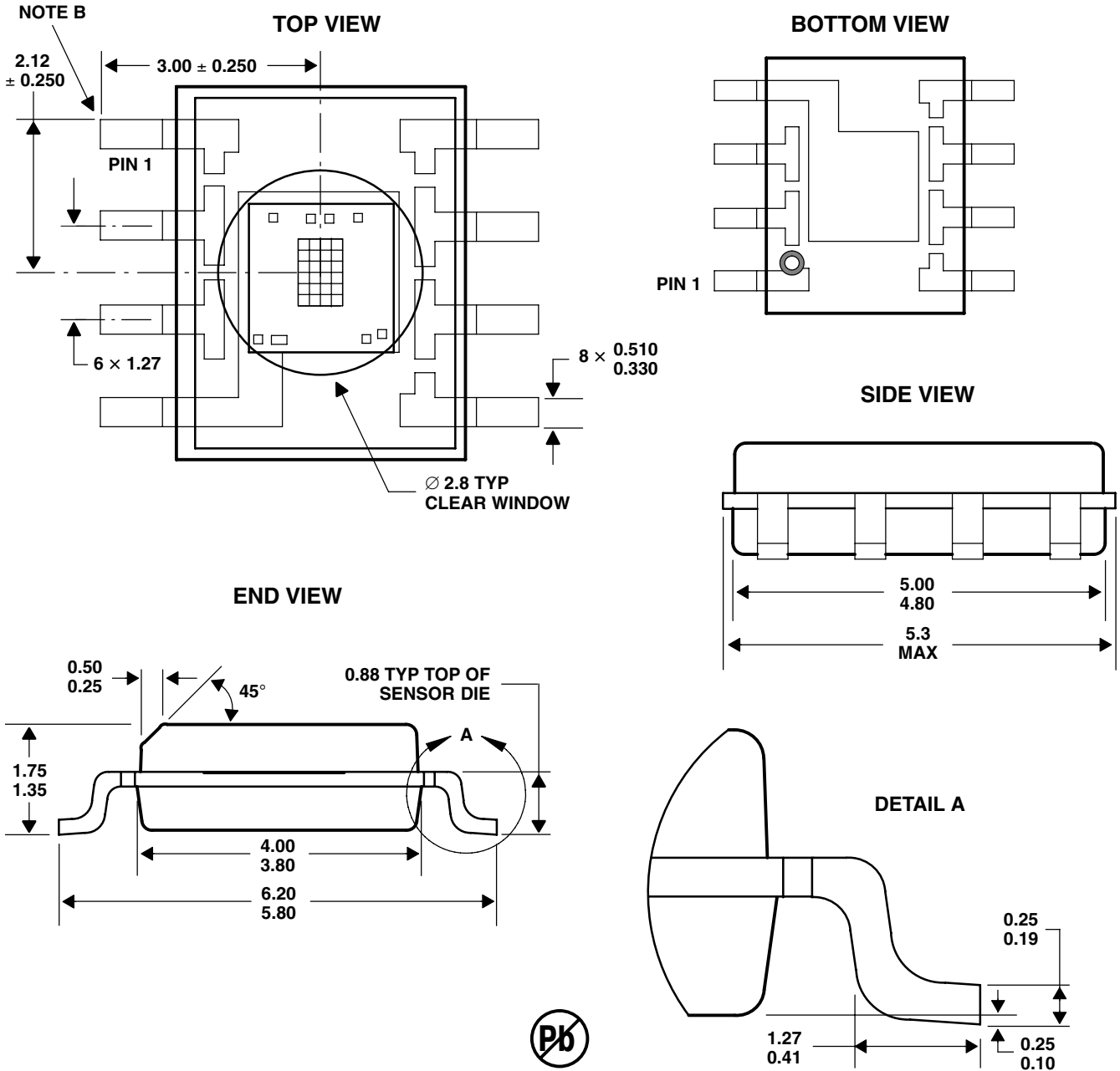
TAOS099 – JULY 2009

MECHANICAL INFORMATION

This SOIC package consists of an integrated circuit mounted on a lead frame and encapsulated with an electrically nonconductive clear plastic compound. The TCS3210 has a 4 × 6 array of photodiodes with a total size of 0.54 mm by 0.8 mm. The photodiodes are 110 μm × 110 μm in size and are positioned on 134 μm centers.

PACKAGE D

PLASTIC SMALL-OUTLINE

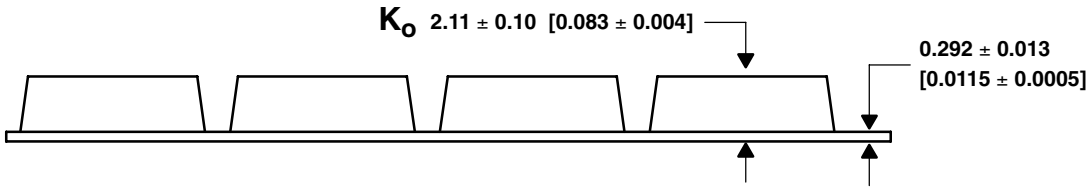


- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.
 B. The center of the 0.54-mm by 0.8-mm photo-active area is referenced to the upper left corner tip of the lead frame (Pin 1).
 C. Package is molded with an electrically nonconductive clear plastic compound having an index of refraction of 1.55.
 D. This drawing is subject to change without notice.

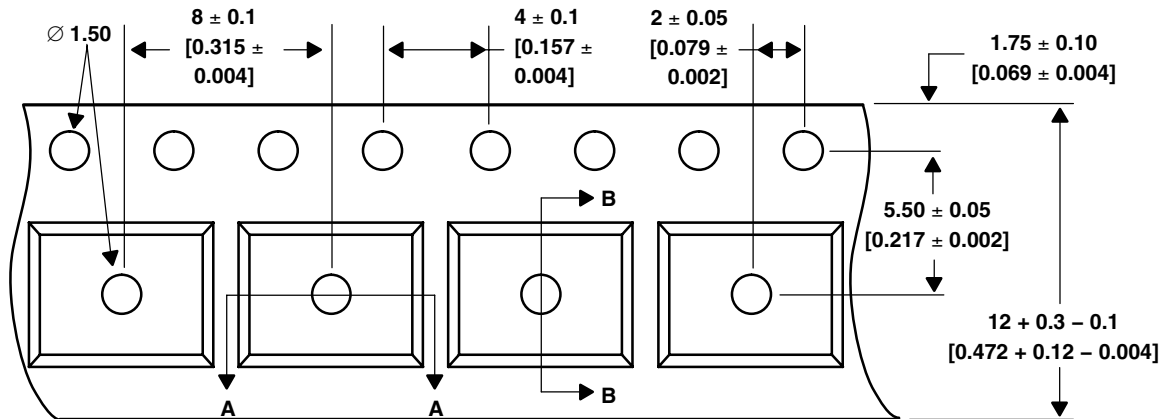
Figure 8. Package D — TCS3210 Plastic Small Outline IC Packaging Configuration

MECHANICAL INFORMATION

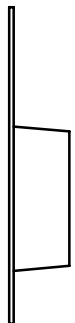
SIDE VIEW



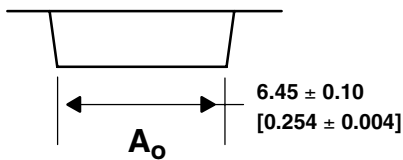
TOP VIEW



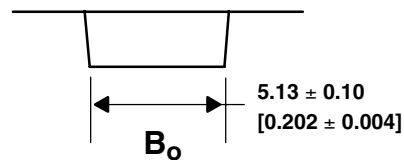
END VIEW



DETAIL A



DETAIL B



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters [inches].
B. The dimensions on this drawing are for illustrative purposes only. Dimensions of an actual carrier may vary slightly.
C. Symbols on drawing A_o , B_o , and K_o are defined in ANSI EIA Standard 481-B 2001.
D. Each reel is 178 millimeters in diameter and contains 1000 parts.
E. TAOS packaging tape and reel conform to the requirements of EIA Standard 481-B.
F. This drawing is subject to change without notice.

Figure 9. Package D Carrier Tape

**TCS3200, TCS3210
PROGRAMMABLE
COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**

TAOS099 – JULY 2009

MANUFACTURING INFORMATION

The Plastic Small Outline IC package (D) has been tested and has demonstrated an ability to be reflow soldered to a PCB substrate.

The solder reflow profile describes the expected maximum heat exposure of components during the solder reflow process of product on a PCB. Temperature is measured on top of component. The component should be limited to a maximum of three passes through this solder reflow profile.

Table 2. TCS3200, TCS3210 Solder Reflow Profile

PARAMETER	REFERENCE	TCS32x0
Average temperature gradient in preheating		2.5°C/sec
Soak time	t_{soak}	2 to 3 minutes
Time above 217°C	t_1	Max 60 sec
Time above 230°C	t_2	Max 50 sec
Time above $T_{peak} - 10^\circ\text{C}$	t_3	Max 10 sec
Peak temperature in reflow	T_{peak}	260° C (-0°C/+5°C)
Temperature gradient in cooling		Max -5°C/sec

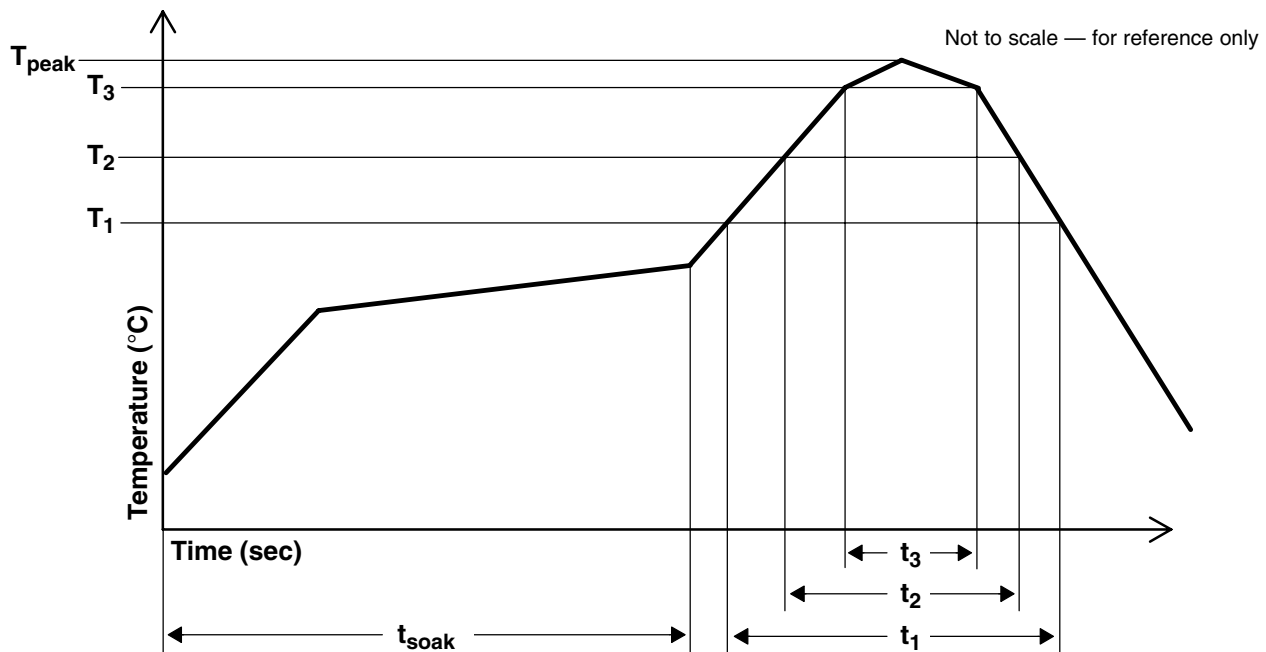


Figure 10. TCS3200, TCS3210 Solder Reflow Profile Graph

Moisture Sensitivity

Optical characteristics of the device can be adversely affected during the soldering process by the release and vaporization of moisture that has been previously absorbed into the package molding compound. To prevent these adverse conditions, all devices shipped in carrier tape have been pre-baked and shipped in a sealed moisture-barrier bag. No further action is necessary if these devices are processed through solder reflow within 24 hours of the seal being broken on the moisture-barrier bag.

However, for all devices shipped in tubes or if the seal on the moisture barrier bag has been broken for 24 hours or longer, it is recommended that the following procedures be used to ensure the package molding compound contains the smallest amount of absorbed moisture possible.

For devices shipped in tubes:

1. Remove devices from tubes
2. Bake devices for 4 hours, at 90°C
3. After cooling, load devices back into tubes
4. Perform solder reflow within 24 hours after bake

Bake only a quantity of devices that can be processed through solder reflow in 24 hours. Devices can be re-baked for 4 hours, at 90°C for a cumulative total of 12 hours (3 bakes for 4 hours at 90°C).

For devices shipped in carrier tape:

1. Bake devices for 4 hours, at 90°C in the tape
2. Perform solder reflow within 24 hours after bake

Bake only a quantity of devices that can be processed through solder reflow in 24 hours. Devices can be re-baked for 4 hours in tape, at 90°C for a cumulative total of 12 hours (3 bakes for 4 hours at 90°C).

TCS3200, TCS3210 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER

TAOS099 – JULY 2009

PRODUCTION DATA — information in this document is current at publication date. Products conform to specifications in accordance with the terms of Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

LEAD-FREE (Pb-FREE) and GREEN STATEMENT

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

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

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

NOTICE

Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. (TAOS) reserves the right to make changes to the products contained in this document to improve performance or for any other purpose, or to discontinue them without notice. Customers are advised to contact TAOS to obtain the latest product information before placing orders or designing TAOS products into systems.

TAOS assumes no responsibility for the use of any products or circuits described in this document or customer product design, conveys no license, either expressed or implied, under any patent or other right, and makes no representation that the circuits are free of patent infringement. TAOS further makes no claim as to the suitability of its products for any particular purpose, nor does TAOS assume any liability arising out of the use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages.

TEXAS ADVANCED OPTOELECTRONIC SOLUTIONS, INC. PRODUCTS ARE NOT DESIGNED OR INTENDED FOR USE IN CRITICAL APPLICATIONS IN WHICH THE FAILURE OR MALFUNCTION OF THE TAOS PRODUCT MAY RESULT IN PERSONAL INJURY OR DEATH. USE OF TAOS PRODUCTS IN LIFE SUPPORT SYSTEMS IS EXPRESSLY UNAUTHORIZED AND ANY SUCH USE BY A CUSTOMER IS COMPLETELY AT THE CUSTOMER'S RISK.

LUMENOLOGY, TAOS, the TAOS logo, and Texas Advanced Optoelectronic Solutions are registered trademarks of Texas Advanced Optoelectronic Solutions Incorporated.