



TUGAS AKHIR – TF 145565

**RANCANG BANGUN SENSOR DETAK
JANTUNG MANUSIA PADA *TREADMILL*
DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR
PHOTODIODA**

FARIDA IASHA
NRP. 2413 031 039

Dosen Pembimbing :
Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution MSc

**Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT – TF 145565

***DESIGN SENSOR HUMAN HEARTBEAT ON
TREADMILL WITH PHOTODIODE SENSOR***

FARIDA IASHA
NRP. 2413 031 039

Counselor Lecturer
Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution MSc

***Diploma Program of Metrology and Instrumentation
Department of Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016***

**RANCANG BANGUN SENSOR DETAK JANTUNG
MANUSIA PADA *TREADMILL* DENGAN
MENGGUNAKAN SENSOR PHOTODIODA**

TUGAS AKHIR

Oleh :
FARIDA IASHA
NRP. 2413 031 039

Surabaya, 2 Agustus 2016
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



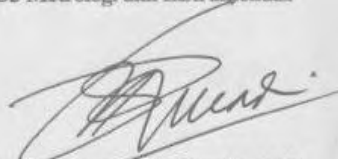
Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution MSc
NIP. 19520613 198103 1 004

Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI - ITS



Agus Muhamad Hatta, ST, MSi, Ph.D
NIP. 19780902 200312 1 002

Ketua Program Studi
D3 Metrologi dan Instrumentasi



Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.
NIP. 19620822 198803 1 001

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SENSOR DETAK JANTUNG MANUSIA PADA TREADMILL DENGAN MENGUNAKAN SENSOR PHOTODIODA

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
FARIDA IASHA
NRP. 2413 031 039

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution MSc Pembimbing
2. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes Ketua Penguji
3. Ir. Jerri Susatio, MT Dosen Penguji I
4. Ir. Tutug Dhanardono, MT Dosen Penguji II
5. Herry Sufyan Hadi, ST, MT Dosen Penguji III

SURABAYA
JUNI, 2016

RANCANG BANGUN SENSOR DETAK JANTUNG MANUSIA PADA *TREADMILL* DENGAN MENGUNAKAN SENSOR PHOTODIODA

Nama : Farida Iasha
NRP : 2413031039
Departement : Teknik Fisika FTI-ITS Program Studi
D3 Metrologi dan Instrumentasi
Dosen Pembimbing : Dr.rer.nat.Ir.Aulia M.T. Nasution MSc

Abstrak

Jantung adalah organ vital untuk pertahanan terakhir hidup selain otak. Detak jantung yang optimal untuk setiap individu berbeda-beda. Kondisi tubuh juga sangat mempengaruhi hasil perhitungan terhadap detak jantung tersebut. Mengetahui detak jantung setiap individu sangat di anjurkan apalagi diperlukan saat melakukan olahraga lari. Agar olahraga yang dilakukan tersaebut menjadi maksimal dan tidak membahayakan tubuh. Maka dari itu telah dirancang sensor detak jantung manusia dengan menggunakan sensor photodiode yang berfungsi dalam mengetahui nilai detak jantung pengguna *treadmill*. Cara kerja dari sensor detak jantung ini adalah dengan meletakkan sensor photodiode pada ujung jari, kemudian akan di tampilkan besarnya detak jantung melalui display LCD dalam bentuk BPM (*Beat per minute*). Setelah pengguna mengetahui detak jantung yang dihasilkan, maka pengguna bisa mengetahui kondisi jantungnya saat kondisi jantung dalam keadaan bahaya, maka akan ada tanda peringatan alarm buzzer. Dilakukan kalibrasi dengan menggunakan ECG. Dalam pengambilan data didapatkan nilai error yaitu 2,71 % dan berbeda sekitar 1 sampai 2 BPM yang artinya modul sensor detak jantung sudah memenuhi standar karena tidak melebihi batas toleransi error sebesar 5%.

Kata kunci : *Detak jantung, photodiode, treadmill, mikrokontroler.*

DESIGN SENSOR HUMAN HEARTBEAT ON TREADMILL WITH PHOTODIODE

Name : *Farida Iasha*
NRP : *2413031039*
Departement : *Diploma Program of Metrology and
Instrumentasi, Engineering Physics
FTI-ITS*
Counselor Lecture : *Dr.rer.nat.Ir.Aulia M.T. Nasution MSc*

Abstract

The heart is an organ vital to the defense of life in addition to the brain. The optimal heart rate for each individual is different for body condition is also greatly affect of heart rate. For know the heartbeat of every individual is highly recommende especially necessary when performing sports running, in order the sport to be performed at the maximum and does not harm to body. A human heartbeat sensor has been design using a photodiode sensor that functions to measure the value of heart rate of treadmill users. The sensor functions by putting photodiode on the fingertips of users and display the heartbeats on the LCD display in the form of BPM on the fingertips, then will show the magnitude of the heartbeat through the LCD display in the form of BPM. Once users know the heartbeat is generated, then the user can know his heart condition at the time. If a heart condition in a state of normal then the LCD screen will inform the user to continue his exercise. Meanwhile if the heart condition in danger. But if the heart condition in danger, then there will be a warning buzzer alarm. In collecting the data by comparing the sensor that comes standard is by ECG. The error value in the can that is 1,69 % and vary from about 1 to 2 BPM meaning heartbeat sensor module has standart because it does not exceed the error tolerance of 5%.

Keywords: *Heartbeat, photodiode, treadmill, microcontroller.*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Bismillahirrahmanirrahiim,

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah *Subhanahuwata'ala* atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir dengan judul "**RANCANG BANGUN SENSOR DETAK JANTUNG MANUSIA PADA TREADMILL DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR PHOTODIODA**" dapat terlaksana sampai akhirnya laporan tugas akhir ini dapat penulis susun hingga selesai.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Allah *Subhanahuwata'ala* yang telah membimbing dan memberikan kemudahan serta kemampuan untuk mengerjakan tugas akhir ini.
2. Orang tua tercinta (Ayahanda Kuswanto dan Ibunda Anik Suparni) beserta saudara (Yuliana Kusuma dewi) yang mendukung dalam pekerjaan tugas akhir ini.
3. Ketua Jurusan Teknik Fisika FTI ITS, Bapak Agus Muhamad Hatta, ST, MSi, Ph.D.
4. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA. selaku dosen wali yang selalu memberikan nasihat dan bimbingan selama penulis kuliah.
5. Ketua Laboratorium Workshop Instrumentasi, Fitri Adi Iskandarianto, ST, MT
6. Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution MSc. selaku pembimbing pada pengerjaan tugas akhir ini.
7. Seluruh mahasiswa Laboratorium Workshop Instrumentasi dan Laboratorium *Mikroprocessor* dan

- microcontroller* Teknik Fisika FTI ITS yang telah bersedia meminjamkan berbagai peralatan.
8. Teman-Teman DIII Metrologi dan Instrumentasi angkatan 2011 atas kebersamaannya khususnya TA-wan/-wati (F. Riza , M. Syarifuddin, I. Farruq, R. Setyawan) yang telah bersama-sama berjuang menuju TW 114 ITS.
 9. Y. Mega Jayanti yang telah bersedia memberikan pengetahuan tentang pembuatan rangkaian elektronik.
 10. Y. Mega Jayanti dan R. Farida yang telah bersedia membantu dalam pengambilan data kalibrasi.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penulis menyadari bahwa terdapat banyak ketidaksempurnaan, sehingga penulis memohon maaf berserta kritik dan saran apabila terdapat ketidaksempurnaan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.

Surabaya, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	3

BAB II TEORI PENUNJANG

2.1 <i>Treadmill</i>	5
2.2 Jantung	5
2.3 Denyut Jantung	6
2.4 Tanda Bahaya Jantung	7
2.5 <i>Photoplethysmography</i> (PPG)	8
2.6 Sensor <i>Infra Red</i> (TSAL 6200)	9
2.7 Photodiode PD333-3C	10
2.8 Cara Kerja Sensor terhadap Darah	12
2.9 <i>Low Pass Filter</i> (LPF)	12
2.10 Monostabil	13
2.11 OP-Amplifier	14
2.12 Arduino Uno	16
2.13 LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>)	18

2.14 Buzzer	19
2.15 Karakteristik Cahaya Tampak	20

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM

3.1 Diagram Alir Perancangan Alat	23
3.2 Persiapan Peralatan	24
3.3 Keterangan Flowchart	24

BAB IV ANALISA DATA

4.1 Analisa Data	41
4.2 Pembahasan	47

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Treadmill</i>	5
Gambar 2.2	Diagram <i>Wigers</i>	6
Gambar 2.3	PPG	9
Gambar 2.4	LED Inframerah TSAL 6200	10
Gambar 2.5	Struktur Dioda	11
Gambar 2.6	Photodioda	11
Gambar 2.7	Low Pass Filter (LPF) IC LM358	13
Gambar 2.8	Monostabil menggunakan NE 555	14
Gambar 2.9	Konfigurasi LM358	15
Gambar 2.10	Konfigurasi LM393	16
Gambar 2.11	Konfigurasi IC NE555	16
Gambar 2.12	<i>Board Arduino Uno</i>	17
Gambar 2.13	Kabel USB Board Arduino	17
Gambar 2.14	Penyusun LCD	18
Gambar 2.15	Simbol Buzzer	20
Gambar 2.16	Spektrum Cahaya Tampak	20
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3.2	Skema kerja sistem monitoring detak jantung	25
Gambar 3.3	Rangkaian pemroses sinyal BPM	26
Gambar 3.4	Rangkaian komparator	29
Gambar 3.5	Rangkaian Monostabil	30
Gambar 3.6	Rangkaian LCD	31
Gambar 3.7	Rangkaian Buzzer	32
Gambar 3.8	Desain rancang bangun mekanik sensor detak jantung (a) dan plant treadmill secara keseluruhan (b)	33
Gambar 3.9	Inputan frekuensi sebesar 2.52 pada function generator	34
Gambar 3.10	Sinyal Tp 1 dengan frekuensi 2,52 Hz	34
Gambar 3.11	Sinyal Tp 2 dengan frekuensi 2,52 Hz	35
Gambar 3.12	Sinyal Tp 3 dengan frekuensi 2,52 Hz	36
Gambar 3.13	Sinyal Tp 4 dengan frekuensi 2,52 Hz	36
Gambar 3.14	Sinyal Tp 5 dengan frekuensi 2,52 Hz	37
Gambar 3.15	Sinyal Tp 6 dengan frekuensi 2,52 Hz	38

Gambar 3.16	Sinyal Tp 1 dengan di beri inputan tangan	38
Gambar 3.17	Sinyal Tp 2 pin 1 LM 358	39
Gambar 4.1	<i>Plant treadmill</i>	41
Gambar 4.2	Rangkaian sensor detak jantung yang telah dibuat, sensor <i>photodiode</i> dan <i>infrared</i> (a), led sebagai indikator sensor (b)	42
Gambar 4.3	Tampak depan <i>packaging</i> sensor, <i>display</i> LCD (a), <i>Alarm Buzzer</i> (b), Tombol <i>Start</i> (c)	42
Gambar 4.4	Perbandingan antara BPM secara manual dan BPM modul	45
Gambar 4.5	Perbandingan antara BPM standar (ECG) dan BPM modul	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jumlah Detak Jantung Pria	6
Tabel 2.2	Jumlah Detak Jantung Wanita	7
Tabel 2.3	Jumlah Detak Jantung berdasarkan Usia	7
Tabel 4.1	Database Pengukuran	43
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran Frekuensi pada Function Generator	43
Tabel 4.3	Hasil Rata-rata Pengukuran dan perhitungan BPM Modul dan BPM Pembanding Manual	44
Tabel 4.4	Hasil Pengukuran dan perhitungan BPM Modul dan BPM Pembanding (ECG) <i>Standard</i>	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jantung adalah organ vital yang merupakan pertahanan terakhir untuk hidup selain otak. Denyut yang ada di jantung ini tidak bisa dikendalikan oleh manusia. Denyut jantung biasanya mengacu pada jumlah waktu yang dibutuhkan oleh denyut jantung per satuan waktu secara umum direpresentasikan sebagai BPM (*Beats Per Minute*). Denyut jantung yang optimal untuk setiap individu berbeda-beda tergantung pada kapan waktu menghitung denyut jantung tersebut serta kondisi badan juga mempengaruhi hasil perhitungan denyut jantung tersebut. Mengetahui denyut jantung normal individu sangat dianjurkan, karena denyut jantung atau juga dikenal dengan denyut nadi adalah tanda penting dalam bidang medis yang bermanfaat untuk mengevaluasi dengan cepat kesehatan atau mengetahui kebugaran seseorang secara umum. (*Sarjanaku.com/2011*).

Bukan hanya itu saja, perhitungan denyut jantung juga penting bagi seseorang yang akan melakukan aktifitas olahraga. Karena memperhatikan denyut jantung sangat penting untuk mengoptimalkan olahraga yang dilakukan. Zona latihan denyut jantung maksimum (MHR) kira-kira dinilai sekitar 220 dikurangi usia, maka setelah olahraga denyut jantung merupakan indikator yang sangat baik untuk mengetahui kondisi tubuh, hal ini juga berguna sebagai diagnosis awal ada atau tidaknya gangguan kardiovaskuler (*Dr.Hutber/2012*).

Dengan mengetahui denyut nadi maksimal pada tubuh maka perlu diperhatikan kondisi denyut jantung setelah olahraga, jangan sampai melebihi batas maksimal yang bisa membahayakan jantung. Karena semakin besar tenaga yang dikeluarkan dapat meningkatkan resiko kerusakan jantung karena jantung bekerja dengan keras dengan latihan yang mengeluarkan tenaga besar tidak dianjurkan bagi penyakit jantung koroner (*Rogmon, Universitas sains*).

Zen Akatsuki Ners menyarankan untuk menghitung denyut jantung bisa dengan cara menghitung nadi di tekan tangan dan hitung selama 1 menit atau yang lebih praktis menggunakan jam yang ada perhitungan denyut jantungnya. Karena salah satu cara pendeteksi gangguan jantung yaitu menghitung detak jantung sebelum beraktifitas seperti sebelum dan sesudah berolahraga, dikatakan sehat apabila jumlah detak jantung kembali normal dengan cepat atau apabila penurunan detak jantung dalam 1 menit kurang dari 12 denyutan maka dapat beresiko penyakit cardiovascular (*sarjanaku.com/2011*).

Maka hal tersebut menjadi dasar untuk membuat rancang bangun sensor detak jantung pada alat olah raga seperti *treadmill* adalah alat olahraga yang banyak digunakan oleh masyarakat modern saat ini. Dengan demikian di ciptakan suatu alat kesehatan treadmill dengan menambahkan sensor detak jantung menggunakan sensor *photodiode*. Hal ini dilakukan agar pengguna mampu memantau detak jantung yang dihasilkan melalui display LCD dalam bentuk BPM.

1.2 Permasalahan

Permasalahan dalam tugas akhir ini adalah :

- a. Bagaimana merancang sensor detak jantung dan rangkaian pengondisi sinyal ?
- b. Bagaimana merancang program pada software arduino?
- c. Bagaimana memberikan peringatan ketika jantung dalam kondisi bahaya ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

- a. Merancang sensor photodiode dan rangkaian pengondisi sinyal.
- b. Merancang program software arduino.
- c. Memberikan peringatan dengan cara membunyikan alarm buzzer dan peringatan pada LCD.

1.4 Batasan Masalah

Pengerjaan tugas akhir ini memerlukan beberapa batasan masalah untuk lebih memfokuskan penyelesaian permasalahan, batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Data pembacaan tersebut hanya akan ditampilkan pada display LCD dalam bentuk BPM (*Beat Per Minute*) untuk memantau detak jantung.
- b. Ketika detak jantung dalam keadaan berbahaya, maka feedback sistem hanya akan mengaktifkan buzzer sebagai peringatan.

1.5 Manfaat

Manfaat yang didapatkan pada penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai salah satu karya inovasi alat kesehatan olahraga treadmill yang memiliki nilai inovasi yang berbeda pada alat treadmill lainnya, yaitu dengan menambahkan sensor detak jantung untuk memantau detak jantung yang dihasilkan pengguna.

Halaman ini memang dikosongkan

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Treadmill

Treadmill adalah alat olah raga yang sering digunakan di pusat-pusat kebugaran seperti *gym*. *Treadmill* adalah alat yang digunakan untuk berjalan atau berlari di tempat yang sama. Alat ini memiliki banyak jenis yaitu mulai dari yang hanya memiliki satu fungsi hingga yang memiliki banyak fungsi. Penggunaannya juga bermacam - macam yaitu mulai dari cara manual, magnetik, sampai elektrik.

Treadmill memiliki beberapa kelebihan yaitu diantaranya :

- a. Alat *treadmill* sangat ideal digunakan bagi orang yang ingin menurunkan berat badan yang berlebih dan juga dapat meningkatkan kepadatan tulang.
- b. *Treadmill* juga dilengkapi dengan alat untuk memonitor detak jantung.

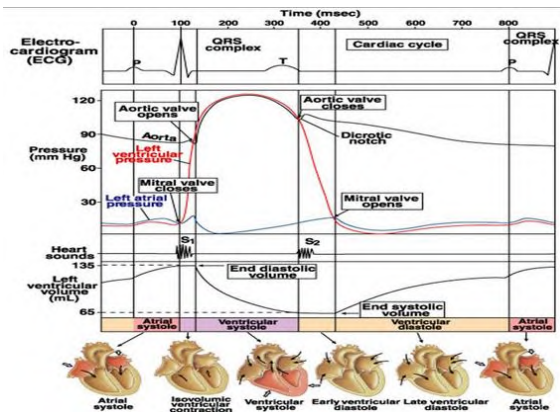


Gambar 2.1 Treadmill (Alat olahraga, 2014)

2.2 Jantung

Jantung merupakan sebuah organ terdiri dari otot. Jantung bekerja seperti otot polos yaitu di luar kemauan manusia dan dipengaruhi oleh susunan saraf otonom. Fungsi jantung adalah mengatur distribusi darah ke seluruh bagian tubuh. Gerakan

jantung terdiri atas dua jenis yaitu kontraksi atau *sistol* dan *diastole*. *Sistol* dari kedua atrium terjadi serentak yang disebut *sistol atrial*. Sedangkan pengendurannya adalah *diastole atrial*. Serupa dengan itu kontraksi dan pengenduran *ventrikuler* disebut *sistol* juga dan *diastol ventrikuler*. Lama kontraksi ventrikel adalah 0,3 detik dan tahapan pengendurannya 0,5 detik. Dengan cara ini jantung akan berdenyut terus menerus selama hidupnya.



Gambar 2.2 Diagram Wiggers (Jantung, 2003)

2.3 Denyut Jantung

Denyut jantung biasanya mengacu pada jumlah waktu yang dibutuhkan oleh detak jantung per satuan waktu secara umum direpresentasikan sebagai *beat per minute*.

Tabel 2.1 Jumlah Detak Jantung Pria

Kondisi Jantung	Usia			
	20 th–29th	30th – 39 th	40 th–49th	50 th keatas
Sangat	<60 bpm	<64 bpm	<66 bpm	<68 bpm
Baik	60-69 bpm	65-71 bpm	66-73 bpm	68-75 bpm
Cukup	70-75bpm	72-87 bpm	74-89 bpm	79-91 bpm
Bahaya	> 85 bpm	>87 bpm	>89 bpm	>91 bpm

Tabel 2.2 Jumlah Detak Jantung Wanita

Kondisi Jantung	Usia			
	20 th–29th	30th – 39 th	40 th–49th	50 th keatas
Sangat Baik	<70 bpm	<72 bpm	<74 bpm	<76 bpm
Baik	70-77 bpm	72-79 bpm	74-81 bpm	76-83 bpm
Cukup	78-94bpm	80-98 bpm	82-98 bpm	84-100bpm
Bahaya	> 94bpm	>96 bpm	>98 bpm	>100 bpm

Tabel 2.3 Jumlah Detak Jantung berdasarkan Usia

Usia	Denyut Jantung (Bpm)
Bayi baru lahir	130-150
Anak- anak	100-130
Anak-anak yang lebih tua	90-110
Dewasa	60-100

2.4 Tanda Bahaya Jantung

Tanda-tanda bahaya jantung kardiovaskuler masih menempati peringkat pertama di Indonesia. Pengidap penyakit jantung koroner pun semakin mudah dipicu oleh gaya hidup yang kurang sehat.

2.4.1 Detak Jantung Saat Istirahat

Ukuran detak jantung saat istirahat atau tidak berolahraga (*resting heart rate*) bisa menjadi patokan kebugaran yang baik. Semakin rendah maka semakin baik kondisi tubuh. Jika ingin tahu kondisi detak jantung, maka bangkit dari tempat tidur pagi hari lalu gunakan jari telunjuk dan jari tengah untuk menemukan nadi pada pergelangan tangan bagian dalam. Hitung detakannya selama 15 detik dan kalikan jumlahnya 4 kali untuk menemukan detak jantung per menit (*beats per minute*). Detak jantung antara 60 - 80 bpm dianggap baik, dalam arti normal.

2.4.2 Detak Jantung Setelah Olahraga

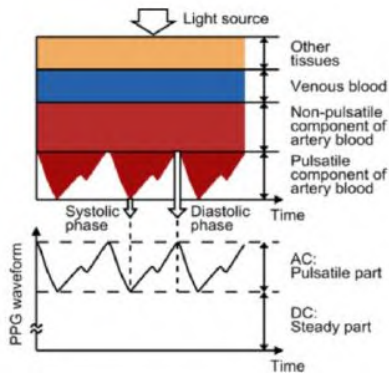
Jika denyut jantung tidak turun sedikitnya 12 detakan dalam satu menit usai olahraga maka akan menghadapi risiko gagal jantung bahkan kematian. Berikut cara menghitung detak jantung :

$(220 - \text{usia}) \times 0,6 =$ titik rendah dari target detak jantung

$(220 - \text{usia}) \times 0,8 =$ titik tinggi dari target detak jantung

2.5 *Photoplethysmography* (PPG)

Photoplethysmography (PPG) adalah sebuah teknik pengukuran optik yang dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan volume darah pada jaringan *mikrovaskular*. PPG berkembang pada aplikasi kesehatan contohnya *pulse oxymeter*. Dasar dari teknologi PPG adalah elektronika optik dengan sumber cahaya untuk menerangi pembuluh darah dan foto detektor untuk mengukur perubahan variasi intensitas cahaya dengan perubahan volume. PPG lebih banyak bekerja *non invasive* dan beroperasi pada panjang gelombang merah atau dekat inframerah. Bentuk gelombang seperti *pulse* dan sinkron dengan detak jantung. Ada 2 konfigurasi utama pengoperasian PPG yaitu mode pengoperasian transmisi dimana *sample* pembuluh darah berada diantara sumber cahaya dan fotodetektor dan mode pengoperasian pantulan dimana sumber cahaya dan fotodetektor berada pada sisi yang sama. Pada mode transmisi lebih dibatasi dari pada mode pantulan untuk lokasi yang memungkinkan untuk dipelajari. Pengukuran paling mudah disekitar daun telinga dan jari tangan. Hasil penerimaan cahaya pada fotodetektor adalah volume darah, gerakan dinding pembuluh darah dan orientasi sel darah merah.



Gambar 2.3 PPG (Photoplethysmography , 2011)

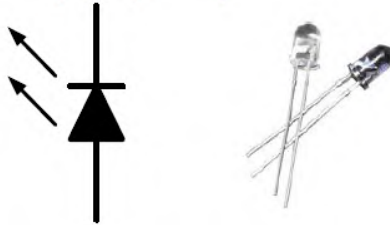
2.6 Sensor *Infra Red* (TSAL 6200)

Cahaya infra merah merupakan cahaya yang tidak tampak. Jika dilihat dengan spektroskop cahaya maka radiasi cahaya infra merah akan terlihat pada spektrum elektromagnet dengan panjang gelombang di atas panjang gelombang cahaya merah. Radiasi inframerah memiliki panjang gelombang antara 700 nm sampai 1 mm dan berada pada spektrum berwarna merah. Dengan panjang gelombang ini maka cahaya infra merah tidak akan terlihat oleh mata namun radiasi panas yang ditimbulkannya masih dapat dirasakan atau dideteksi.

Pada dasarnya komponen yang menghasilkan panas juga menghasilkan radiasi infra merah termasuk tubuh manusia maupun tubuh binatang. Cahaya infra merah walaupun mempunyai panjang gelombang yang sangat panjang tetap tidak dapat menembus bahan-bahan yang tidak dapat melewatkan cahaya yang nampak sehingga cahaya infra merah tetap mempunyai karakteristik seperti halnya cahaya yang nampak oleh mata.

Sinar infra merah yang dipancarkan oleh pemancar infra merah tentunya mempunyai aturan tertentu agar data yang dipancarkan dapat diterima dengan baik pada penerima. Komponen yang dapat menerima infra merah ini merupakan komponen yang peka cahaya yang dapat berupa photodiode atau

phototransistor. Komponen ini akan merubah energi cahaya, dalam hal ini energi cahaya infra merah menjadi pulsa-pulsa sinyal listrik. Komponen ini harus mampu mengumpulkan sinyal infra merah sebanyak mungkin sehingga pulsa-pulsa sinyal listrik yang dihasilkan kualitasnya cukup baik.



Gambar 2.4 LED Inframerah TSAL 6200 (Malvino, 2003)

2.7 Photodioda PD333-3C

Photodiode adalah suatu jenis dioda yang resistansinya berubah-ubah kalau cahaya yang jatuh pada dioda berubah-ubah intensitasnya. Dalam gelap nilai tahanannya sangat besar hingga praktis tidak ada arus yang mengalir. Semakin kuat cahaya yang jatuh pada dioda maka makin kecil nilai tahanannya, sehingga arus yang mengalir semakin besar.

Spesifikasi *Photodiode* sebagai berikut :

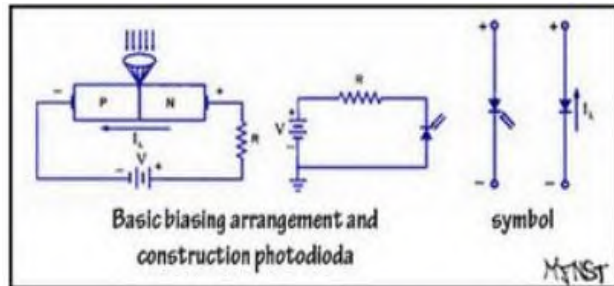
1. Fast response time
2. High photo sensitivity
3. Small junction capacitance
4. Anggle of half intensity $\pm 25^\circ$

Photodiode dapat dipergunakan untuk :

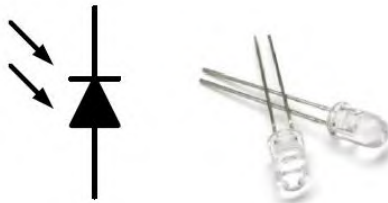
- Sistem pengamanan
- *High speed Photo detector*
- Kamera

Photodiode terbuat dari bahan semikonduktor. Biasanya yang dipakai adalah silicon (Si) atau gallium arsenide (GaAs), indium antimonide (InSb), indium arsenide (InAs), lead selenide

(PbSe), dan timah sulfide (PBS). Bahan-bahan ini menyerap cahaya melalui karakteristik jangkauan panjang gelombang. Misalnya dari 250 nm ke 1100 untuk nm silicon dan 800 nm ke 2,0 μm untuk GaAs. *Photodiode* adalah jenis dioda yang berfungsi mendeteksi cahaya.



Gambar 2.5 Struktur Dioda (Malvino, 2003)



Gambar 2.6 Photodiode (Malvino, 2003)

Prinsip kerja *photodiode* sebagai berikut :

1. Cahaya yang diserap oleh *photodiode*
2. Terjadinya pergeseran foton
3. Menghasilkan pasangan electron-hole dikedua sisi
4. Electron menuju [+] sumber & hole menuju [-] sumber

Karakteristik photodiode sebagai berikut :

1. *Photodiode* mempunyai respon 100 kali lebih cepat daripada phototransistor

2. Dikemas dengan plastik transparan yang juga berfungsi sebagai lensa. Lensa tersebut lebih dikenal sebagai dengan lensa Fresnel dan *optical filter*
3. Penerima infra merah juga dipengaruhi oleh *active area* dan *respond time*

2.8 Cara Keja Sensor terhadap Darah

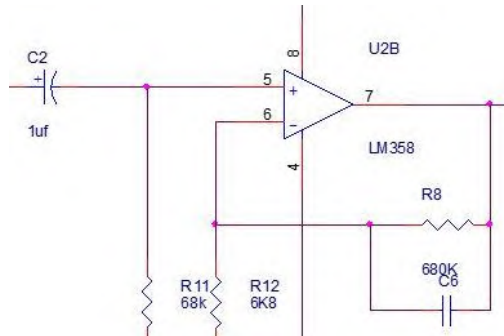
Sensor alat denyut jantung atau beats per minutes (BPM) yang berfungsi untuk mendeteksi banyaknya denyut jantung yang dihasilkan dalam satu menit. Komponen utama alat tersebut adalah sumber cahaya dan detektor serta hasil interaksi hemoglobin terhadap sumber cahaya tersebut.

Cara keja sensor infrared dengan photodioda terhadap hemoglobin yaitu ada sumber cahaya infrared dengan panjang gelombang 940nm dipancarkan ke pembuluh darah dan berinteraksi dengan hemoglobin. Fungsi utama hemoglobin pembawa oksigen ke sel-sel tubuh yang memerlukan sehingga hemoglobin memiliki dua keadaan yaitu oksidasi (mengikat oksigen) dan deoksidasi (menyerap CO₂). Darah oksidasi berasal dari jantung yang berdenyut untuk mentransferkan ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah, sehingga saat terjadi oksidasi warna hemoglobin menjadi lebih terang dan begitu pula sebaliknya saat terjadi deoksidasi maka warna hemoglobin menjadi lebih gelap. Pada saat sumber cahaya *infrared* berinteraksi dengan hemoglobin terjadi *scattering* antar hemoglobin, dengan hamburan tersebut maka akan lebih jelas perbedaan darah oksidasi dengan darah deoksidasi. Terang redupnya tersebut dapat ditangkap oleh photodioda dan dengan sumber cahaya yang memancar maka didapatkan panjang gelombang yang dihasilkan oleh photodioda sehingga dapat dihitung pulsa naik dan turun selama satu menit.

2.9 Low Pass Filter (LPF)

Filter yang hanya melewatkan sinyal dengan frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi cut-off (f_c) dan akan melemahkan

sinyal dengan frekuensi yang lebih tinggi dari frekuensi cut-off (f_c).



Gambar 2.7 Low Pass Filter IC LM358 (Mega, 2014)

Dengan persamaan :

1. Frekuensi Cut Off

$$F_c = \left(\frac{1}{2\pi \cdot R_f \cdot C_f} \right) \quad (2.1)$$

2. Penguatan (A_{cl})

$$|ACL| = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 R_f^2 C_f^2}} \text{ dengan } \omega^2 = \left(\frac{1}{R_f \cdot C_f} \right)$$

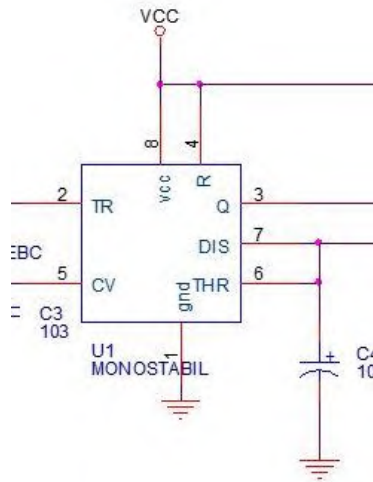
(2.2)

2.10 Monostabil

Rangkaian *monostabil* yang menggunakan IC NE555 digunakan agar logika yang masuk pada mikrokontroler 1 atau 0, selain itu juga untuk membatasi agar pada frekuensi tertentu bila terjadi ripple denyut akan tetap dibaca 1 denyut. Perhitungan periode yang akan digunakan seperti persamaan dibawah ini :

$$T = 1,1 \times R \times C$$

(2.3)



Gambar 2.8 Monostabil menggunakan NE 555 (Mega, 2014)

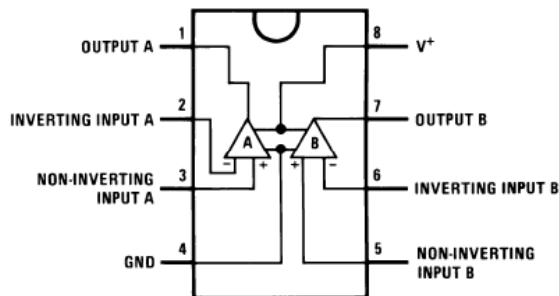
2.11 Op-Amplifier

Op-amplifier merupakan rangkaian penguat elektronika yang berbentuk IC (*integrated circuit*). *Op-amplifier* mempunyai dua buah pin masukan inverting dan noninverting dan sebuah pin keluaran. Aplikasi op-amp antara lain adalah rangkaian *inverting*, *non-inverting*, filter dan *buffer*. Dalam perancangan alat ini digunakan ic op-amp LM358N dan LM393 dan NE555.

2.11.1 Op-Amp Lm358N

LM358 adalah IC penguat operasional ganda (dual operational amplifiers / Op-Amps). Komponen elektronika ini terdiri atas dua penguat operasional high gain dengan kompensator frekuensi yang independen dan dirancang untuk beroperasi cukup dari satu catu daya tunggal dengan rentang tegangan yang lebar untuk fleksibilitas penuh dalam menerapkan rancangan rangkaian elektronika. Dapat juga menggunakan catu daya terpisah selama perbedaan tegangan antara kedua catu daya antara 3V hingga 32V dan Vcc setidaknya 1,5 volt lebih tinggi

dibanding tegangan masukan moda-bersama (*input common-mode voltage*). Contoh aplikasi meliputi penguat transduser, blok penguat DC dan berbagai macam sirkuit penguat operasional konvensional lainnya. Implementasi rangkaian menjadi lebih mudah dengan sistem catu daya tunggal, sebagai contoh IC ini dapat beroperasi secara langsung dari catu daya standar 5V yang banyak digunakan di sistem digital dan mampu menyediakan antarmuka elektronika tanpa tambahan catu daya $\pm 5\text{-V}$ maupun pembalik tegangan / *voltage inverter*.

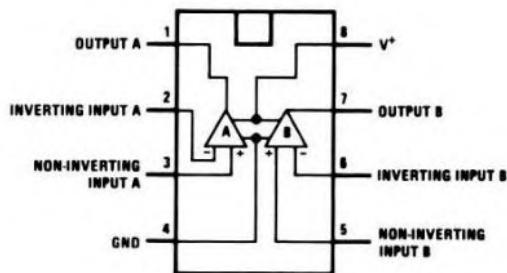


Gambar 2.9 Konfigurasi LM358 (Malvino, 2003)

2.11.2 Op-Amp Lm393

LM393 merupakan tipe IC yang banyak dipakai untuk keperluan seperti penguat audio, instrumentasi dan rangkaian filter karena kemudahannya untuk mendapatkannya. Kelebihan IC LM393 sebagai rangkaian komparator adalah sebagai berikut :

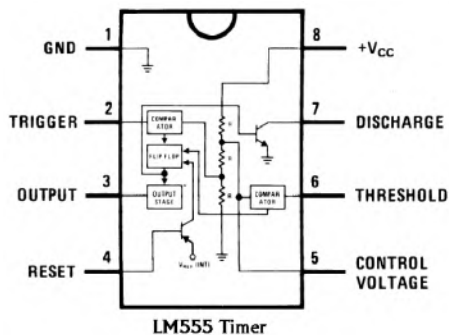
1. Satu buah IC LM393 memiliki dua buah Op-Amp yang sudah terintegrasi.
2. LM393 dapat bekerja pada single power supply dan tidak perlu catuan ganda, misalnya +12V dan -12V.
3. IC LM393 masih dapat bekerja optimal dengan tegangan yang rendah, misalnya tegangan yang digunakan adalah sekitar 5 Volt dan hemat daya.



Gambar 2.10 Konfigurasi LM393 (Malvino, 2003)

2.11.3 IC NE555

IC NE555 mempunyai 8 pin ini merupakan salah satu komponen elektronika yang cukup terkenal. Pada dasarnya aplikasi utama IC NE555 ini digunakan sebagai timer dengan operasi rangkaian monostable dan *pulse generator* dengan operasi rangkaian astable. Selain itu, dapat juga digunakan sebagai *time delay generator* dan *sequential timing*.



Gambar 2.11 Konfigurasi IC NE555 (Malvino, 2003)

2.12 Arduino Uno

Arduino Uno adalah *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega 328. *Board* ini memiliki 14 digital input / output pin yaitu 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 input analog,

16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya. Board Arduino Uno memiliki fitur-fitur baru yaitu - 1,0 dan pin out yang ditambah SDA dan SCL pin yang dekat ke pin aref dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat ke pin RESET, dengan IO REF yang memungkinkan sebagai buffer untuk beradaptasi dengan tegangan yang disediakan dari board sistem. Pengembangannya, sistem akan lebih kompatibel dengan Prosesor yang menggunakan AVR, yang beroperasi dengan 5V dan dengan Arduino Karena yang beroperasi dengan 3.3V. Yang kedua adalah pin tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan pengembangannya.



Gambar 2.12 Board Arduino Uno



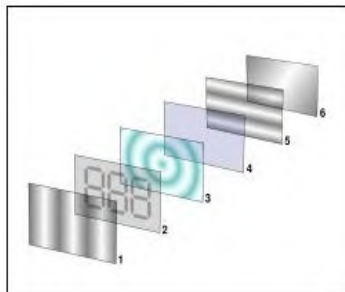
Gambar 2.13 Kabel USB Board Arduino

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Uno

<i>Mikrokontroller</i>	Atmega 328
<i>Operasi Voltage</i>	5 Volt
<i>Input Voltage</i>	7-12 Volt (Rekomendasi)
<i>Input Voltage</i>	6-20 Volt (limit)
I/O	14 Pin (6 pin untuk PWM)
Arus	50mA
<i>Flash Memory</i>	32 Kb
Bootloader	SRAM 2
EEPROM	1 Kb
Kecepatan `	16 Mhz

2.13 LCD (*Liquid Cristal Display*)

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. Secara garis besar komponen penyusun LCD terdiri dari kristal cair (liquid crystal) yang diapit oleh 2 buah elektroda transparan dan 2 buah filter polarisasi (polarizing filter).

**Gambar 2.14** Penyusun LCD (Malvino, 2003)

Keterangan:

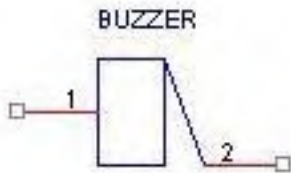
1. Film dengan polarizing filter vertical untuk memolarisasi cahaya yang masuk.
2. Glass substrate yang berisi kolom-kolom elektroda Indium tin oxide (ITO).
3. Twisted nematic liquid crystal (kristal cair dengan susunan terpilin).
4. Glass substrate yang berisi baris-baris elektroda Indium tin oxide (ITO).
5. Film dengan polarizing filter horizontal memolarisasi cahaya yang masuk.
6. Reflektor cahaya untuk memantulkan cahaya yang masuk LCD kembali ke mata pengamat.

Sebuah citra dibentuk dengan mengombinasikan kondisi nyala dan mati dari pixel-pixel yang menyusun layar sebuah LCD. Pada umumnya LCD yang dijual di pasaran sudah memiliki integrated circuit tersendiri sehingga para pemakai dapat mengontrol tampilan LCD dengan mudah dengan menggunakan mikrokontroler untuk mengirimkan data melalui pin-pin input yang sudah tersedia. LCD yang ada dipasaran dikategorikan menurut jumlah baris yang dapat digunakan pada LCD yaitu 1 baris , 2 baris dan 4 baris yang dapat digunakan hingga 80 karakter. Umumnya LCD yang digunakan adalah LCD dengan 1 controller yang memiliki 14 pin.

2.14 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loud speaker, jadi buzzer juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet. Kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar itu tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya. Karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara.

Buzzer biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat atau *alarm*.

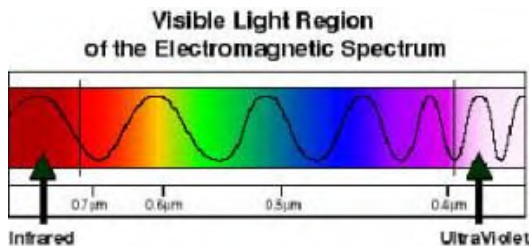


Gambar 2.15 (Elektronika dasar, 2011)

2.15 Karakteristik Cahaya Tampak

Simbol Buzzer Cahaya tampak adalah salah satu dari berbagai jenis gelombang elektromagnetik yang memiliki sifat yaitu:

1. Gelombang elektromagnetik dapat menjalar, melalui ruang hampa dengan kecepatan mendekati 300 juta meter per detik (m/s).
2. Gelombang elektromagnetik terdiri atas medan listrik dan medan magnet, dan termasuk gelombang transversal. Gelombang elektromagnetik dihasilkan oleh getaran medan-medan listrik dan medan-medan magnet yang saling tegak lurus dan menghasilkan arah penjalaran gelombang saling tegak lurus satu dengan lainnya.



Gambar 2.16 Spektrum Cahaya Tampak (Arif, 2011)

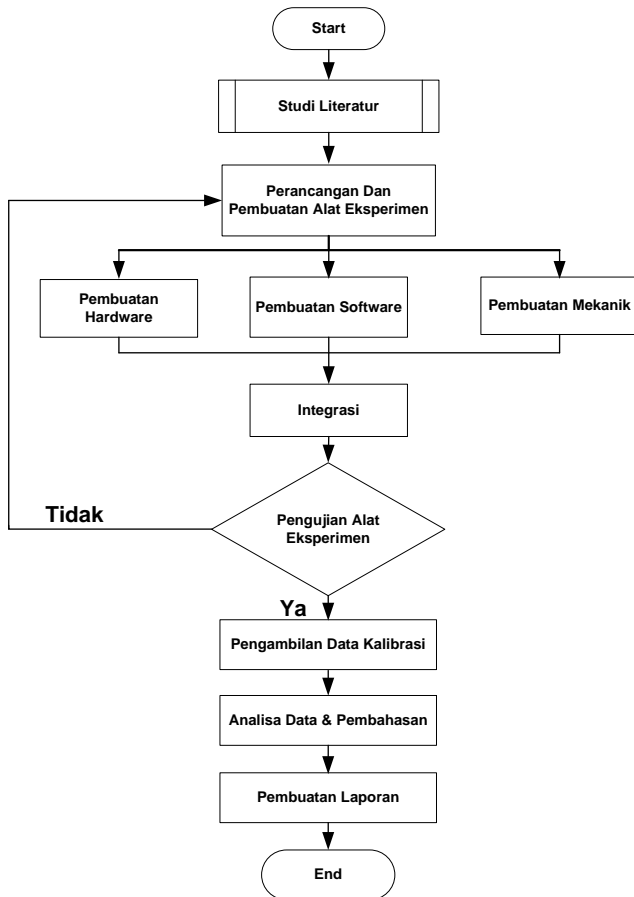
Cahaya tampak sebagai radiasi elektromagnetik yang paling dikenal oleh kita dapat didefinisikan sebagai bagian dari spectrum gelombang elektromagnetik yang dapat dideteksi oleh mata manusia. Panjang gelombang tampak bervariasi tergantung warnanya mulai dari panjang gelombang kira-kira $4 \cdot 10^{-7}$ m untuk cahaya violet sampai $7 \cdot 10^{-7}$ m untuk cahaya merah.

Halaman ini memang dikosongkan

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Perancangan Alat

Secara umum tahapan perancangan alat pada tugas akhir ini dapat digambarkan dalam diagram alir seperti gambar 3.1. di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Persiapan Peralatan

Berikut ini merupakan peralatan yang dibutuhkan untuk perancangan sensor detak jantung manusia menggunakan photodioda pada *treadmill*.

- a. Peralatan sensor detak jantung :
 1. Sensor *Photodiode* PD333-3C
 2. Infrared (*photodetector*)
- b. Peralatan sebagai controller :
 1. Arduino Uno
- c. Peralatan Penampil
 1. LCD 16X2
 2. *Alarm Buzzer*

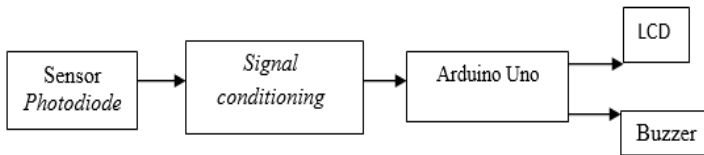
3.3 Keterangan Flowchart

3.3.1 Studi Literatur

Dalam pembuatan sensor detak jantung ini diawali dengan melakukan studi literatur mengenai perancangan alat eksperimen sensor detak jantung agar didapatkan pemahaman terhadap materi yang menunjang tugas akhir. Sumber literatur didapatkan dari buku-buku pendukung, *website*, dan jurnal ilmiah sebagai media informasi penunjang tugas akhir.

3.3.2 Perancangan Sistem dan Pembuatan Alat Eksperimen

Perancangan sistem dan pembuatan sensor detak jantung terdiri dari pembuatan *hardware*, pembuatan *software*, dan pengujian sensor. *Hardware* dan *software* yang telah dibuat kemudian diintegrasikan melalui mikrokontroler. Selanjutnya sensor diuji menggunakan function generator dan di lihat sinyal yang dihasilkan dengan menggunakan osiloskop.



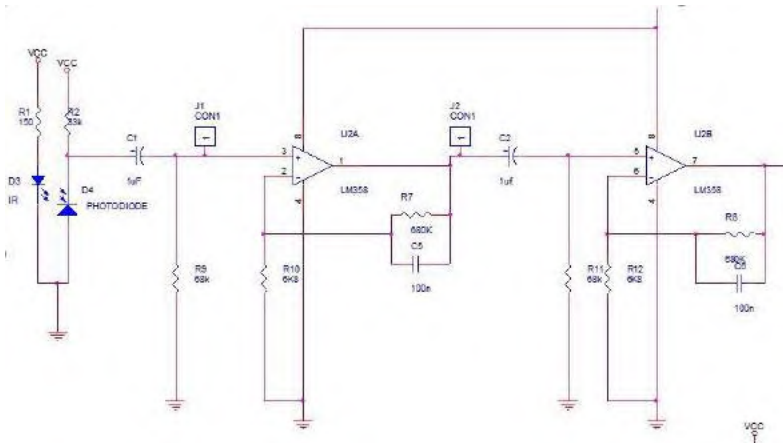
Gambar 3.2 Skema kerja sistem monitoring detak jantung

- Pembuatan *Hardware*

Pada pembuatan *hardware* dimulai dari merancang rangkaian sensor photodiode dengan pengondisi sinyal menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Sensor yang digunakan adalah photodiode dan led inframerah untuk mengukur detak jantung melalui aliran darah dari jantung. Pengukuran dilakukan di jari tangan karena ritme aliran darah selaras dengan kerja jantung saat memompa darah keseluruhan tubuh. LCD akan menampilkan hasil perhitungan dari denyut jantung yang terukur dalam satuan BPM (*Beat per Minute*). Secara umum perancangan perangkat keras terdiri dari sensor photoplethysmography (PPG), beserta pengkondisi sinyal, mikrokontroler Arduino Uno, LCD *display*, buzzer, pushbutton start dan saklar on/off.

Berikut adalah rangkaian sensor detakjantung yang telah dibuat.

(Terlampir pada lampiran A)



Gambar 3.3 Rangkaian pemroses sinyal BPM

Rangkaian Pemroses sinyal BPM dengan supply yang digunakan sebesar 5 V. Pada saat sensor bekerja, Inframerah sebagai sumber cahaya dan photodiode sebagai penerima. Inframerah memancarkan cahaya 980nm pada jari, kemudian cahaya terpantul oleh jari dan cahaya tersebut diterima oleh photodiode, cahaya yang diterima dipengaruhi oleh volume darah yang dipompa oleh jantung. Resistor 100 ohm (R1) berfungsi sebagai resistor pengaman inframerah, sedangkan resistor 33K (R2) digunakan sebagai pembagian tegangan terhadap photodiode sehingga menghasilkan tegangan yang berubah-ubah dan membuat *output* dari photodiode membentuk sinyal *high low*. Sinyal tersebut belum bisa dihitung frekuensi maupun amplitudonya. Sinyal tersebut masuk pada rangkaian Blok DC 1 uf (C1) dengan resistor 68K (R9) yang dinamakan filter pasif, berfungsi untuk menekan tegangan DC pada GND, sehingga sinyal yang diloloskan hanya sinyal AC yang akan dikuatkan dan di filter. Sinyal AC tersebut masuk pada IC LM358 yang dimana sinyal tersebut akan dikuatkan menggunakan penguatan *Non Inverting* dengan *gain* 101x sebanyak 2 kali dan akan difilter dengan menggunakan *Low pass filter* dengan Cut Off 2,34 Hz.

Perhitungan penguatan *Non Inverting* dalam 1 Op-amp dengan gain K sebagai berikut :

$$K = 1 + (R_f / R_g)$$

$$K = 1 + (680000/6800)$$

$$K = 1 + 100$$

$$K = 101$$

Frekuensi cut off yang dibutuhkan untuk merancang alat dengan deteksi max 150 Bpm.

$$BPM = \text{Frekuensi} \times 60 \text{ secon}$$

$$\text{Frekuensi} = \frac{150}{60} = 2,5 \text{ HZ}$$

Perhitungan penguatan rangkaian OP-Amp sebagai berikut :

$$\omega_c = \left(\frac{1}{R_f \cdot C_f} \right)$$

$$\omega_c = \left(\frac{1}{R_6 \cdot C_4} \right)$$

$$= \left(\frac{1}{680000 \cdot 0,0000001} \right)$$

$$= 14,7 \text{ Rad/dt}$$

$$\text{Penguatan } |ACL| = \frac{1}{\sqrt{1^2 + \omega_c^2 R_f^2 C_f^2}}$$

$$\text{Penguatan } |ACL| = \frac{1}{\sqrt{1^2 + (14,7^2)(680000^2)(0,0000001^2)}}$$

$$\text{Penguatan } |ACL| = 0,7 \times$$

Frekuensi Cut Off

$$F_c = \left(\frac{1}{2\pi \cdot R_f \cdot C_f} \right)$$

$$F_c = \left(\frac{1}{2\pi \cdot R_6 \cdot C_4} \right)$$

$$F_c = \left(\frac{1}{2(3,14) \cdot 680000 \cdot 0,000001} \right)$$

$$F_c = 2,34 \text{ Hz}$$

Perhitungan Monostabil

$$T = 1,1 \times R \times C$$

$$T = 1,1 \times 3300 \times 0,0001$$

$$T = 0,363$$

$$F = 2,7 \text{ Hz}$$

Perhitungan frekuensi cut off low pass filter sebagai berikut:

$$F_c = 1 / (2\pi \cdot R_f \cdot C_f)$$

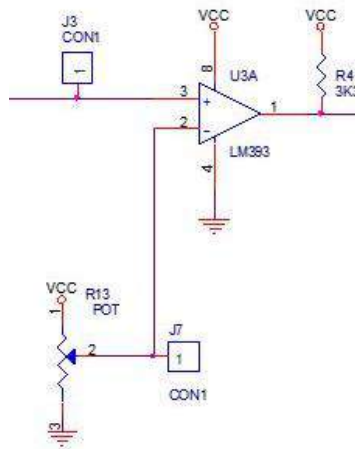
$$F_c = 1 / (2(3,14) \cdot 680000 \cdot 0,000001)$$

$$F_c = 1 / 6,28 \cdot 0,68$$

$$F_c = 1 / 4,2704$$

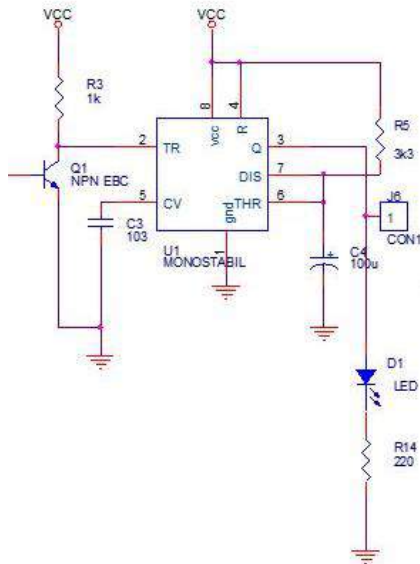
$$F_c = 0,234 \text{ Hz}$$

Dengan 2 kali penguatan yang berjumlah 101 sebanyak 2x, maka sinyal AC *high Low* yang keluar dari amplifier terakhir sangat besar, tetapi karena LM358 hanya menggunakan *Supply* 5V, maka *output* sinyal yang dihasilkan adalah 5 V.



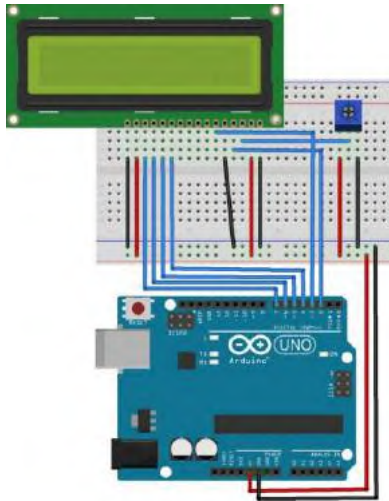
Gambar 3.4 Rangkaian Komparator

Blok rangkaian komparator yang berfungsi untuk membandingkan antara tegangan yang masuk pada pin *inverting* dengan tegangan yang masuk pada pin *Non Inverting* dengan desain rangkaian komparator seperti di atas, maka apabila tegangan pada pin *non inverting* (+) lebih besar dari tegangan settingan pada pin *inverting* (-) maka *output* tegangan berlogika “*high*”, begitu pula sebaliknya apabila tegangan pada pin *non inverting* (+) lebih kecil dari tegangan settingan pada pin *inverting* (-) maka *output* tegangan berlogika “*low*”. Penggunaan LM393 sebagai komparator karena IC tersebut memiliki tingkat keakurasian yang tinggi. Out dari komparator di beri resistor (R5) 3K3 yang berfungsi untuk pull up, yang mana output comparator agar sensitif untuk mendriver transistor.



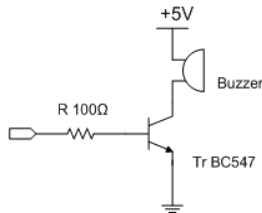
Gambar 3.5 Rangkaian Monostabil

Output dari Komparator digunakan untuk mengaktifkan transistor NPN C9013 dimana transistor tersebut digunakan untuk mengaktifkan IC NE555 yang berfungsi sebagai *monostabil*. Dimana basis NPN C9013 saat mendapatkan tegangan diatas 0,7V maka *emitor* dan *collector* akan satu rasi dan rangkaian *monoastabil* mengeluarkan logika 1, sedangkan apabila basis transistor mendapat logika 0 maka transistor *Cut Off* dan *output monoastabil* akan berlogika 0. *Monoastabil* bekerja dengan waktu 0.363 detik. Jika dalam denyut ada *noise* yang masuk sehingga frekuensi kurang dari 2,34 Hz maka denyut di baca 1. Penentuan 0.363 detik dari nilai Resistor dan Capasitor degan rumus $T=1,1 \times 3,3K \times 100\mu F$. *Output* pin3 IC 555 berlogika *high to low* terhubung pada PD4 T0 pada IC mikrokontroler Atmega 8535.



Gambar 3.6 Rangkaian LCD

Gambar rangkaian LCD 16X2 diatas mempunyai 16 pin. Sedangkan ground (GND) dengan symbol VSS, pin 2 dan 15 terhubung dengan VCC (+5V) dengan symbol VDD, symbol VEE LCD 16x2 adalah pin yang digunakan untuk mengatur kontras kecerahan LCD dengan memasang sebuah *potentiometer* untuk mengatur kecerahannya. Pemasangannya seperti terlihat pada rangkaian tersebut. Karena LCD akan berubah kecerahannya jika tegangan pada pin 3 ini di turunkan atau dinaikan, Pin 2 yaitu RS dihubungkan dengan pin mikrokontroler arduino, Pin 3 dengan symbol (E) dihubungkan dengan pin mikrokontroler arduino sebagai kontrol, sedangkan pin 4 hingga 7 yang terdiri dari D4, D5, D6, D7 dihubungkan dengan pin mikrokontroler sebagai jalur datanya. Sedangkan pin 15 dan 16 sebagai anoda dan katoda.



Gambar 3.7 Rangkaian Buzzer

Rangkaian buzzer menggunakan buzzer sebesar 5v ditambah dengan komponen yang lain yaitu resistor 100 ohm, transistor BC 547 dengan 3 pin yang tersedia ground, vcc dan v out nya. Dimana sinyal input dimasukkan ke basis, sedangkan *emitter* di groundkan dan digunakan bersama input dan output yang artinya jenis konfigurasi transistor yang digunakan adalah *common emitter*. *Common emitter* ini menghasilkan penguatan tegangan dan arus antara sinyal input dan sinyal output, lalu output diperoleh dari kaki *collector*.

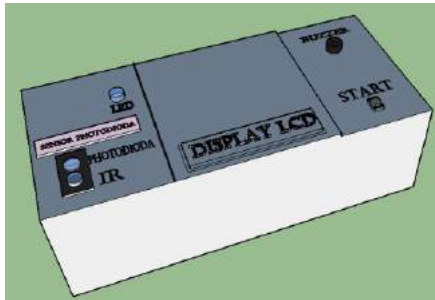
- Perancangan Software

Perancangan software berikut dibuat dengan menggunakan software arduino. Program ini dibuat dengan menggunakan adc, timer, counter dan timer. Kondisi lampu LED menyala dan mati ini di masukan sebagai inputan ke dalam mikrokontroller arduino sebagai fungsi ADC. Menyala dan matinya LED ini di tetapkan nilai highsetnya lalu mengelompokan data yang didapat sebelumnya dan data setelahnya yaitu program akan mengounting nilai 1 jika ada tegangan yang bernilai high. Dan sebaliknya ketika tegangan bernilai low, maka program tidak akan mengounting. Di lengkapi dengan timer, karena untuk menghasilkan data berupa BPM yang merupakan nilai atau banyaknya detak jantung dalam satu menit. Namun pada program di setting besarnya waktu selama 15 detik, jadi ketika menunjukkan waktu selama 15 detik maka BPM akan muncul dengan dikalikan 4.

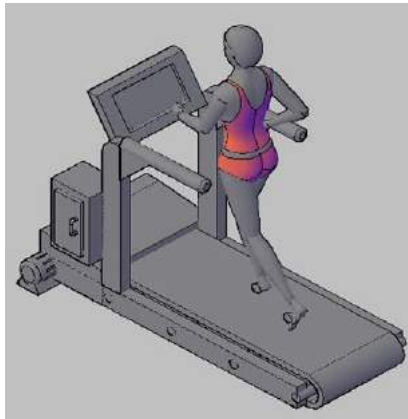
(Terlampir pada lampiran B)

- Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik meliputi pembuatan *packaging* untuk meletakkan sensor detak jantung, arduino uno, rangkaian LCD dan rangkaian alarm buzzer.



(a)



(b)

Gambar 3.8 Desain rancang bangun mekanik sensor detak jantung (a) dan plant *treadmill* secara keseluruhan (b)

3.4 Pengujian Alat Eksperimen

Dalam pengujian sensor detak jantung ini dilakukan uji dari setiap titik pengukuran. Dalam uji setiap titik pengukuran yang terdiri dari TP1-TP6 dilakukan 2 kali pengambilan display sinyal pada osiloskop yaitu ketika di beri frekuensi pada function generator dan ketika di beri inputan tangan pada sensor. Pada function generator di beri inputan frekuensi sebesar 2,52 Hertz.



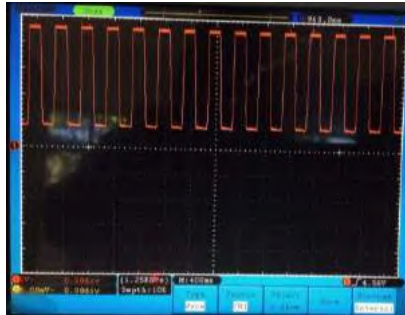
Gambar 3.9 Inputan frekuensi sebesar 2.52 pada function generator

Pada function generator diberi masukan frekuensi sebesar 2,52 hertz.
Hasil gambar sinyal dari tiap titik pengukuran sebagai berikut :



Gambar 3.10 Sinyal Tp 1 dengan frekuensi 2,52 Hz

Pada TP 1 atau titik pengukuran merupakan pin keluaran dari rangkaian blok pertama yaitu antara sensor *infrared*, *photodiode* dan diteruskan pada rangkaian blok DC yang berfungsi untuk menekan tegangan DC pada *ground*, sehingga sinyal AC yang diloloskan.



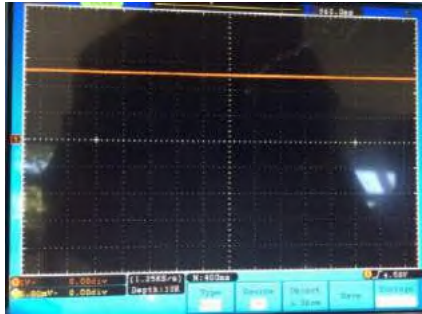
Gambar 3.11 Sinyal Tp 2 dengan frekuensi 2,52 Hz

Pada gambar diatas merupakan TP 2 atau titik pengukuran yang kedua yaitu sinyal yang masuk pada IC 358 yang dikuatkan dengan menggunakan penguatan *non inverting* dengan gain 101X.



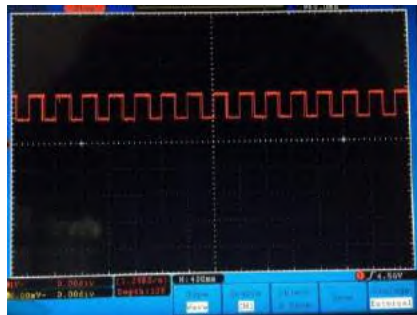
Gambar 3.12 Sinyal Tp 3 dengan frekuensi 2,52 Hz

Pada TP 3 ini merupakan sinyal penguatan kedua oleh IC LM 358 yang penguatan keluar dari amplifier terkahir yang cukup besar.



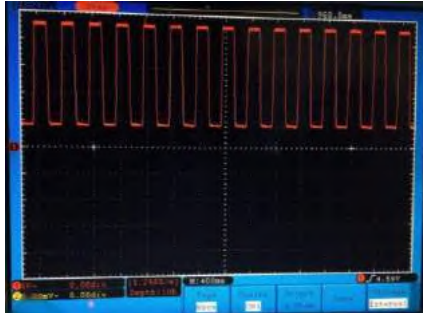
Gambar 3.13 Sinyal Tp 4 dengan frekuensi 2,52 Hz

Pada gambar diatas merupakan sinyal pada titik pengukuran 4 yang merupakan blok rangkaian komparator yang berfungsi membandingkan antara pin *inverting* dan *non inverting*.



Gambar 3.14 Sinyal Tp 5 dengan frekuensi 2,52 Hz

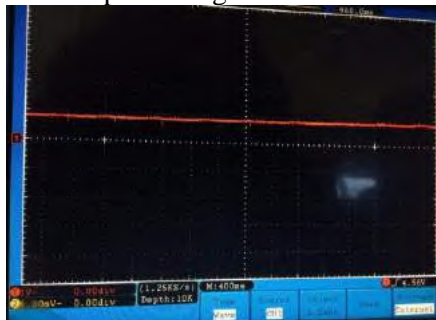
Pada gambar diatas merupakan titik pengukuran ke 5 yang merupakan outputan dari rangkaian komparator yang mengaktifkan taransistor basis NPN C9013.



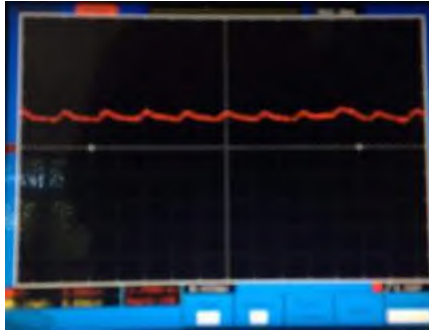
Gambar 3.15 Sinyal Tp 6 dengan frekuensi 2,52 Hz

Pada gambar diatas merupakan titik pengukuran terakhir pada rangkaian sensor, dimana sudah terlihat jelas sinyal dikret yang berlogika high dan low.

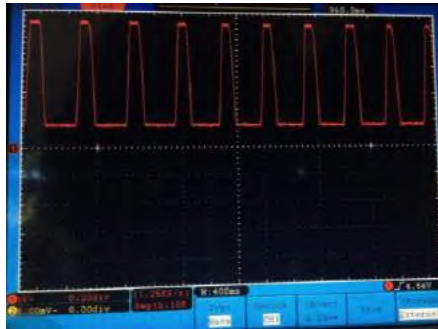
Berikut merupakan hasil gambar sinyal pada osiloskop ketika sensor di beri inputan tangan :



Gambar 3.16 Sinyal Tp 1 dengan di beri inputan tangan



Gambar 3.17 Sinyal Tp 2 pin 1 LM 358



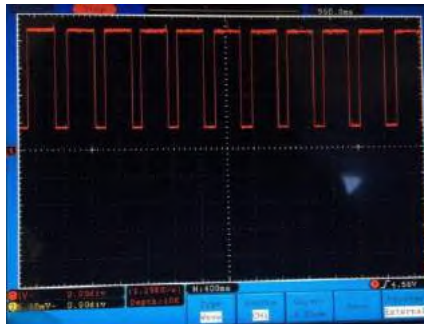
Gambar 3.18 Sinyal Tp 3 pin 7 LM 358



Gambar 3.19 Sinyal Tp 4 (*Setingan comparator*) IC LM 393



Gambar 3.20 Sinyal Tp 5 (*Output comparator*) IC LM 393



Gambar 3.21 Sinyal Tp 6 (*Output Monostabil*) Ne 555

Setelah didapatkan hasil sinyal sensor detak jantung sebanyak 6 titik pengukuran yang berbeda berdasarkan modul sensor yang telah dibuat. Dengan menggunakan osiloskop, sinyal dapat terlihat dengan jelas, yaitu sinyal outputan dari modul bernilai high dan low.

Halaman ini memang dikosongkan

BAB IV

ANALISA DATA

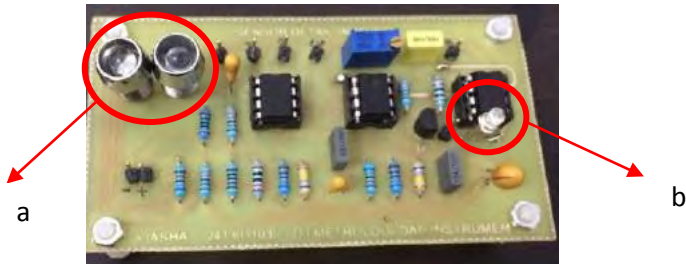
4.1 Analisa Data

Berikut merupakan hasil dan pengambilan data pada tugas akhir rancang bangun sensor detak jantung menggunakan sensor photodiode pada treadmill yaitu sebagai berikut:



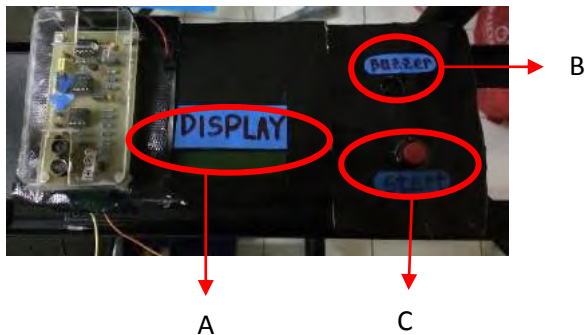
Gambar 4.1 *Plant treadmill*

Pada gambar 4.1 merupakan hasil rancang bangun mekanik pada plant treadmill yang terdiri dari panel box dan perangkat lain yang berkaitan dengan plant *treadmill*. Sedangkan pada gambar 4.2 di bawah ini merupakan rancang bangun rangkaian sensor detak jantung manusia yang diletakkan diatas treadmill yang dapat difungsikan untuk memantau detak jantung pengguna.



Gambar 4.2 Rangkaian sensor detak jantung yang telah dibuat, sensor *photodiode* dan *infrared* (a), led sebagai indikator sensor (b)

Gambar 4.2 merupakan rancang bangun rangkaian sensor detak jantung menggunakan sensor *photodiode* dan led infrared sebagai pemancar gelombang untuk diterima oleh photodiode .



Gambar 4.3 Tampak depan packaging sensor, display LCD (a), Alarm Buzzer (b), Tombol Start (c)

Gambar 4.3 merupakan gambar packaging dari sensor detak jantung yang di dilengkapi dengan lcd 16X2 sebagai display dalam bentuk BPM(*Beat Per Minute*) di beri kode a. Sedangkan pada kode b merupakan *alarm buzzer* yang digunakan sebagai tanda peringatan ketika detak jantung dalam keadaan bahaya atau diatas *set point* yang telah ditetapkan. Dan kode c merupakan

tombol start yang berfungsi ketika pengguna treadmill ingin memantau detak jantung yang dihasilkan.

Tabel 4.1 Database Pengukuran

Nama	Detak Jantung (BPM)
Responden 1	79
Responden 2	82
Responden 3	62
Responden 4	89,6
Responden 5	78,4

Hasil dari data yang terdiri dari tujuh orang yang menunjukkan bahwa setiap orang memiliki detak jantung yang berbeda tergantung kondisi dan saat tertentu. Data diatas didapat saat setiap sample orang melakukan aktivitas yang berbeda seperti aktifitas saat santai, setelah berjalan dan lain sebgainya.

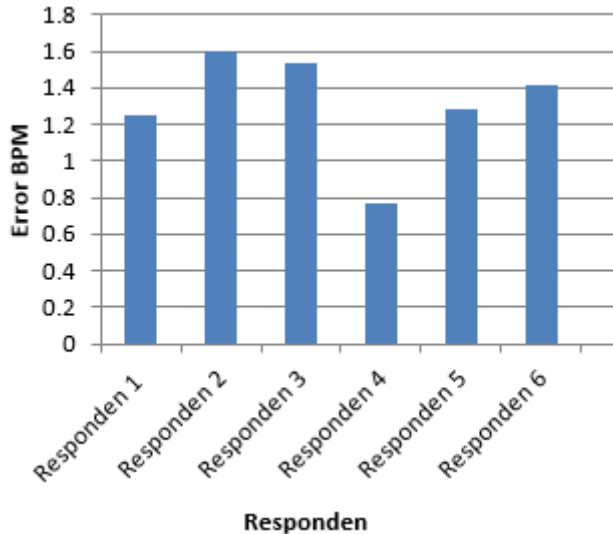
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Frekuensi pada Function Generator

No	f(Hz)	Nilai BPM		Error
		Perhitungan	Display	
2	1,8	108	108	0
3	1,6	96	96	0
1	2	120	120	0
2	1,8	108	108	0
3	1,6	96	96	0
4	1,4	84	84	0
5	1,2	72	72	0
6	1	60	60	0
7	0,9	54	54	0
8	0,8	48	47	2,08
9	0,7	42	41	2,08
10	0,6	36	35	2,08

Pada tabel 4.2 merupakan hasil pengukuran frekuensi pada function generator yang dilakukan sebanyak 10 kali pengambilan nilai BPM berdasarkan perhitungan dan *display* dengan di beri frekuensi dengan menggunakan *function generator* antara 1,8-0,6 Hz. Didapatkan nilai error antara 0- 2,08.

Tabel 4.3 Hasil Rata-rata Pengukuran dan perhitungan BPM Modul dan BPM Pembanding Manual

No.	Nama	Hasil Modul (bpm)	Hasil Manual (Bpm)	Error %
1	Responden 1	80	81	1,25
		85	84	1,17
		75	74	1,33
Rata-Rata Presentase Error %				1,25
2	Responden 2	84	86	2,38
		84	85	1,19
		80	81	1,25
Rata-Rata Presentase Error %				1.60
3	Responden 3	60	60	0
		65	64	1,53
		64	64	0
Rata-Rata Presentase Error %				1,53
4	Responden 4	84	84	0
		85	86	1,17
		87	88	1,14
Rata-Rata Presentase Error %				0,77
5	Responden 5	76	77	1,33
		75	76	1,33
		77	78	1,2
Rata-Rata Presentase Error %				1,28
6	Responden 6	68	69	1,47
		70	71	1,42
		73	72	1,36
Rata-Rata Presentase Error %				1.41

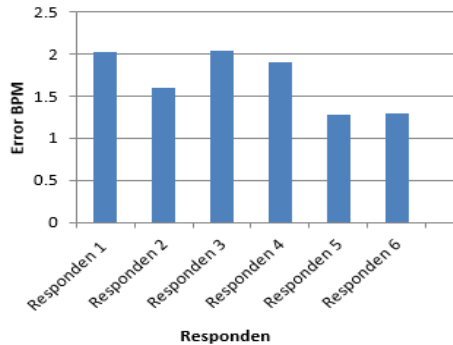


Gambar 4.4 Perbandingan antara BPM secara manual dan BPM modul

Pada gambar 4.4 merupakan grafik hasil nilai *error* yang dihasilkan oleh bpm yang dihasilkan oleh modul dan bpm yang dihitung secara manual. Range rata-rata nilai error yang dihasilkan yaitu 0,77-1,60 % yaitu sekitar 1-2 bpm. Pada responden 1 didapatkan nilai error sebesar 1,25. Pada responden 2 didapatkan nilai error sebesar 1,6%. Pada responden 3 didapatkan nilai error sebesar 1,53%. Pada responden 4 didapatkan nilai error sebesar 0,77%. Pada responden 5 didapatkan nilai error sebesar 1.28%. Pada responden 5 didapatkan nilai error sebesar 1,41%. Setelah dilakukan beberapa pengambilan secara manual untuk mendapatkan nilai bpm, maka di lakukan pengambilan data menggunakan ECG. Hasil pengambilan data dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran dan perhitungan BPM Modul dan BPM Pemandangan (ECG) *Standard*

No.	Nama	Hasil ECG (bpm)	Hasil Alat (Bpm)	Error %
1	Responden 1	68	69	1.47
		63	65	3.17
		71	72	1.4
Rata-Rata Presentase Error %				2.03
2	Responden 2	83	84	1.2
		77	78	1.2
		82	84	2.4
Rata-Rata Presentase Error %				1.6
3	Responden 3	80	82	2.5
		84	86	2.38
		80	81	1.25
Rata-Rata Presentase Error %				2.04
4	Responden 4	89	90	1.11
		88	90	2.27
		86	88	2.32
Rata-Rata Presentase Error %				1.9
5	Responden 5	75	76	1.33
		75	76	1.33
		77	78	1.2
Rata-Rata Presentase Error %				1.28
6	Responden 6	79	80	1.26
		77	78	1.29
		75	76	1.33
Rata-Rata Presentase Error %				1.29



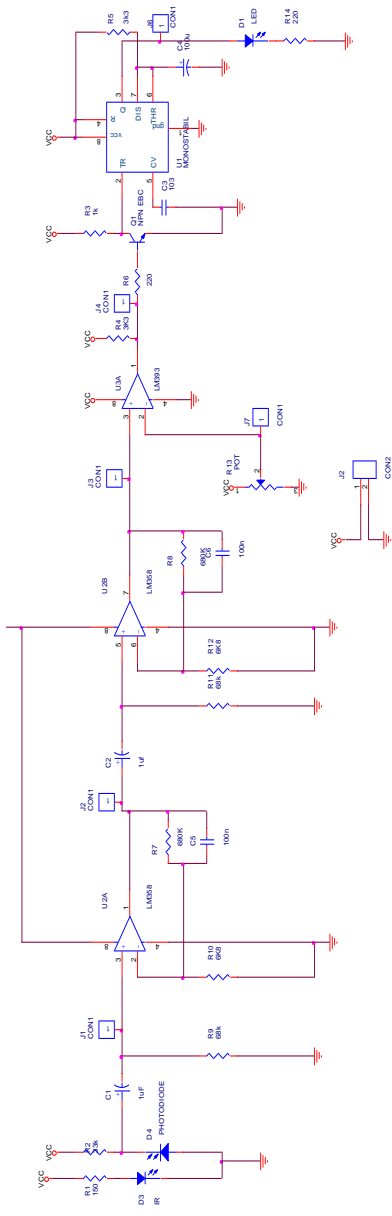
Gambar 4.5 Perbandingan antara BPM standar (ECG) dan BPM modul

Pada gambar 4.5 merupakan grafik hasil nilai *error* yang dihasilkan oleh bpm yang dihasilkan oleh modul dan bpm dari ECG yaitu sensor detak jantung yang sudah *standart*. Range rata-rata nilai error yang dihasilkan yaitu 1,28-2,04% yaitu sekitar 1-2 bpm. Pada responden 1 didapatkan nilai error sebesar 2,03%. Pada responden 2 didapatkan nilai error sebesar 1,6%. Pada responden 3 didapatkan nilai error sebesar 2,04%. Pada responden 4 didapatkan nilai error sebesar 1,9%. Pada responden 5 didapatkan nilai error sebesar 1,28%. Pada responden 6 didapatkan nilai error sebesar 1,29%.

4.2 Pembahasan

Pada tugas akhir ini dibuat sebuah rancang bangun sensor detak jantung manusia yang di letakkan diatas *treadmill* . Prinsip kerja dari sensor detak jantung ini adalah dengan meletakkan jari tangan diatas sensor *photodiode* dan led *infrared*. Sensor alat denyut jantung atau beats per minutes (BPM) yang berfungsi untuk mendeteksi banyaknya denyut jantung yang dihasilkan dalam satu menit. Komponen utama alat tersebut adalah sumber cahaya dan detektor serta hasil interaksi hemoglobin terhadap

sumber cahaya tersebut. Cara kerja sensor infrared dengan photodiode terhadap hemoglobin yaitu ada sumber cahaya infrared dengan panjang gelombang 940nm dipancarkan ke pembuluh darah dan berinteraksi dengan hemoglobin. Fungsi utama hemoglobin pembawa oksigen ke sel-sel tubuh yang memerlukan sehingga hemoglobin memiliki dua keadaan yaitu oksidasi (mengikat oksigen) dan deoksidasi (menyerap CO₂). Darah oksidasi berasal dari jantung yang berdenyut untuk mentransferkan ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah, sehingga saat terjadi oksidasi warna hemoglobin menjadi lebih terang dan begitu pula sebaliknya saat terjadi deoksidasi maka warna hemoglobin menjadi lebih gelap. Pada saat sumber cahaya *infrared* berinteraksi dengan hemoglobin terjadi *scattering* antar hemoglobin, dengan hamburan tersebut maka akan lebih jelas perbedaan darah oksidasi dengan darah deoksidasi. Terang redupnya tersebut dapat ditangkap oleh photodiode dan dengan sumber cahaya yang memancar maka didapatkan panjang gelombang yang dihasilkan oleh photodiode sehingga dapat dihitung pulsa naik dan turun selama satu menit. Setelah dilakukan pengambilan data BPM dengan berbagai cara yaitu salah satunya dengan membandingkan hasil dari modul dan hasil dari alat detak jantung standar seperti ECG (*Electrocardiography*) dapat dilihat bahwa hasil pengukuran detak jantung menunjukkan nilai kesalahan yang relatif kecil dan hasilnya hampir stabil dengan dilakukan beberapa kali pengambilan data. Yaitu didapatkan nilai *error sebesar 1,69* yang dapat diartikan bahwa perbedaan sekitar 1-2 BPM saja dan presentase kesalahan terhadap function generator yang dimiliki modul sensor detak jantung ini adalah 0,24 %, sehingga dapat disimpulkan untuk alat sensor detak jantung yang diletakkan diatas treadmill ini sudah memenuhi standar karena kurang dari ketentuan toleransi error sebesar 5%.



LAMPIRAN
(LISTING PROGRAM)

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(2, 3, 4, 5, 6, 7);
int count=0;
int bpm=0;

int val=0;
int detik=0;
int bpm_normal=60;

int highset=700, datanow=0, databefore=0;
int sensorValue=0;

ISR(TIMER1_OVF_vect)
{
    TCNT1H=0xC2;
    TCNT1L=0xF7;
    detik++;
}

void initTimer1()
{
    TCCR1A=0x00;
    TCCR1B=0x05;
    TCNT1H=0xC2;
    TCNT1L=0xF7;
    ICR1H=0x00;
    ICR1L=0x00;
```

```
    OCR1BH=0x00;
    OCR1BL=0x00;
    TIMSK1=0x01;
    sei();
}

void setup()
{
    //Serial.begin(9600);    //baudrate serial
    lcd.begin(16, 2);
    pinMode(9, OUTPUT);    //pin buzzer
    pinMode(11, INPUT);    //pin pushbutton
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("  TUGAS AKHIR  ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("  Farida Iasha  ");
    delay(5000);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("                ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("                ");
}

void loop()
{
    val = digitalRead(11);
    if(val == LOW)
```



```
{
  initTimer1();
  while(detik<=15)
  {
    sensorValue = analogRead(A0);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("                ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("                ");
    if(sensorValue>=highset)
    {
      datanow=1;
    }
    else
    {
      datanow=0;
    }
    if(datanow==1 && databefore==0)
    {
      count=count+1;
      databefore=datanow;
    }
    else
    {
      databefore=datanow;
    }
    lcd.setCursor(0,0);
  }
}
```

```
lcd.print("Detak=");
lcd.setCursor(6,0);
lcd.print(count);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Detik=");
lcd.setCursor(6,1);
lcd.print(detik);
//Serial.println(sensorValue);
//Serial.println(count);
//Serial.println(detik);
delay(100);
}
bpm=4*count;
lcd.setCursor(11,0);
lcd.print("BPM");
lcd.setCursor(11,1);
lcd.print(bpm);
//Serial.println(bpm);
analogWrite(9,100);
delay(5000);

if(bpm>bpm_normal)
{
  analogWrite(9, 20);
  delay(500);
  analogWrite(9, 0);
}
```

LAMPIRAN C (DATASHEET)

- **Datasheet photodiode (PD333-3C/HO/L2)**



5mm Silicon PIN Photodiode , T-1 3/4
PD333-3C/HO/L2



Features

- Fast response time
- High photo sensitivity
- Small junction capacitance
- Pb free
- This product itself will remain within RoHS compliant version.

Description

PD333-3C/HO/L2 is a high speed and high sensitive PIN photodiode in a standard S1 plastic package. Due to its water clear epoxy, the device is sensitive to visible and infrared radiation.

Applications

- High speed photo detector
- Security system
- Camera

DATASHEET

5mm Silicon PIN Photodiode, T-1 3/4
PD333-3C/H0/L2

EVERLIGHT

Device Selection Guide

Chip Materials	Lens Color
Silicon	Water clear

Absolute Maximum Ratings (Ta=25 °C)

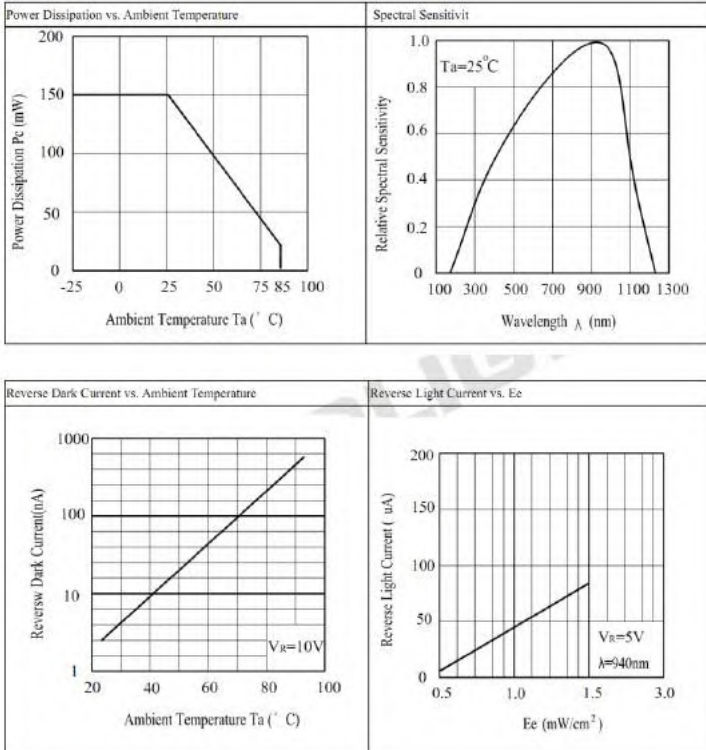
Parameter	Symbol	Rating	Unit
Reverse Voltage	V_R	32	V
Power Dissipation	P_d	150	mW
Lead Soldering Temperature	T_{sol}	260	
Operating Temperature	T_{opr}	-25 ~ +85	
Storage Temperature	T_{stg}	-40 ~ +100	

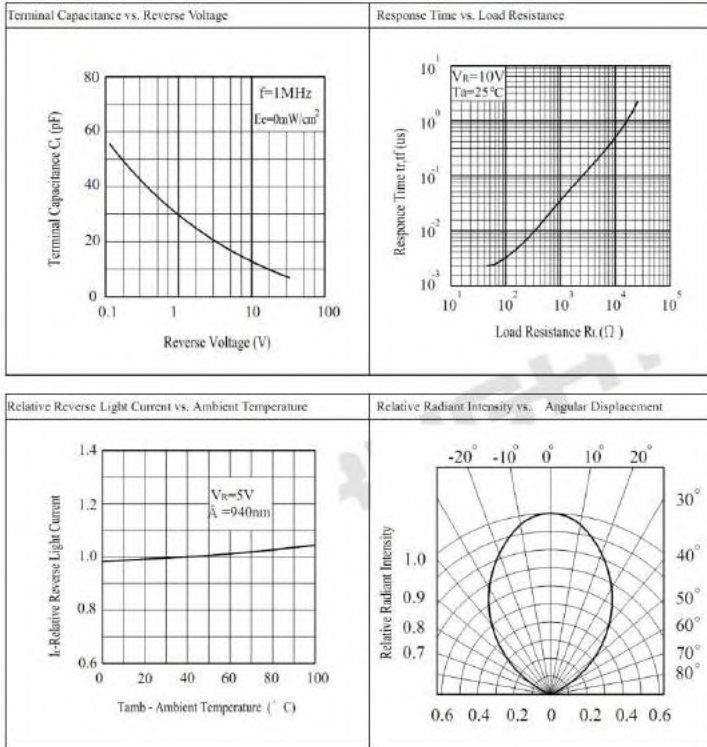
Notes: *1: Soldering time \leq 5 seconds.

Electro-Optical Characteristics (Ta=25 °C)

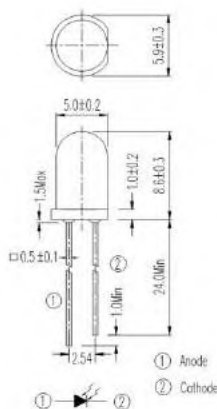
Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Condition
Range Of Spectral Bandwidth	$\lambda_{0.5}$	400	---	1100	nm	----
Wavelength Of Peak Sensitivity	λ_p	---	940	---	nm	----
Open-Circuit Voltage	V_{OC}	---	0.39	---	V	$E_e=5m\ W/cm^2$ $\lambda_p=940nm$
Short- Circuit Current	I_{SC}	---	40	---	μA	$E_e=1m\ W/cm^2$ $\lambda_p=940nm$
Reverse Light Current	I_L	36	40	---		$E_e=1m\ W/cm^2$ $\lambda_p=940nm$ $V_R=5V$
Reverse Dark Current	I_D	---	5	30	nA	$E_e=0m\ W/cm^2$ $V_R=10V$
Reverse Breakdown Voltage	V_{BR}	32	170	---	V	$E_e=0m\ W/cm^2$ $I_L=100\mu A$
Total Capacitance	C_T	---	18	---	pF	$E_e=0m\ W/cm^2$ $V_R=5V$ $f=1MHz$
Rise Time/ Fall Time	t_r / t_f	---	45/45	---	nS	$V_R=10V$ $R_L=1K\Omega$
View Angle	$2\theta_{1/2}$	--	80	--	deg	$I_L=20mA$

Typical Electro-Optical Characteristics Curves





Package Dimension



Note: Tolerances unless dimensions ± 0.25 mm

Label Form Specification



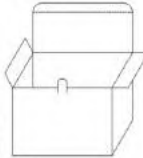
- CPN: Customer's Product Number
- P/N: Product Number
- QTY: Packing Quantity
- CAT: Luminous Intensity Rank
- HUE: Dom. Wavelength Rank
- REF: Forward Voltage Rank
- LOT No: Lot Number
- X: Month
- Reference: Identify Label Number

Packing Specification

- Anti-electrostatic bag



- Inner Carton



- Outside Carton



- Packing Quantity
1. 500 PCS/1 Bag, 5 Bags/1 Inner Carton
2. 10 Inner Cartons/1 Outside Carton

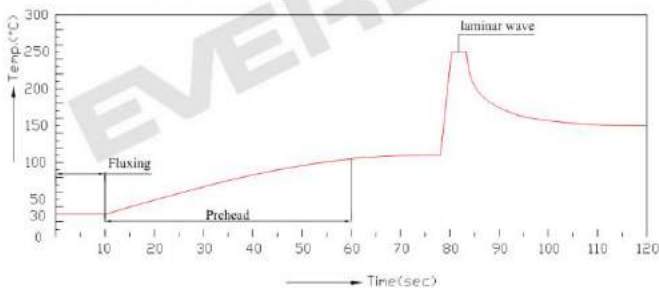
Notes

- Lead Forming
 - During lead formation, the leads should be bent at a point at least 3mm from the base of the epoxy bulb.
 - Lead forming should be done before soldering.
 - Avoid stressing the LED package during leads forming. The stress to the base may damage the LED's characteristics or it may break the LEDs.
 - Cut the LED lead frames at room temperature. Cutting the lead frames at high temperatures may cause failure of the LEDs.
 - When mounting the LEDs onto a PCB, the PCB holes must be aligned exactly with the lead position of the LED. If the LEDs are mounted with stress at the leads, it causes deterioration of the epoxy resin and this will degrade the LEDs.
- Storage
 - The LEDs should be stored at 30°C or less and 70%RH or less after being shipped from Everlight and the storage life limits are 3 months. If the LEDs are stored for 3 months or more, they can be stored for a year in a sealed container with a nitrogen atmosphere and moisture absorbent material.
 - Please avoid rapid transitions in ambient temperature, especially, in high humidity environments where condensation can occur.

- Soldering
 - Careful attention should be paid during soldering. When soldering, leave more than 3mm from solder joint to epoxy bulb, and soldering beyond the base of the tie bar is recommended.
 - Recommended soldering conditions:

Hand Soldering		DIP Soldering	
Temp. at tip of iron	300 Max. (30W Max.)	Preheat temp.	100 Max. (60 sec Max.)
Soldering time	3 sec Max.	Bath temp. & time	260 Max. 5 sec Max.
Distance	3mm Min. (From solder joint to epoxy bulb)	Distance	3mm Min. (From solder joint to epoxy bulb)

- Recommended soldering profile



- Avoiding applying any stress to the lead frame while the LEDs are at high temperature particularly when soldering.
- Dip and hand soldering should not be done more than one time
- After soldering the LEDs, the epoxy bulb should be protected from mechanical shock or vibration until the LEDs return to room temperature.
- A rapid-rate process is not recommended for cooling the LEDs down from the peak temperature.

DATASHEET

5mm Silicon PIN Photodiode , T-1 3/4
PD333-3C/H0/L2

EVERLIGHT

Although the recommended soldering conditions are specified in the above table, dip or hand soldering at the lowest possible temperature is desirable for the LEDs.

- Wave soldering parameter must be set and maintain according to recommended temperature and dwell time in the solder wave.
4. Cleaning
- When necessary, cleaning should occur only with isopropyl alcohol at room temperature for a duration of no more than one minute. Dry at room temperature before use.
 - Do not clean the LEDs by the ultrasonic. When it is absolutely necessary, the influence of ultrasonic cleaning on the LEDs depends on factors such as ultrasonic power and the assembled condition. Ultrasonic cleaning shall be pre-qualified to ensure this will not cause damage to the LED
5. Heat Management
- Heat management of LEDs must be taken into consideration during the design stage of LED application. The current should be de-rated appropriately by referring to the de-rating curve found in each product specification.
 - The temperature surrounding the LED in the application should be controlled. Please refer to the data sheet de-rating curve.
6. ESD (Electrostatic Discharge)
- Electrostatic discharge (ESD) or surge current (EOS) can damage LEDs.
 - An ESD wrist strap, ESD shoe strap or antistatic gloves must be worn whenever handling LEDs.
 - All devices, equipment and machinery must be properly grounded.
 - Use ion blower to neutralize the static charge which might have built up on surface of the LEDs plastic lens as a result of friction between LEDs during storage and handling.
7. Other
- Above specification may be changed without notice. EVERLIGHT will reserve authority on material change for above specification.
 - When using this product, please observe the absolute maximum ratings and the instructions for using outlined in these specification sheets. EVERLIGHT assumes no responsibility for any damage resulting from use of the product which does not comply with the absolute maximum ratings and the instructions included in these specification sheets.
 - These specification sheets include materials protected under copyright of EVERLIGHT corporation. Please don't reproduce or cause anyone to reproduce them without EVERLIGHT's consent.

• **Datasheet Infrared (TSAL6200)**



TSAL6200

Vishay Semiconductors

High Power Infrared Emitting Diode, 940 nm, GaAlAs, MQW



FEATURES

- Package type: leaded
- Package form: T-1¾
- Dimensions (in mm): Ø 5
- Peak wavelength: $\lambda_p = 940$ nm
- High reliability
- High radiant power
- High radiant intensity
- Angle of half intensity: $\phi = \pm 17^\circ$
- Low forward voltage
- Suitable for high pulse current operation
- Good spectral matching with Si photodetectors
- Material categorization: For definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?99912



DESCRIPTION

TSAL6200 is an infrared, 940 nm emitting diode in GaAlAs multi quantum well (MQW) technology with high radiant power and high speed molded in a blue-gray plastic package.

APPLICATIONS

- Infrared remote control units with high power requirements
- Free air transmission systems
- Infrared source for optical counters and card readers

PRODUCT SUMMARY				
COMPONENT	I_c (mW/sr)	ϕ (deg)	λ_p (nm)	t_r (ns)
TSAL6200	72	± 17	940	15

Note

- Test conditions see table "Basic Characteristics"

ORDERING INFORMATION			
ORDERING CODE	PACKAGING	REMARKS	PACKAGE FORM
TSAL6200	Bulk	MOQ: 4000 pcs, 4000 pcs/bulk	T-1¾

Note

- MOQ: minimum order quantity

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_{amb} = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified)				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
Reverse voltage		V_R	5	V
Forward current		I_F	100	mA
Peak forward current	$t_p/T = 0.5, t_p = 100 \mu\text{s}$	I_{FM}	200	mA
Surge forward current	$t_p = 100 \mu\text{s}$	I_{FSM}	1.5	A
Power dissipation		P_V	160	mW
Junction temperature		T_j	100	$^\circ\text{C}$
Operating temperature range		T_{amb}	-40 to +85	$^\circ\text{C}$
Storage temperature range		T_{stg}	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
Soldering temperature	$t \leq 5$ s, 2 mm from case	T_{sd}	260	$^\circ\text{C}$
Thermal resistance junction/ambient	J-STD-051, leads 7 mm soldered on PCB	R_{thJA}	230	K/W

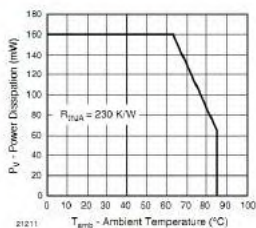


Fig. 1 - Power Dissipation Limit vs. Ambient Temperature

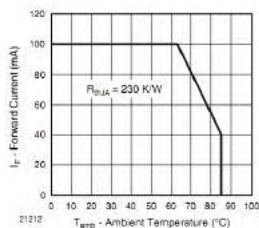


Fig. 2 - Forward Current Limit vs. Ambient Temperature

BASIC CHARACTERISTICS (T _{amb} = 25 °C, unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Forward voltage	I _F = 100 mA, t _P = 20 ms	V _F		1.35	1.6	V
	I _F = 1 A, t _P = 100 μs	V _F		2.2	3	V
Temperature coefficient of V _F	I _F = 1 mA	TK _{VF}		-1.8		mV/K
Reverse current	V _R = 5 V	I _R			10	μA
Junction capacitance	V _B = 0 V, f = 1 MHz, E = 0	C _J		40		pF
Radiant intensity	I _F = 100 mA, t _P = 20 ms	I _e	40	72	200	mW/sr
	I _F = 1 A, t _P = 100 μs	I _e	340	600		mW/sr
Radiant power	I _F = 100 mA, t _P = 20 ms	Φ _e		40		mW
Temperature coefficient of Φ _e	I _F = 20 mA	TK _{Φe}		-0.6		%/K
Angle of half intensity		φ		± 17		deg
Peak wavelength	I _F = 100 mA	λ _p		940		nm
Spectral bandwidth	I _F = 100 mA	Δλ		30		nm
Temperature coefficient of λ _p	I _F = 100 mA	TK _{λp}		0.2		nm/K
Rise time	I _F = 100 mA	t _r		15		ns
Fall time	I _F = 100 mA	t _f		15		ns

BASIC CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)

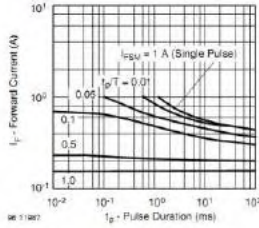


Fig. 3 - Pulse Forward Current vs. Pulse Duration

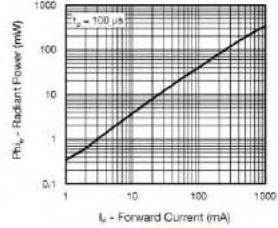


Fig. 6 - Radiant Power vs. Forward Current

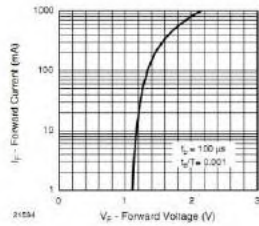


Fig. 4 - Forward Current vs. Forward Voltage

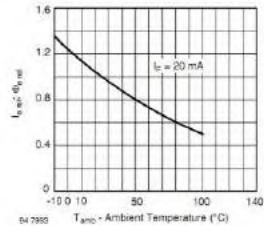


Fig. 7 - Relative Radiant Intensity/Power vs. Ambient Temperature

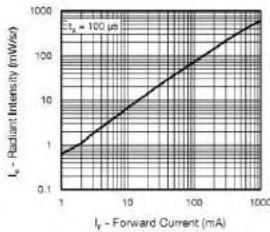


Fig. 5 - Radiant Intensity vs. Forward Current

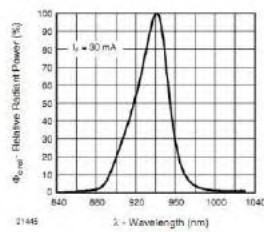


Fig. 8 - Relative Radiant Power vs. Wavelength

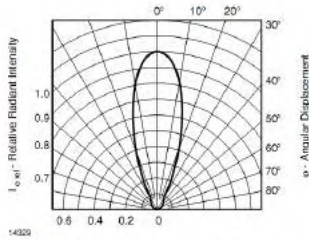
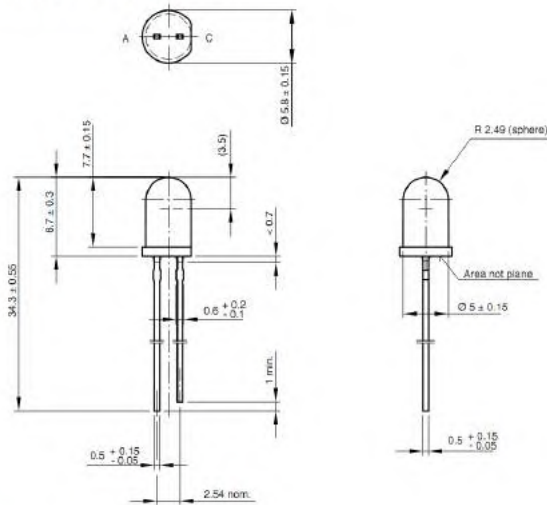


Fig. 9 - Relative Radiant Intensity vs. Angular Displacement

PACKAGE DIMENSIONS in millimeters

 Drawing-No.: 6 544-5259.06-4
 Issue: 6; 19.05.09
 19257

- **Datasheet microcontroller Arduino Uno**

AIAA OC Rocketry (Revision 3 April 27, 2014 - <http://aiaaocrocketry.org>)

ARDUINO UNO Revision 3 BOARD



The Arduino Uno is one of the most common and widely used Arduino processor boards. There are a wide variety of shields (plug in boards adding functionality). It is relatively inexpensive (about \$25 - \$35).

The latest version as of this writing (3/2014) is Revision 3 (r3):

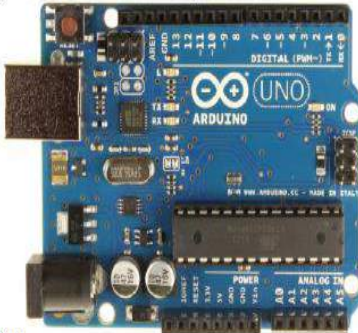
- Revision 2 added a pull-down resistor to the 8U2 HWB line, making it easier to put into DFU (Device Firmware Update) mode
- Revision 3 added
 - SDA and SCL pins are now brought out to the header near the AREF pin (upper left on picture). SDA and SCL are for the I2C interface
 - IOREF pin (middle lower on picture that allows shields to adapt to the voltage provided
 - Another pin not connected reserved for future use.

The board can be powered from the USB connector (usually up to 500ma for all electronics including shield), or from the 2.1mm barrel jack using a separate power supply when you cannot connect the board to the PC's USB port.

Links:

- Arduino web site: <http://www.arduino.cc/>
- Arduino Uno overview and image source: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno#UxNp8k2YzuG>
- DFU Mode (Device Firmware update) explanation: <http://arduino.cc/en/Hacking/DFUProgramming8U2#UxNqXE2YzuE>
- Arduino Uno schematic: http://arduino.cc/en/uploads/Main/Arduino_Uno_Rev3-schematic.pdf
- Arduino Uno Eagle PCB Files: http://arduino.cc/en/uploads/Main/arduino_Uno_Rev3-02-TH.zip
- Eagle PCB design software (use License = "Run as Freeware"): <https://www.cadsoftusa.com/download-eagle/>
- Hardware Index – past and present boards: <http://arduino.cc/en/Main/Boards#UxNq9U2YzuE>
- Specifications comparison chart: <http://arduino.cc/en/Products.Compare#UxOJGk2YzuF>
- Board comparison chart: <http://arduino.cc/en/Products.Compare#UxN6oE2YzuE>
- Sources
 - MP3Car: <http://store.mp3car.com/SearchResults.asp?Search=arduino>
 - Sparkfun: <https://www.sparkfun.com/>
 - Adafruit: <http://www.adafruit.com/category/17>
 - Amazon: http://www.amazon.com/s/ref=nb_sb_noss_1?url=search-alias%3Daps&field-keywords=Arduino
 - Pololu: <http://www.pololu.com/search?query=Arduino>

ARDUINO UNO Revision 3 Specifications



- Microcontroller: ATmega328
- Operating Voltage: 5V
- Uno Board Recommended Input Voltage: 7 – 12 V
- Uno Board Input Voltage Limits: 6 – 20 V
- Digital I/O Pins: 14 total – 6 of which can be PWM
- Analog Input Pins: 6
- Maximum DC Current per I/O pin at 5VDC: 40ma
- Maximum DC Current per I/O pin at 3.3 VDC: 50ma
- Flash Memory: 32KB (0.5KB used by bootloader)
- SRAM Memory: 2KB
- EEPROM: 1KB
- Clock Speed: 16 MHz

Links:

- Arduino specifications and image page: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno#.UxOOLk2YzU4>

ARDUINO UNO Revision 3 Processor Peripherals (Atmel ATmega 328)



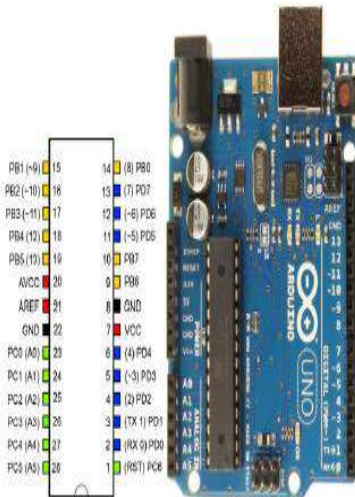
- Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
- One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
- Real Time Counter with Separate Oscillator
- Six PWM channels
- Six channel 10 bit ADC including temperature measurement
- Programmable Serial USART
- Master/Slave SPI Serial Interface
- Byte-oriented 2 wire Serial Interface (Philips I2C compatible)
- Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
- On-chip Analog Comparator

Links:

- Source of above diagram: <http://tekkpinov.com/wp-content/uploads/2013/10/1.jpg>
- AT Mega 328 datasheet: <http://www.atmel.com/Images/doc8161.pdf>

AIAA OC Rocketry (Revision 3 April 27, 2014 - <http://aiaaocrocketry.org>)

ARDUINO UNO Revision 3 and ATmega328 processor

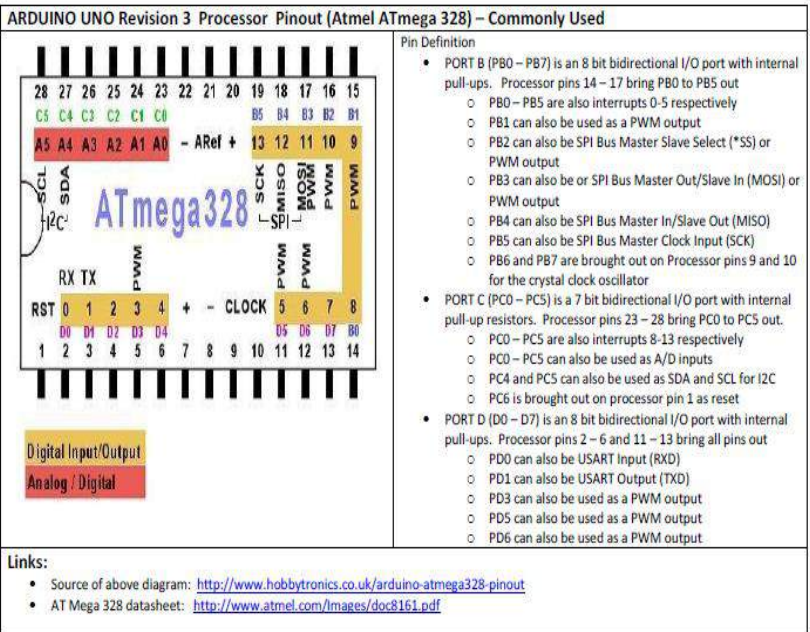


The Arduino board makes it very easy to use the ATmega328 processor by providing easy access to most of the pins via the headers. In addition, it provides:

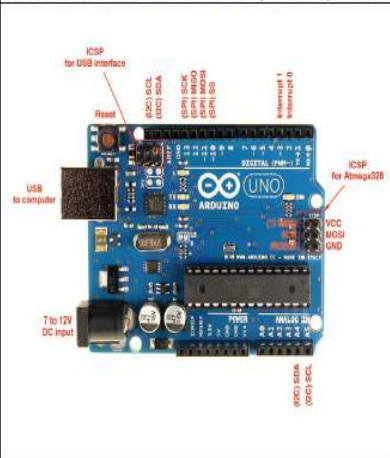
- 5 VDC regulated power from the 6 – 20 VDC input jack
- 3.3 VDC regulated power available for other electronics
- The crystal oscillator
- A reset switch
- USB access to the serial port
- Headers for connection and for shields

Links:

- Arduino specifications and image page: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno#Ux00Lk2YZuH>
- ATmega328 processor image modified from image found at: <http://www.protostack.com/microcontrollers/atmega328-pu-atmel-8-bit-32k-avr-microcontroller>



ARDUINO UNO Revision 3 Pinout (Uno PCB) – Commonly Used Features are printed on Silkscreen



The Arduino Uno pinout is printed in the silkscreen on the top of the part. While this pinout is a good start, it does not explain the complete story – but it does give a good beginning. At first you use mainly the pins in the female headers at the edge of the board (top and bottom in the photo), plus USB and maybe power

- Tx and Rx are serial UART pins used for RS-232 and USB communications
- I2C is another serial communications method using a bidirectional data line (SDA) and a clock line (SCL)
- SPI is another serial communications method using one line for the master to transmit (MOSI – Master Out Slave In), another for the master to receive (MISO), and a third as a clock (SCK)
- A/D in Analogue to Digital this input converts an analogue voltage in to a digital representation
- PWM (Pulse Width Modulator) is used to create a square wave with a specific duty cycle (high time vs low time)
- ICSP is the In Circuit Serial Programming – another way to program the processor
- Vcc is the voltage supplied to the processor (+5VDC regulated from the higher input voltage)
- 3.3VDC is a regulated voltage (from the higher input voltage) for peripherals needing that voltage – 50ma maximum
- IOREF provides a voltage reference so shields can select the proper power source
- AREF is a reference INPUT voltage used by the A/Ds
- GND is the ground reference
- RESET resets the processor (and some peripherals)

Links:

- Source of above diagram: <http://www.adafruit.com/blog/2012/05/25/handy-arduino-r3-pinout-diagram/>
- Description of pin usage: <http://www.gammon.com.au/forum/?id=11473>
- Arduino Uno Pin Mapping: http://arduino.cc/en/Hacking/PinMapping168#_UxOJlk2Y2uE
- Description of Arduino Serial: http://arduino.cc/en/reference/serial#_UxOMKk2Y2uE
- Description of the Arduino SPI functions and library: http://arduino.cc/en/Reference/SPI#_UxOPLk2Y2uE
- Description of Arduino A/D: http://arduino.cc/en/Tutorial/AnalogInputPins#_UxOM7k2Y2uE
- Description of Arduino PWM: http://arduino.cc/en/Tutorial/PWM#_UxOLs0Y2uE
- Tutorial on ISP: http://arduino.cc/en/Tutorial/ArduinoISP#_UxOUsk2Y2uE
- Tutorial on the AREF pin: <http://tronixstuff.com/2013/12/12/arduino-tutorials-chapter-22-aref-pin/>

ARDUINO UNO Revision 3 Processor Pinout (Atmel ATmega 328) – Other functions

Arduino function	Pin	Processor Pin	Arduino function
reset	1	PC5 (ADCSBCLK/PONT13)	analog input 5
digital pin 0 (RX)	2	PC4 (ADDA/SCK/PONT12)	analog input 4
digital pin 1 (TX)	3	PC3 (ADCS/PONT11)	analog input 3
digital pin 2	4	PC2 (ADCS/PONT10)	analog input 2
digital pin 3 (PWM)	5	PC1 (ADCA/PONT9)	analog input 1
digital pin 4	6	PC0 (ADCP/PONT8)	analog input 0
VCC	7	GND	GND
GND	8	AREF	analog reference
crystal	9	AVCC	VCC
crystal	10	PB5 (SCK/PONT5)	digital pin 13
digital pin 5 (PWM)	11	PB4 (MISO/PONT4)	digital pin 12
digital pin 6 (PWM)	12	PB3 (MOSI/CC2/PONT3)	digital pin 11 (PWM)
digital pin 7	13	PB2 (SS/OC1B/PONT2)	digital pin 10 (PWM)
digital pin 8	14	PB1 (OC1A/PONT1)	digital pin 9 (PWM)

Digital Pins 11, 12 & 13 are associated with CSF headers for MEGA
 MEGA, SCK connections (Atmega88 pins 17, 6& 19, Avcc low)
 impedance loads on these pins when using the CSF header

Pin Definition

- PORT B pins, in addition to digital I/O have other uses
 - PB0 can also be the divided system clock output (CLKO) or Timer/Counter 1 Input Capture (ICP1)
 - PB1 can also be Timer/Counter1 Output Compare Match A (OC1A) out
 - PB2 can also be Timer/Counter1 Output Compare Match B (OC1B)
 - PB3 can also be Timer/Counter2 Output Compare Match A out(OC2A)
- Port D pins, in addition to digital I/O have other uses
 - PD3 is also Timer/Counter2 Output Compare Match B Output (OC2B)
 - PD4 is also Timer/Counter0 External Counter Input (TO) or USART External Clock Input/Output (XCK)
 - PD5 is also Timer/Counter0 Output Compare Match B Output (OC0B) and Timer/Counter 1 External Counter Input
 - PD6 can also be Analog Comparator Positive In (AIN0)
 - PD7 can also be Analog Comparator Negative In (AIN1)

Links:

- Source of above diagram: http://nearbus.net/wiki/index.php?title=Atmega_328_Pinout
- AT Mega 328 datasheet: <http://www.atmel.com/Images/doc8161.pdf>

NOTE: A single diagram showing all features of the Arduino Uno and the Atmel ATmega328 processor is shown in Appendix A

Choose your language: [English \(US\)](#)

Search Product:

[\[Advanced \]](#)

[ELECTRONIC COMPONENTS](#) > [BUZZERS & SIRENS](#) > [BUZZERS](#) > [PCB BUZZERS](#) > [PCB MINI BUZZERS](#) >



MICRO BUZZER 5V DC / 20mA PCB TYPE - SEALED

Order Code: SV4/5-S



- [Adapters & power supplies](#)
- [Batteries & chargers](#)
- [Cables & accessories](#)
- [Connectors](#)
- [Consumer products & pc acc.](#)
- [Electronic components](#)
- [High-g tools & dmm's](#)
- [Led products & lamps](#)
- [Light products](#)
- [Loudspeakers & pa systems](#)
- [Perel tools](#)
- [Security products](#)
- [Velleman kits & oscilloscopes](#)



[RoHS Info](#)

Features

- sealed: yes
- operating power: 3-6V DC / 25mA
- extremely compact, ultrathin construction
- no electrical noise
- low current consumption yet high sound pressure level

Specifications

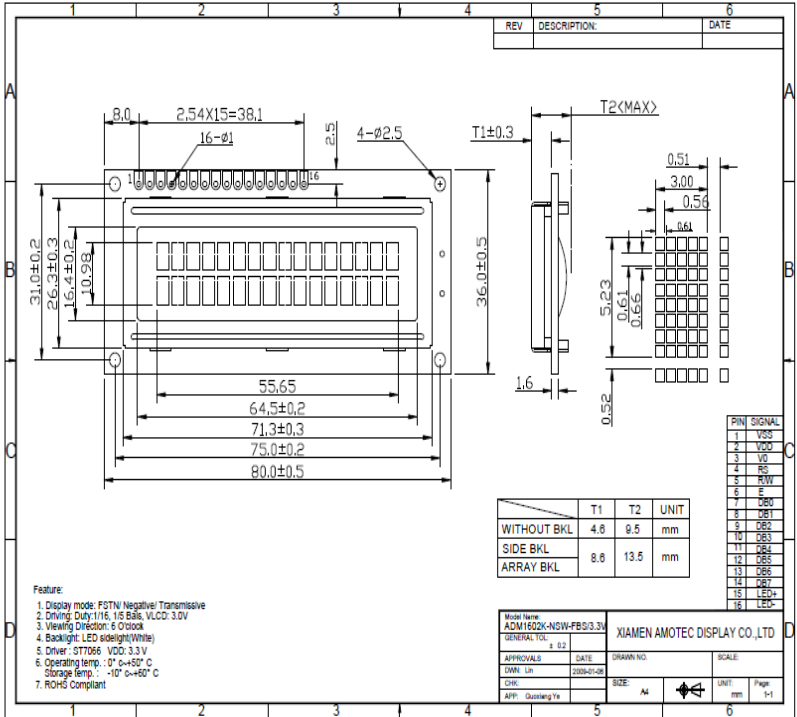
- tone type: single
- operating voltage: 3-6V DC
- rated voltage: 5V DC
- current consumption: 25mA
- osc. frequency: 3.2kHz
- sound level: 87dB
- connector type: pcb
- body color: gray
- weight: 0.056oz

[More...](#)

Stock Info

• **Datasheet LCD 16X2**

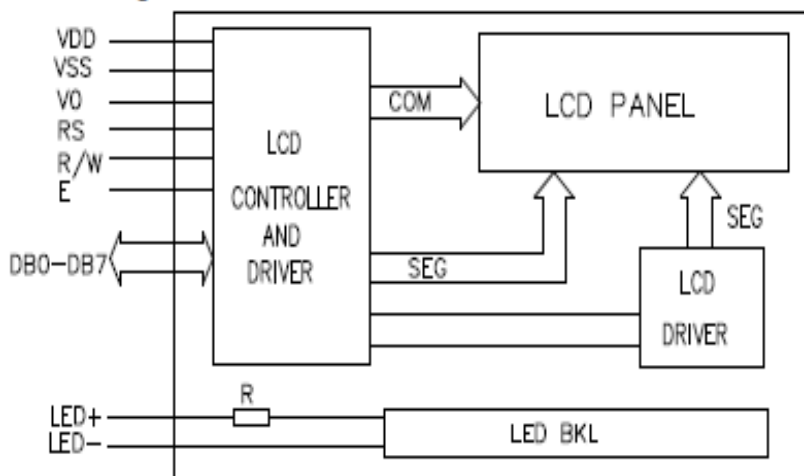
3. Outline dimension



4. Absolute maximum ratings

Item	Symbol	Standard			Unit
Power voltage	$V_{DD}-V_{SS}$	0	-	7.0	V
Input voltage	V_{IN}	VSS	-	VDD	
Operating temperature range	V_{OP}	0	-	+50	°C
Storage temperature range	V_{ST}	-10	-	+80	

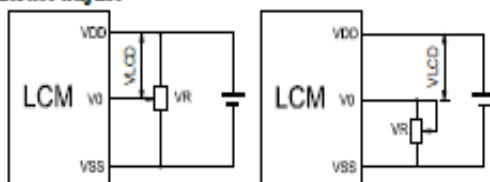
5. Block diagram



6. Interface pin description

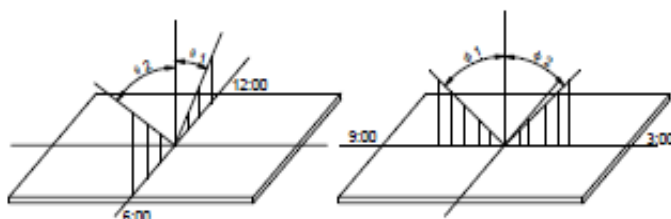
Pin no.	Symbol	External connection	Function
1	VSS	Power supply	Signal ground for LCM
2	VDD		Power supply for logic for LCM
3	V0		Contrast adjust
4	RS	MPU	Register select signal
5	R/W	MPU	Read/write select signal
6	E	MPU	Operation (data read/write) enable signal
7~10	DB0-DB3	MPU	Four low order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU and the LCM. These four are not used during 4-bit operation.
11~14	DB4-DB7	MPU	Four high order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU
15	LED+	LED BKL power supply	Power supply for BKL
16	LED-		Power supply for BKL

7. Contrast adjust



$V_{DD}-V_0$: LCD Driving voltage VR: 10k~20k

8. Optical characteristics



STN type display module ($T_a=25^\circ\text{C}$, $V_{DD}=3.3\text{V}$)

Item	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Viewing angle	$\theta 1$	$C_r \geq 3$		20		deg
	$\theta 2$			40		
	$\phi 1$			35		
	$\phi 2$			35		
Contrast ratio	C_r		-	10	-	-
Response time (rise)	T_r	-	-	200	250	ms
Response time (fall)	T_f	-	-	300	350	

9. Electrical characteristics

DC characteristics

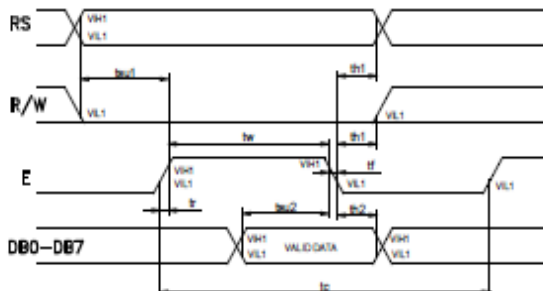
Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Supply voltage for LCD	$V_{DD}-V_0$	$T_a=25^\circ\text{C}$	-	3.0	-	V
Input voltage	V_{DD}		3.1	3.3	3.5	
Supply current	I_{DD}	$T_a=25^\circ\text{C}$, $V_{DD}=3.3\text{V}$	-	1.5	2.5	mA
Input leakage current	I_{LIS}		-	-	1.0	μA
"H" level input voltage	V_{HI}		2.2	-	V_{DD}	V
"L" level input voltage	V_{LI}	Twice initial value or less	0	-	0.6	
"H" level output voltage	V_{OH}	LOH=0.25mA	2.4	-	-	
"L" level output voltage	V_{OL}	LOH=1.6mA	-	-	0.4	
Backlight supply voltage	V_F		-	3.0		
Backlight supply current	I_{LSD}	$V_{LSD}=3.3\text{V}$ $R=25\Omega$			16	mA

10. Timing Characteristics

Write cycle ($T_a=25^\circ\text{C}$, $V_{DD}=3.3\text{V}$)

Parameter	Symbol	Test pin	Min.	Typ.	Max.	Unit
Enable cycle time	t_e	E	500	-	-	ns
Enable pulse width	t_w		300	-	-	
Enable rise/fall time	t_r, t_f		-	-	25	
RS; R/W setup time	t_{su1}	RS; R/W RS; R/W	100	-	-	
RS; R/W address hold time	t_{h1}		10	-	-	
Read data output delay	t_{d2}	DB0~DB7	60	-	-	
Read data hold time	t_{h2}		10	-	-	

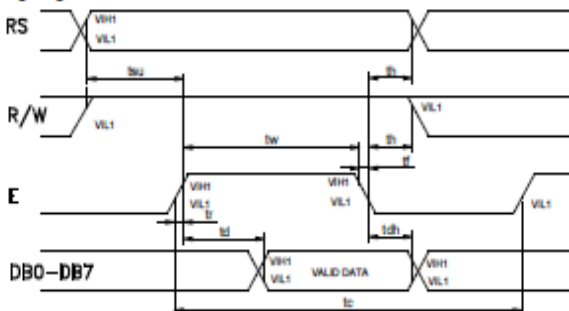
Write mode timing diagram



Read cycle ($T_a=25^\circ\text{C}$, $V_{DD}=3.3\text{V}$)

Parameter	Symbol	Test pin	Min.	Typ.	Max.	Unit
Enable cycle time	t_e	E	500	-	-	ns
Enable pulse width	t_w		300	-	-	
Enable rise/fall time	t_r, t_f		-	-	25	
RS; R/W setup time	t_{su}	RS; R/W RS; R/W	100	-	-	
RS; R/W address hold time	t_h		10	-	-	
Read data output delay	t_d	DB0~DB7	60	-	90	
Read data hold time	t_{dh}		20	-	-	

Read mode timing diagram



11. FUNCTION DESCRIPTION

11.1 System Interface

This chip has all two kinds of interface type with MPU : 4-bit bus and 8-bit bus. 4-bit bus and 8-bit bus is selected by DL bit in the Instruction register.

11.2 Busy Flag (BF)

When BF = "High", it indicates that the Internal operation is being processed. So during this time the next instruction cannot be accepted. BF can be read, when RS = Low and R/W = High (Read Instruction Operation), through DB7 port. Before executing the next instruction, be sure that BF is not high.

11.3 Address Counter (AC)

Address Counter (AC) stores DDRAM/CGRAM address, transferred from IR. After writing into (reading from) DDRAM/CGRAM, AC is automatically increased (decreased) by 1. When RS = "Low" and R/W = "High", AC can be read through DB0 – DB6 ports.

11.4 Display Data RAM (DDRAM)

DDRAM stores display data of maximum 80 x 8 bits (80 characters). DDRAM address is set in the address counter (AC) as a hexadecimal number.

Display position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DDRAM address	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
DDRAM address	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

11.5 CGROM (Character Generator ROM)

CGROM has a 5 x 8 dots 204 characters pattern and a 5 x 10 dots 32 characters pattern. CGROM has 204 character patterns of 5 x 8 dots.

11.6 CGRAM (Character Generator RAM)

CGRAM has up to 5 , 8 dot, 8 characters. By writing font data to CGRAM, user defined characters can be used.

Character Code (DDRAM Data)								CGRAM Address								Character Patterns (CGRAM Data)							
b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	b5	b4	b3	b2	b1	b0	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	
0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	1	1	1	1	1	1
						0	0	0				0	0	0				0	0	0	0		
						0	0	0				0	0	0				0	0	0	0	0	
						0	0	0				0	0	0				0	0	0	0	0	
						0	0	0				0	0	0				0	0	0	0	0	
						0	0	0				0	0	0				0	0	0	0	0	
						0	0	0				0	0	0				0	0	0	0	0	
						0	0	0				0	0	0				0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	-	0	0	1	0	0	1	0	0	0	-	-	-	1	1	1	1	0	1
						0	0	1				0	0	0				0	0	0	0		
						0	0	1				0	1	0				0	0	0	0	0	
						0	0	1				0	1	1				0	0	0	0	0	
						0	0	1				1	0	0				0	0	0	0	0	
						0	0	1				1	0	1				0	0	0	0	0	
						0	0	1				1	1	0				0	0	0	0	0	
						0	0	1				1	1	1				0	0	0	0	0	

Relationship between CGRAM Addresses, Character Codes (DDRAM) and Character patterns (CGRAM Data)

Notes:

- Character code bits 0 to 2 correspond to CGRAM address bits 3 to 5 (3 bits: 8 types).
- CGRAM address bits 0 to 2 designate the character pattern line position. The 6th line is the cursor position

and its display is formed by a logical OR with the cursor. Maintain the 8th line data, corresponding to the cursor display position, at 0 as the cursor display. If the 8th line data is 1, 1 bit will light up the 8th line regardless of the cursor presence.

3. Character pattern row positions correspond to CGRAM data bits 0 to 4 (bit 4 being at the left).

4. As shown Table, CGRAM character patterns are selected when character code bits 4 to 7 are all 0. However, since character code bit 3 has no effect, the R display example above can be selected by either character code 00H or 08H.

5. 1 for CGRAM data corresponds to display selection and 0 to non-selection.

*-: Indicates no effect.

11.7 Cursor/Blink Control Circuit

It controls cursor/blink ON/OFF at cursor position.

11.8 Outline

To overcome the speed difference between the internal clock of ST7066 and the MPU clock, ST7066 performs internal operations by storing control information to IR or DR. The internal operation is determined according to the signal from MPU, composed of read/write and data bus (Refer to Table7).

Instructions can be divided largely into four groups:

- 1) ST7066 function set instructions (set display methods, set data length, etc.)
- 2) Address set instructions to internal RAM
- 3) Data transfer instructions with internal RAM
- 4) Others

The address of the internal RAM is automatically increased or decreased by 1.

Note: during internal operation, busy flag (DB7) is read "High".
Busy flag check must be preceded by the next instruction.

• *Datasheet LM 358N*



Dual Low Power Operational Amplifiers

Utilizing the circuit designs perfected for recently introduced Quad Operational Amplifiers, these dual operational amplifiers feature 1) low power drain, 2) a common mode input voltage range extending to ground/VEE, 3) single supply or split supply operation and 4) pinouts compatible with the popular MC1558 dual operational amplifier. The LM1558 series is equivalent to one-half of an LM124.

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

- Short Circuit Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Single and Split Supply Operation
- Similar Performance to the Popular MC1558
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness of the Device without Affecting Operation

MAXIMUM RATINGS (TA = +25°C, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	LM258 LM358	LM2904 LM2904V	Unit
Power Supply Voltages				Vdc
Single Supply	V _{CC}	32	26	
Split Supplies	V _{CC} , V _{EE}	±16	±13	
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V _{IDR}	±32	±26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range (Note 2)	V _{ICR}	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	t _{SC}	Continuous		
Junction Temperature	T _J	150		°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	-55 to +125		°C
Operating Ambient Temperature Range	T _A			°C
LM258		-25 to +85	-	
LM358		0 to +70	-	
LM2904		-	-40 to +105	
LM2904V		-	-40 to +125	

NOTES: 1. Split Power Supplies.

2. For Supply Voltages less than 32 V for the LM258/358 and 26 V for the LM2904, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

LM358, LM258, LM2904, LM2904V

DUAL DIFFERENTIAL INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

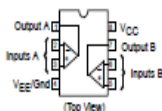


N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 625



D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(30-8)

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM2904D	T _A = -40° to +105°C	30-8
LM2904N		Plastic DIP
LM2904VD		30-8
LM2904VN	T _A = -40° to +125°C	Plastic DIP
LM258D		30-8
LM258N	T _A = -25° to +85°C	Plastic DIP
LM358D		30-8
LM358N		Plastic DIP

LM358, LM258, LM2904, LM2904V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5.0 V, V_{EE} = Gnd, T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	LM258			LM358			LM2904			LM2904V			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage V _{CC} = 5.0 V to 30 V (26 V for LM2904, V), V _{IC} = 0 V to V _{CC} -1.7 V, V _O = 1.4 V, R _S = 0 Ω T _A = 25°C T _A = T _{High} (Note 1) T _A = T _{Low} (Note 1)	V _{IO}	-	2.0	5.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	-	-	-	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)	ΔV _{IO} /ΔT	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	μV/°C
Input Offset Current T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)	I _{IO}	-	3.0	30	-	5.0	50	-	5.0	50	-	5.0	50	nA
Input Bias Current T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)	I _B	-	-45	-150	-	-45	-250	-	-45	-250	-	-45	-250	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)	ΔI _{IO} /ΔT	-	10	-	-	10	-	-	10	-	-	10	-	pA/°C
Input Common Mode Voltage Range (Note 2), V _{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V) V _{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), T _A = T _{High} to T _{Low}	V _{ICR}	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	24.3	0	-	24.3	V
Differential Input Voltage Range	V _{IDR}	-	-	V _{CC}	-	-	V _{CC}	-	-	V _{CC}	-	-	V _{CC}	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain R _L = 2.0 kΩ, V _{CC} = 15 V, For Large V _O Swing, T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)	A _{VOL}	50	100	-	25	100	-	25	100	-	25	100	-	V/mV
Channel Separation 1.0 kHz ≤ f ≤ 20 kHz, Input Referenced	CS	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	dB
Common Mode Rejection R _S ≤ 10 kΩ	CMR	70	85	-	65	70	-	50	70	-	50	70	-	dB

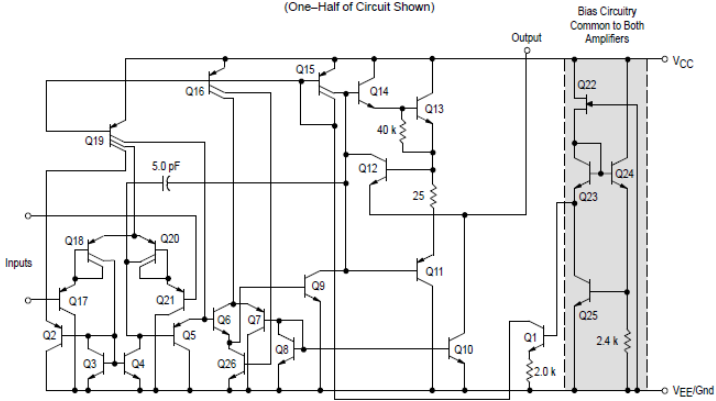
Channel Separation 1.0 kHz ≤ f ≤ 20 kHz, Input Referenced	CS	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	dB
Common Mode Rejection R _S ≤ 10 kΩ	CMR	70	85	-	65	70	-	50	70	-	50	70	-	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	-	65	100	-	50	100	-	50	100	-	dB
Output Voltage-High Limit (T _A = T _{High} to T _{Low}) (Note 1) V _{CC} = 5.0 V, R _L = 2.0 kΩ, T _A = 25°C V _{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), R _L = 2.0 kΩ V _{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), R _L = 10 kΩ	V _{OCH}	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	V
Output Voltage-Low Limit V _{CC} = 5.0 V, R _L = 10 kΩ, T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)	V _{OL}	-	5.0	20	-	5.0	20	-	5.0	20	-	5.0	20	mV
Output Source Current V _{ID} = +1.0 V, V _{CC} = 15 V	I _{O+}	20	40	-	20	40	-	20	40	-	20	40	-	mA
Output Sink Current V _{ID} = -1.0 V, V _{CC} = 15 V V _{ID} = -1.0 V, V _O = 200 mV	I _{O-}	10	20	-	10	20	-	10	20	-	10	20	-	mA
Output Short Circuit to Ground (Note 3)	I _{SC}	-	40	60	-	40	60	-	40	60	-	40	60	mA
Power Supply Current (T _A = T _{High} to T _{Low}) (Note 1) V _{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), V _O = 0 V, R _L = ∞ V _{CC} = 5 V, V _O = 0 V, R _L = ∞	I _{CC}	-	1.5	3.0	-	1.5	3.0	-	1.5	3.0	-	1.5	3.0	mA

- NOTES: 1. T_{Low} = -40°C for LM358, -40°C for LM258, -25°C for LM258, 0°C for LM358
T_{High} = +105°C for LM2904, +125°C for LM2904V, +85°C for LM258, +70°C for LM358
2. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is V_{CC} -1.7 V.
3. Short circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

LM358, LM258, LM2904, LM2904V



Representative Schematic Diagram
(One-Half of Circuit Shown)

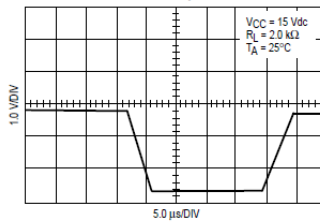


CIRCUIT DESCRIPTION

The LM258 series is made using two internally compensated, two-stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single-ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

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

Large Signal Voltage Follower Response



LM358, LM258, LM2904, LM2904V

Figure 1. Input Voltage Range

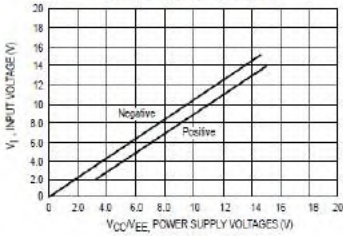


Figure 2. Large-Signal Open Loop Voltage Gain

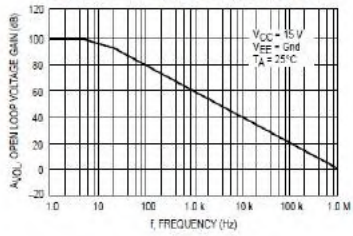


Figure 3. Large-Signal Frequency Response

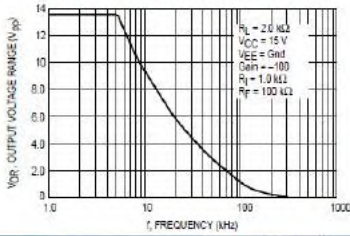


Figure 4. Small Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)

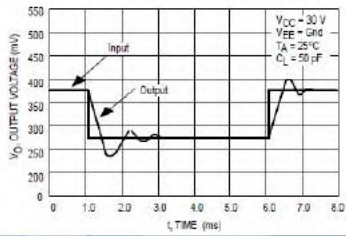


Figure 5. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

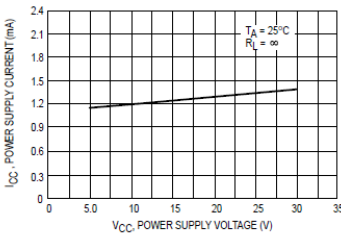
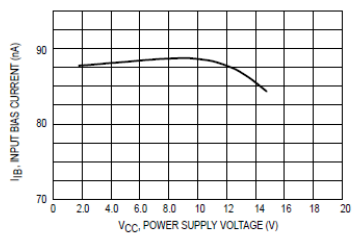


Figure 6. Input Bias Current versus Supply Voltage



LM358, LM258, LM2904, LM2904V

Figure 7. Voltage Reference

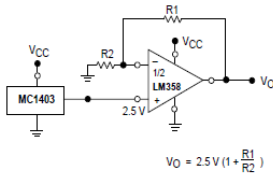


Figure 8. Wien Bridge Oscillator

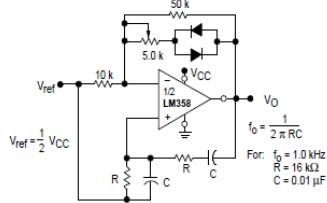


Figure 9. High Impedance Differential Amplifier

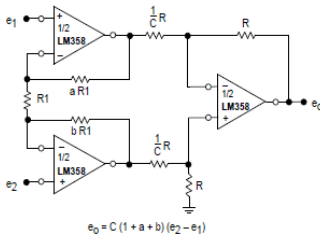


Figure 10. Comparator with Hysteresis

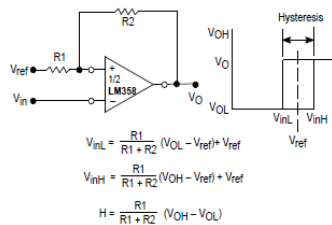
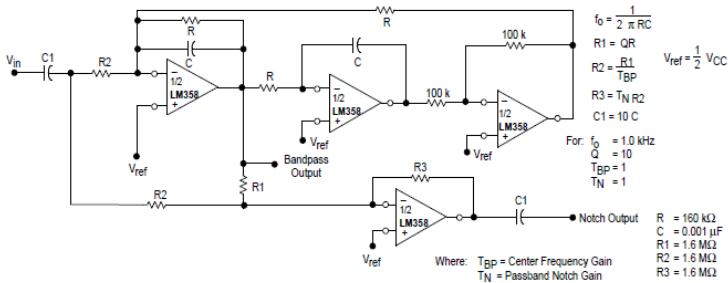


Figure 11. Bi-Quad Filter



LM358, LM268, LM2904, LM2904V

Figure 12. Function Generator

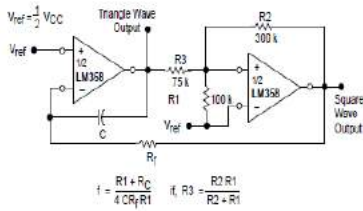
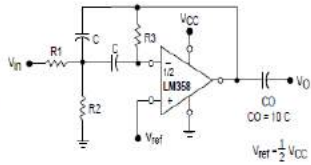


Figure 13. Multiple Feedback Bandpass Filter



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

Choose value f_0, C

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

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

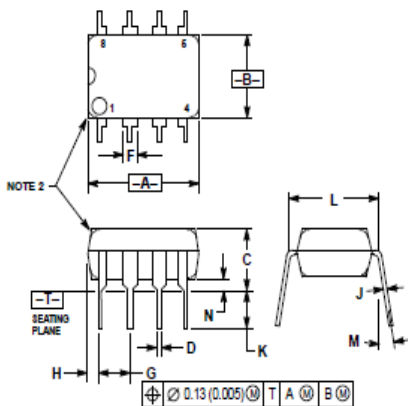
$R2 = \frac{R1 R3}{4Q^2 R1 - R3}$

For less than 10% error from operational amplifier $\frac{Q_2 f_0}{BW} < 0.1$

Where f_0 and BW are expressed in Hz.

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

N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626-05
ISSUE K

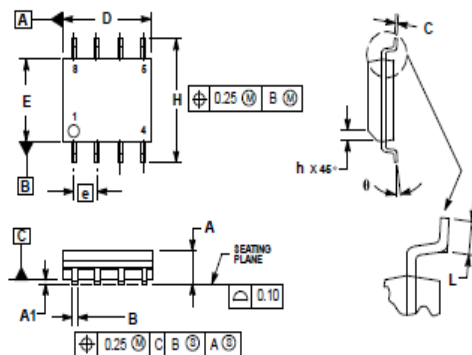


NOTES:

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

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	9.40	10.16	0.370	0.400
B	6.10	6.60	0.240	0.260
C	3.30	4.45	0.130	0.175
D	0.30	0.51	0.012	0.020
F	1.02	1.78	0.040	0.070
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	0.76	1.27	0.030	0.050
J	0.20	0.30	0.008	0.012
K	2.92	3.43	0.115	0.135
L	7.62 BSC		0.300 BSC	
M	—		10°	
N	0.76	1.51	0.030	0.060

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



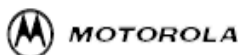
NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M, 1994.
2. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
3. DIMENSION D AND E DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 PER SIDE.
5. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR

PROTRUSION SHALL BE 0.127 TOTAL IN EXCESS OF THE B DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS	
	MIN	MAX
A	1.35	1.75
A1	0.30	0.25
B	0.35	0.40
C	0.15	0.25
D	4.80	5.00
E	3.80	4.00
h	1.27 BSC	
H	5.80	6.20
h	0.25	0.50
L	0.80	1.25
θ	0°	7°

• *Datasheet LM 393*



Order this document by LM393/D

**LM393, LM393A,
LM293, LM2903,
LM2903V**

**Low Offset Voltage
Dual Comparators**

The LM393 series are dual independent precision voltage comparators capable of single or split supply operation. These devices are designed to permit a common mode range-to-ground level with single supply operation. Input offset voltage specifications as low as 2.0 mV make this device an excellent selection for many applications in consumer automotive, and industrial electronics.

- Wide Single-Supply Range: 2.0 Vdc to 36 Vdc
- Split-Supply Range: ± 1.0 Vdc to ± 18 Vdc
- Very Low Current Drain Independent of Supply Voltage: 0.4 mA
- Low Input Bias Current: 25 nA
- Low Input Offset Current: 5.0 nA
- Low Input Offset Voltage: 2.0 mV (max) LM393A
5.0 mV (max) LM293/393
- Input Common Mode Range to Ground Level
- Differential Input Voltage Range Equal to Power Supply Voltage
- Output Voltage Compatible with DTL, ECL, TTL, MOS, and CMOS Logic Levels
- ESD Clamps on the Inputs Increase the Ruggedness of the Device without Affecting Performance

**SINGLE SUPPLY, LOW POWER
DUAL COMPARATORS**

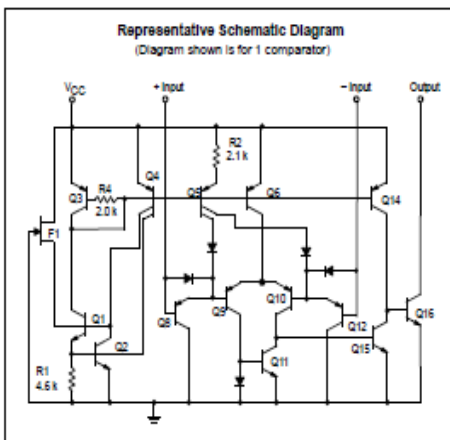
**SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA**



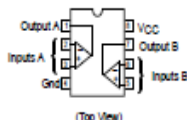
**N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 625**



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



PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM293D	$T_A = -25^\circ$ to $+85^\circ\text{C}$	SO-8
LM393D	$T_A = 0^\circ$ to $+70^\circ\text{C}$	SO-8
LM393AN,N		Plastic DIP
LM2903D	$T_A = -40^\circ$ to $+105^\circ\text{C}$	SO-8
LM2903N	$T_A = -40^\circ$ to $+105^\circ\text{C}$	Plastic DIP
LM2903VD		SO-8
LM2903VN		Plastic DIP

LM2900, LM2900A, LM2900, LM2900, LM2900V
MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC}	+36 or ±18	Vdc
Input Differential Voltage Range	V_{IDR}	36	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICR}	-0.3 to +36	Vdc
Output Short Circuit-to-Ground Output Sink Current (Note 1)	I_{SC} I_{Sink}	Continuous 20	mA
Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D $1/R_{\theta JA}$	570 5.7	mW mW/°C
Operating Ambient Temperature Range LM2900 LM3903, 393A LM29003 LM29003V	T_A	-25 to +85 0 to +70 -40 to +105 -40 to +125	°C
Maximum Operating Junction Temperature LM3903, 393A, 29003, LM29003V LM2900	$T_{J(max)}$	125 150	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 5.0\text{ Vdc}$, $T_{low} \leq T_A \leq T_{high}$,* unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	LM393A			Unit
		Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (Note 2) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{low} \leq T_A \leq T_{high}$	V_{IO}	-	±1.0	±2.0 4.0	mV
Input Offset Current $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{low} \leq T_A \leq T_{high}$	I_{IO}	-	±50	±50 ±150	nA
Input Bias Current (Note 3) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{low} \leq T_A \leq T_{high}$	I_{IB}	-	25	250 400	nA
Input Common Mode Voltage Range (Note 4) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{low} \leq T_A \leq T_{high}$	V_{ICR}	0 0	-	$V_{CC} - 1.5$ $V_{CC} - 2.0$	V
Voltage Gain $R_L \geq 15\text{ k}\Omega$, $V_{CC} = 15\text{ Vdc}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	A_{VOL}	50	200	-	V/mV
Large Signal Response Time $V_{in} = \text{TTL Logic Swing}$, $V_{ref} = 1.4\text{ Vdc}$ $V_{RL} = 5.0\text{ Vdc}$, $R_L = 5.1\text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	-	300	-	ns
Response Time (Note 5) $V_{RL} = 5.0\text{ Vdc}$, $R_L = 5.1\text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	t_{TLH}	-	1.3	-	µs
Input Differential Voltage (Note 6)	V_{in}	-	-	V_{CC}	V

LM393, LM393A, LM293, LM2903, LM2903V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 5.0 \text{ Vdc}$, $T_{low} \leq T_A \leq T_{high}$, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	LM393A			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Leakage Current $V_{in-} = 0 \text{ V}$, $V_{in+} \geq 1.0 \text{ Vdc}$, $V_O = 5.0 \text{ Vdc}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{in-} = 0 \text{ V}$, $V_{in+} \geq 1.0 \text{ Vdc}$, $V_O = 30 \text{ Vdc}$, $T_{low} \leq T_A \leq T_{high}$	I_{OL}	-	0.1	-	μA
Supply Current $R_L = \infty$ Both Comparators, $T_A = 25^\circ\text{C}$ $R_L = \infty$ Both Comparators, $V_{CC} = 30 \text{ V}$	I_{CC}	-	0.4	1.0	mA
		-	1.0	2.5	

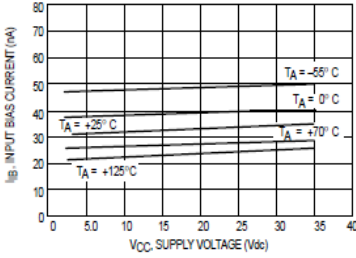
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 5.0 \text{ Vdc}$, $T_{low} \leq T_A \leq T_{high}$, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	LM392, LM393			LM2903, LM2903V			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (Note 2) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{low} \leq T_A \leq T_{high}$	V_{IO}	-	± 1.0	± 5.0	-	± 2.0	± 7.0	mV
		-	-	9.0	-	9.0	15	
Input Offset Current $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{low} \leq T_A \leq T_{high}$	I_{IO}	-	± 5.0	± 50	-	± 5.0	± 50	nA
		-	-	± 150	-	± 50	± 200	
Input Bias Current (Note 3) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{low} \leq T_A \leq T_{high}$	I_{IB}	-	25	250	-	25	250	nA
		-	-	400	-	200	500	
Input Common Mode Voltage Range (Note 3) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{low} \leq T_A \leq T_{high}$	V_{ICR}	0	-	$V_{CC} - 1.5$	0	-	$V_{CC} - 1.5$	V
		0	-	$V_{CC} - 2.0$	0	-	$V_{CC} - 2.0$	
Voltage Gain $R_L \geq 15 \text{ k}\Omega$, $V_{CC} = 15 \text{ Vdc}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	A_{VOL}	50	200	-	25	200	-	V/mV
Large Signal Response Time $V_{in} = \text{TTL Logic Swing}$, $V_{ref} = 1.4 \text{ Vdc}$ $V_{RL} = 5.0 \text{ Vdc}$, $R_L = 5.1 \text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	-	300	-	-	300	-	ns
Response Time (Note 5) $V_{RL} = 5.0 \text{ Vdc}$, $R_L = 5.1 \text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	t_{TLH}	-	1.3	-	-	1.5	-	μs
Input Differential Voltage (Note 6) All $V_{in} \geq \text{Gnd}$ or $V - \text{Supply}$ (if used)	V_{ID}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	V
Output Sink Current $V_{in} \geq 1.0 \text{ Vdc}$, $V_{in+} = 0 \text{ Vdc}$, $V_O \leq 1.5 \text{ Vdc}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	I_{Sink}	6.0	16	-	6.0	16	-	mA
Output Saturation Voltage $V_{in} \geq 1.0 \text{ Vdc}$, $V_{in+} = 0$, $I_{Sink} \leq 4.0 \text{ mA}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{low} \leq T_A \leq T_{high}$	V_{OL}	-	150	400	-	-	400	mV
		-	-	700	-	200	700	
Output Leakage Current $V_{in-} = 0 \text{ V}$, $V_{in+} \geq 1.0 \text{ Vdc}$, $V_O = 5.0 \text{ Vdc}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{in-} = 0 \text{ V}$, $V_{in+} \geq 1.0 \text{ Vdc}$, $V_O = 30 \text{ Vdc}$, $T_{low} \leq T_A \leq T_{high}$	I_{OL}	-	0.1	-	-	0.1	-	nA
		-	-	1000	-	-	1000	
Supply Current $R_L = \infty$ Both Comparators, $T_A = 25^\circ\text{C}$ $R_L = \infty$ Both Comparators, $V_{CC} = 30 \text{ V}$	I_{CC}	-	0.4	1.0	-	0.4	1.0	mA
		-	-	2.5	-	-	2.5	

LM393, LM393A, LM293, LM2903, LM2903V

LM293/393,A

Figure 1. Input Bias Current versus Power Supply Voltage



LM2903

Figure 2. Input Bias Current versus Power Supply Voltage

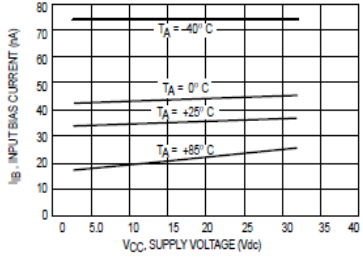


Figure 3. Output Saturation Voltage versus Output Sink Current

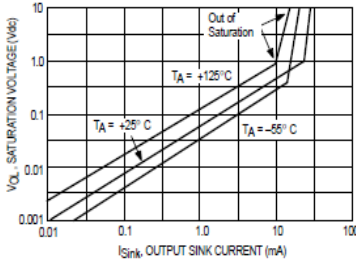


Figure 4. Output Saturation Voltage versus Output Sink Current

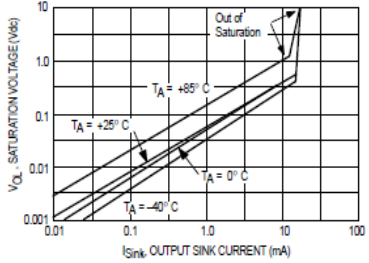


Figure 5. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

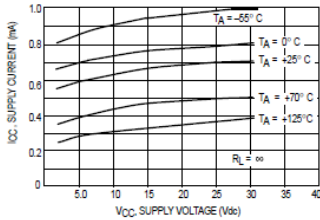
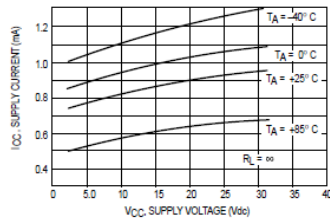


Figure 6. Power Supply Current versus Power Supply Voltage



LM393, LM393A, LM293, LM2903, LM2903V

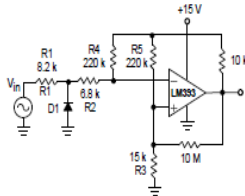
APPLICATIONS INFORMATION

These dual comparators feature high gain, wide bandwidth characteristics. This gives the device oscillation tendencies if the outputs are capacitively coupled to the inputs via stray capacitance. This oscillation manifests itself during output transitions (V_{OL} to V_{OH}). To alleviate this situation, input resistors $< 10\text{ k}\Omega$ should be used.

The addition of positive feedback ($< 10\text{ mV}$) is also recommended. It is good design practice to ground all unused pins.

Differential input voltages may be larger than supply voltage without damaging the comparator's inputs. Voltages more negative than -0.3 V should not be used.

Figure 7. Zero Crossing Detector (Single Supply)

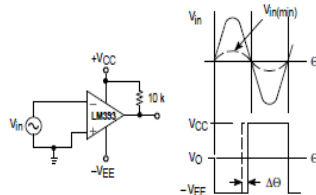


D1 prevents input from going negative by more than 0.6 V .

$$R1 + R2 = R3$$

$$R3 \leq \frac{R5}{10} \text{ for small error in zero crossing.}$$

Figure 8. Zero Crossing Detector (Split Supply)



$$V_{in(\min)} = 0.4\text{ V peak for } 1\% \text{ phase distortion } (\Delta\theta).$$

Figure 9. Free-Running Square-Wave Oscillator

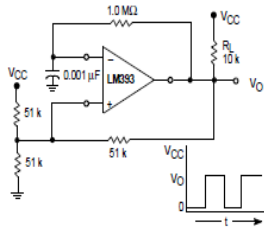
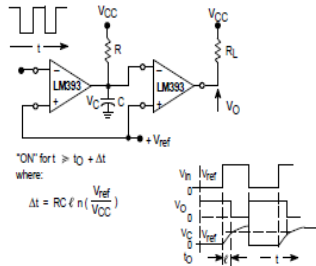
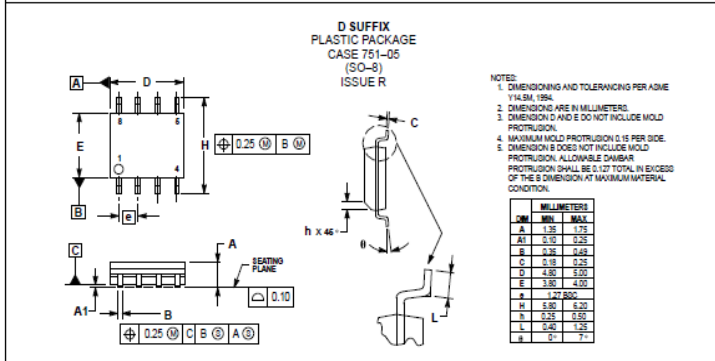
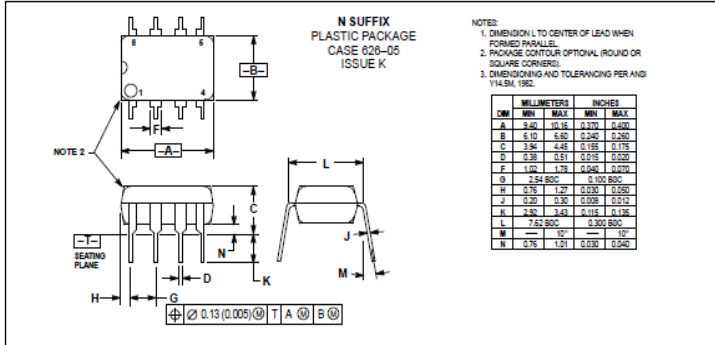


Figure 10. Time Delay Generator



LM393, LM393A, LM293, LM2903, LM2903V

OUTLINE DIMENSIONS



• **Datasheet Multiturn**

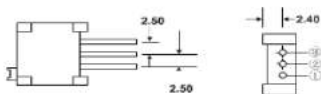
DB ELECTRO Inc.

10×9.5 Square/Multiturn/Trimming Potentiometer

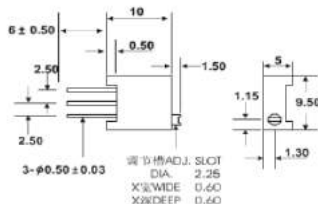
-- 3296W--



... Install dimension ...



... Mutual dimension ...



Electrical Characteristics

- Standard Resistance Range.....50Ω~2MΩ
- Resistance Tolerance.....±10%
- Absolute Minimum Resistance.....≤1%或10Ω
- Contact Resistance Variation.....CRV≤3%或5Ω
- Insulation Resistance.....R₁≥1GΩ (100V_{ac})

Withstand

- Voltage.....640V_{ac}
- Effective Travel.....28 turns nom

Environmental Characteristics

- Power Rating, 315 volts max.....0.5W@70°C,CW@125°C
- Temperature Range.....-55°C~125°C
- Temperature Coefficient.....±250ppm/°C
- Temperature Variation.....-55°C,30min,+125°C
-30min 5cycles
-ΔR≤5%R, Δ(Uab/Uac)≤5%
- Vibration.....10~500Hz,0.75mm,6h,.....ΔR≤5%R, Δ(Uab/Uac)≤7.5%
- Collision.....390m/s²,4000cycles, ΔR≤5%R
- Electrical Endurance at 70°C.....0.5W@70°C.....100h, ΔR≤10%R,CRV≤3% or 5Ω

How To Order



Standard Resistance Table

Resistance (Ohms)	Resistance Code
10	100
20	200
50	500
100	101
200	201
500	501
1,000	102
2,000	202
5,000	502
10,000	103
20,000	203
25,000	253
50,000	503
100,000	104
200,000	204
250,000	254
300,000	304
1,000,000	105
2,000,000	205

Special resistances available

• *Datasheet IC NE555*



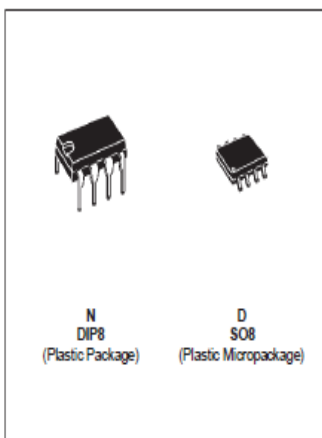
NE555
SA555 - SE555

GENERAL PURPOSE SINGLE BIPOLAR TIMERS

- LOW TURN OFF TIME
- MAXIMUM OPERATING FREQUENCY GREATER THAN 500kHz
- TIMING FROM MICROSECONDS TO HOURS
- OPERATES IN BOTH ASTABLE AND MONOSTABLE MODES
- HIGH OUTPUT CURRENT CAN SOURCE OR SINK 200mA
- ADJUSTABLE DUTY CYCLE
- TTL COMPATIBLE
- TEMPERATURE STABILITY OF 0.005% PER°C

DESCRIPTION

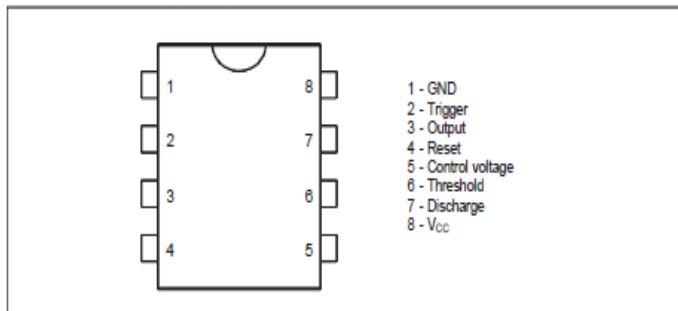
The NE555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200mA. The NE555 is available in plastic and ceramic minidip package and in a 8-head micropackage and in metal can package version.



ORDER CODES

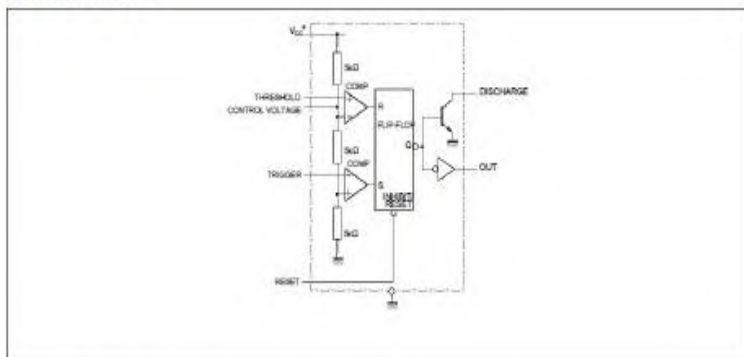
Part Number	Temperature Range	Package	
		N	D
NE555	0°C, 70°C	•	•
SA555	-40°C, 105°C	•	•
SE555	-65°C, 125°C	•	•

PIN CONNECTIONS (top view)

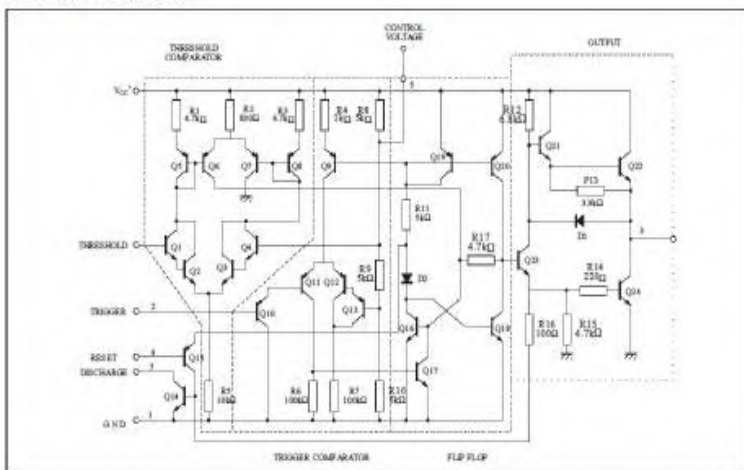


- 1 - GND
- 2 - Trigger
- 3 - Output
- 4 - Reset
- 5 - Control voltage
- 6 - Threshold
- 7 - Discharge
- 8 - V_{cc}

BLOCK DIAGRAM



SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	18	V
T _{oper}	Operating Free Air Temperature Range	0 to 70 -40 to 105 -55 to 125	°C
T _j	Junction Temperature	150	°C
T _{stg}	Storage Temperature Range	-65 to 150	°C

OPERATING CONDITIONS

Symbol	Parameter	SE555	NE555 - SA555	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	4.5 to 18	4.5 to 18	V
V_{in} , V_{trig} , V_{ct} , V_{reset}	Maximum Input Voltage	V_{CC}	V_{CC}	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_{amb} = +25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$ to $+15\text{V}$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	SE555			NE555 - SA555			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
I_{CC}	Supply Current ($R_L = \infty$) (- note 1)							mA
	Low State $V_{CC} = +5\text{V}$		3	5		3	6	
	High State $V_{CC} = +15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$		10 2	12		10 2	15	
	Timing Error (monostable) ($R_A = 2\text{k}$ to $100\text{k}\Omega$, $C = 0.1\mu\text{F}$) Initial Accuracy - (note 2) Drift with Temperature Drift with Supply Voltage		0.5 30 0.05	2 100 0.2		1 50 0.1	3 0.5	% ppm/ $^{\circ}\text{C}$ %/V
	Timing Error (astable) ($R_A, R_B = 1\text{k}$ to $100\text{k}\Omega$, $C = 0.1\mu\text{F}$, $V_{CC} = +15\text{V}$) Initial Accuracy - (note 2) Drift with Temperature Drift with Supply Voltage		1.5 90 0.15			2.25 150 0.3		% ppm/ $^{\circ}\text{C}$ %/V
V_{CL}	Control Voltage level $V_{CC} = +15\text{V}$ $V_{CC} = +5\text{V}$	9.6 2.9	10 3.33	10.4 3.8	9 2.6	10 3.33	11 4	V
V_{th}	Threshold Voltage $V_{CC} = +15\text{V}$ $V_{CC} = +5\text{V}$	9.4 2.7	10 3.33	10.6 4	8.8 2.4	10 3.33	11.2 4.2	V
I_{th}	Threshold Current - (note 3)		0.1	0.25		0.1	0.25	μA
V_{trig}	Trigger Voltage $V_{CC} = +15\text{V}$ $V_{CC} = +5\text{V}$	4.8 1.45	5 1.67	5.2 1.9	4.5 1.1	5 1.67	5.6 2.2	V
I_{trig}	Trigger Current ($V_{trig} = 0\text{V}$)		0.5	0.9		0.5	2.0	μA
V_{reset}	Reset Voltage - (note 4)	0.4	0.7	1	0.4	0.7	1	V
I_{reset}	Reset Current $V_{reset} = +0.4\text{V}$ $V_{reset} = 0\text{V}$		0.1 0.4	0.4 1		0.1 0.4	0.4 1.5	mA
V_{OL}	Low Level Output Voltage $V_{CC} = +15\text{V}$, $I_{O(sink)} = 10\text{mA}$ $I_{O(sink)} = 50\text{mA}$ $I_{O(sink)} = 100\text{mA}$ $V_{CC} = +5\text{V}$, $I_{O(sink)} = 200\text{mA}$ $I_{O(sink)} = 8\text{mA}$ $I_{O(sink)} = 5\text{mA}$		0.1 0.4 2 2.5 0.1 0.05	0.15 0.5 2.2 0.25 0.2		0.1 0.4 2 2.5 0.3 0.25	0.25 0.75 2.5 0.4 0.35	V
	High Level Output Voltage $V_{CC} = +15\text{V}$, $I_{O(source)} = 200\text{mA}$ $I_{O(source)} = 100\text{mA}$ $V_{CC} = +5\text{V}$, $I_{O(source)} = 100\text{mA}$	13 3	12.5 13.3 3.3			12.75 2.75	12.5 13.3 3.3	V

- Notes:
- Supply current when output is high is typically 1mA less.
 - Tested at $V_{CC} = +5\text{V}$ and $V_{CC} = +15\text{V}$.
 - This will determine the maximum value of $R_A + R_B$ for $+15\text{V}$ operation the max total is $R = 20\text{M}\Omega$ and for 5V operation the max total $R = 3.5\text{M}\Omega$.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	SE555			NE555 - SA555			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
$I_{dis(off)}$	Discharge Pin Leakage Current (output high) ($V_{dis} = 10V$)		20	100		20	100	nA
$V_{dis(sat)}$	Discharge pin Saturation Voltage (output low) - (note 5) $V_{CC} = +15V, I_{dis} = 15mA$ $V_{CC} = +5V, I_{dis} = 4.5mA$		180 80	480 200		180 80	480 200	mV
t_r t_f	Output Rise Time Output Fall Time		100 100	200 200		100 100	300 300	ns
t_{off}	Turn off Time - (note 6) ($V_{reset} = V_{CC}$)		0.5			0.5		μs

Notes : 5. No protection against excessive Pin 7 current is necessary, providing the package dissipation rating will not be exceeded.
6. Time measured from a positive going input pulse from 0 to 0.8x V_{CC} into the threshold to the drop from high to low of the output trigger is tied to threshold.

Figure 1 : Minimum Pulse Width Required for Trigering

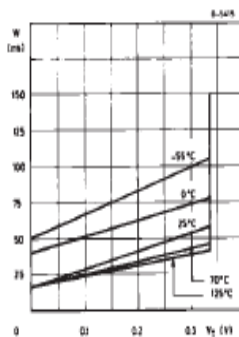


Figure 3 : Delay Time versus Temperature

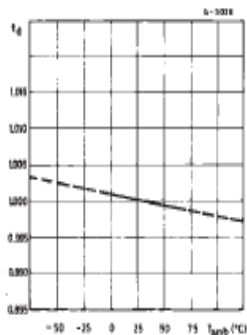


Figure 2 : Supply Current versus Supply Voltage

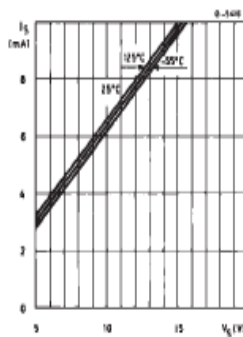


Figure 4 : Low Output Voltage versus Output Sink Current

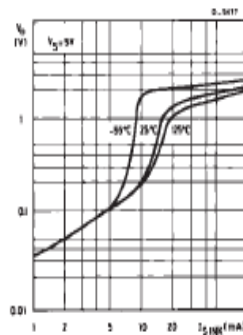


Figure 5 : Low Output Voltage versus Output Sink Current

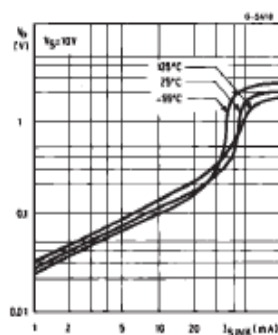


Figure 6 : Low Output Voltage versus Output Sink Current

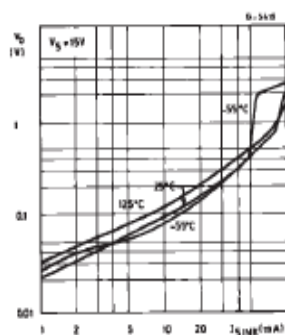


Figure 7 : High Output Voltage Drop versus Output

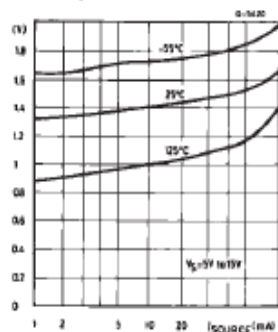


Figure 8 : Delay Time versus Supply Voltage

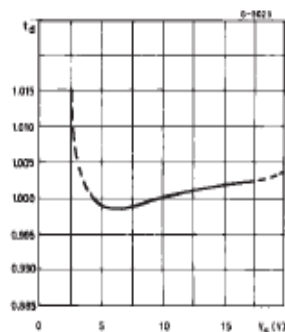
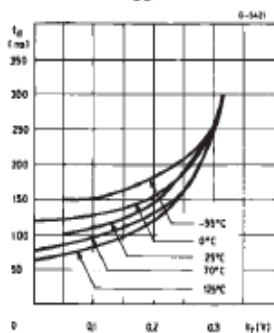


Figure 9 : Propagation Delay versus Voltage Level of Trigger Value

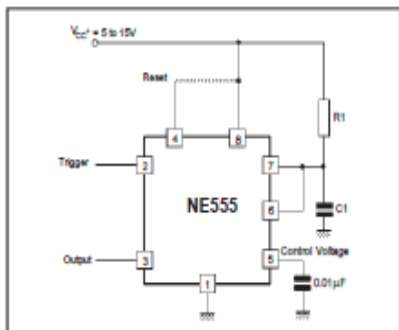


APPLICATION INFORMATION

MONOSTABLE OPERATION

In the monostable mode, the timer functions as a one-shot. Referring to figure 10 the external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer.

Figure 10



The circuit triggers on a negative-going input signal when the level reaches $1/3 V_{cc}$. Once triggered, the circuit remains in this state until the set time has elapsed, even if it is triggered again during this interval. The duration of the output HIGH state is given by $t = 1.1 R_1 C_1$ and is easily determined by figure 12.

Notice that since the charge rate and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply. Applying a negative pulse simultaneously to the reset terminal (pin 4) and the trigger terminal (pin 2) during the timing cycle discharges the external capacitor and causes the cycle to start over. The timing cycle now starts on the positive edge of the reset pulse. During the time the reset pulse is applied, the output is driven to its LOW state.

When a negative trigger pulse is applied to pin 2, the flip-flop is set, releasing the short circuit across the external capacitor and driving the output HIGH. The voltage across the capacitor increases exponentially with the time constant $\tau = R_1 C_1$. When the voltage across the capacitor equals $2/3 V_{cc}$, the comparator resets the flip-flop which then discharges the capacitor rapidly and drives the output to its LOW state.

Figure 11 shows the actual waveforms generated in this mode of operation.

When Reset is not used, it should be tied high to avoid any possibly or false triggering.

Figure 11

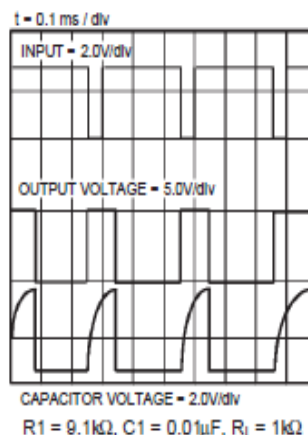
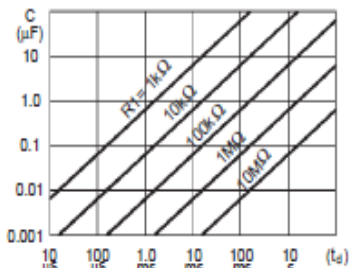


Figure 12



ASTABLE OPERATION

When the circuit is connected as shown in figure 13 (pin 2 and 6 connected) it triggers itself and free runs as a multivibrator. The external capacitor charges through R_1 and R_2 and discharges through R_2 only. Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

In the astable mode of operation, C_1 charges and discharges between $1/3 V_{cc}$ and $2/3 V_{cc}$. As in the triggered mode, the charge and discharge times and therefore frequency are independent of the supply voltage.

Figure 13

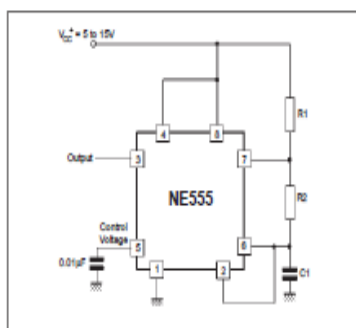


Figure 14 shows actual waveforms generated in this mode of operation.

The charge time (output HIGH) is given by :

$$t_1 = 0.693 (R_1 + R_2) C_1$$

and the discharge time (output LOW) by :

$$t_2 = 0.693 (R_2) C_1$$

Thus the total period T is given by :

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_1 + 2R_2) C_1$$

The frequency of oscillation is them :

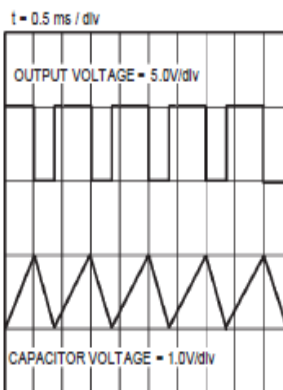
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2) C_1}$$

and may be easily found by figure 15.

The duty cycle is given by :

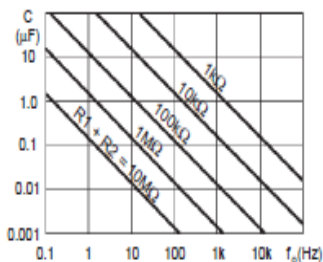
$$D = \frac{R_2}{R_1 + 2R_2}$$

Figure 14



$$R_1 = R_2 = 4.8k\Omega, C_1 = 0.1\mu F, R_L = 1k\Omega$$

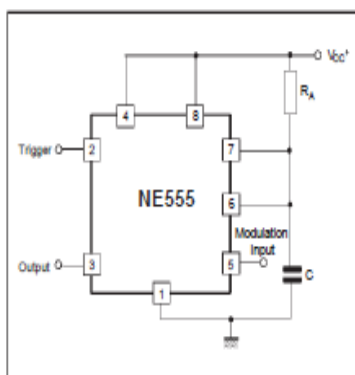
Figure 15 : Free Running Frequency versus R_1 , R_2 and C_1



PULSE WIDTH MODULATOR

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. Figure 16 shows the circuit.

Figure 16 : Pulse Width Modulator.



LINEAR RAMP

When the pullup resistor, R_A , in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is generated. Figure 17 shows a circuit configuration that will perform this function.

Figure 17.

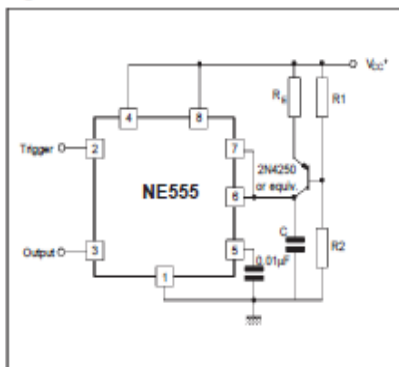
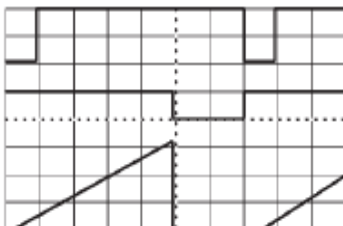


Figure 18 shows waveforms generated by the linear ramp.

The time interval is given by :

$$T = \frac{(2/3 V_{CC} R_E (R_1 + R_2) C)}{R_1 V_{CC} - V_{BE} (R_1 + R_2)} V_{BE} = 0.6V$$

Figure 18 : Linear Ramp.



$V_{CC} = 5V$
 Time = 20µs/DIV
 $R_1 = 47k\Omega$
 $R_2 = 100k\Omega$
 $R_E = 2.7k\Omega$
 $C = 0.01\mu F$

Top trace : input 3V/DIV
 Middle trace : output 5V/DIV
 Bottom trace : output 5V/DIV
 Bottom trace : capacitor voltage 1V/DIV

50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

For a 50% duty cycle the resistors R_A and R_E may be connected as in figure 19. The time period for the output high is the same as previous,

$$t_1 = 0.693 R_A C.$$

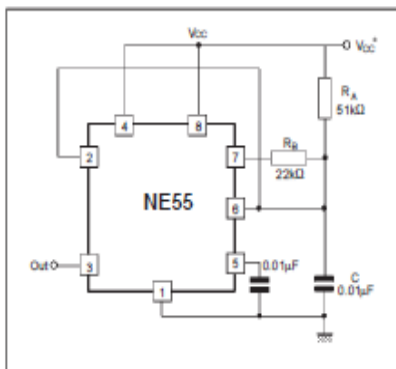
For the output low it is $t_2 =$

$$\left[\frac{R_A R_B}{(R_A + R_B)} \right] \text{CLN} \left[\frac{R_B - 2R_A}{2R_B - R_A} \right]$$

$$\text{Thus the frequency of oscillation is } f = \frac{1}{t_1 + t_2}$$

Note that this circuit will not oscillate if R_B is greater

Figure 19 : 50% Duty Cycle Oscillator.



than $1/2 R_A$ because the junction of R_A and R_B cannot bring pin 2 down to $1/3 V_{CC}$ and trigger the lower comparator.

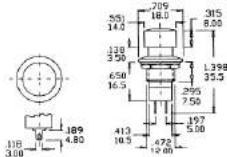
ADDITIONAL INFORMATION

Adequate power supply bypassing is necessary to protect associated circuitry. Minimum recommended is $0.1\mu F$ in parallel with $1\mu F$ electrolytic.

• **Datasheet Pushbutton**

SWITCHES PUSH BUTTON

ROUND PUSH BUTTON SWITCHES



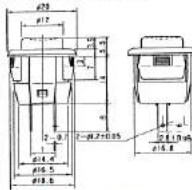
Mounting Hole: 0.50"

SPECIFICATIONS:

Current Rating:	3A @ 125V AC, 1A @ 250V AC			
Initial Contact Resistance:	DC 2.5-1A, 20 Meg ohm (Max.)			
Insulation Resistance:	500V DC 100 Meg ohm (Min.)			
Dielectric Strength:	1500V AC for 1 Minute			
Contact Material:	Brass - Silver Plate			
Terminal Material:	Brass - Silver Plate			
Terminal Type:	Solder			
Part No.	Type	Action		Actuator
30-10060	SPST	OFF	- (ON)	Black Nylon
30-10062	SPST	OFF	- (ON)	Red Nylon

NOTE: () = Momentary

ROUND SNAP-IN PUSH BUTTON SWITCH



Mounting Hole: 0.71"

SPECIFICATIONS:

Current Rating:	3A @ 125V AC, 1A @ 250V AC			
Initial Contact Resistance:	DC 2.5-1A, 20 Meg ohm (Max.)			
Insulation Resistance:	500V DC 100 Meg ohm (Min.)			
Dielectric Strength:	1000V AC for 1 Minute			
Contact Material:	Copper - Silver Plate			
Terminal Material:	Copper - Silver Plate			
Terminal Type:	Solder			
Part No.	Type	Action		Actuator
30-2295	SPST	OFF	- (ON)	Red Nylon

NOTE: () = Momentary

**PEARL BUTTON SWITCH
(Door Bell)**



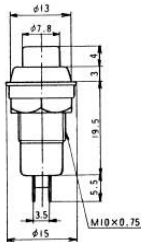
SPECIFICATIONS:

Current Rating:	3-6V DC, 6-10V AC			
Contact Material:	For Low Voltage Applications Only			
Terminal Material:	Phosphor-Bronze			
Terminal Type:	Screw			
Part No.	Type	Action		Actuator
30-8188	SPST	OFF	- (ON)	White Nylon

NOTE: () = Momentary

Mounting Hole: 0.641" In Metal - .625" In Wood

MINIATURE PUSH BUTTON SWITCHES



Mounting Hole: 0.406"

SPECIFICATIONS:

Current Rating:	3A @ 125V AC, 1A @ 250V AC			
Initial Contact Resistance:	DC 2.5V-1A, 20 Meg ohm (Max.)			
Insulation Resistance:	500V DC 100 Meg ohm (Min.)			
Dielectric Strength:	1500V AC for 1 Minute			
Contact Material:	Brass - Silver Plate			
Terminal Material:	Brass - Silver Plate			
Terminal Type:	Solder			
Part No.	Type	Action		Actuator
30-2292	SPST	Push OFF	- Push ON	Silver Metallic
30-2293	SPST	OFF	- (ON)	Red Nylon

NOTE: () = Momentary

- ***Datasheet Capacitor Tantalum***

[Home](#) > [Capacitors](#) > [Tantalum](#)

C100U16T - 100uF 16V Tantalum Capacitor Technical Data - Buy C100U16T

Photograph



Features

- ▶ High Quality Tantalum Capacitors
- ▶ Excellent Temperature and Long-Life Stability
- ▶ Moisture Resistant
- ▶ Very Low Leakage Current
- ▶ Accuracy : $\pm 10\%$
- ▶ Wide Operating Temperature Range: -55°C to $+85^{\circ}\text{C}$
- ▶ Dimensions : Body Width - 5mm, Body Height - 10mm, Pin Pitch - 3mm
- ▶ RoHS Compliant

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Presentase kesalahan terhadap function generator yang dimiliki modul sensor detak jantung adalah sebesar 0,24%
2. Sedangkan nilai error yang didapatkan setelah melakukan kalibrasi dengan sensor detak jantung yang sudah standar seperti ECG di laboratorium teknik biomedik jurusan elektro ITS yaitu 1,69 % yang sudah memenuhi standar karena kurang dari ketentuan toleransi error sebesar 5% .

5.2 Saran

Saran untuk perbaikan untuk sensor detak jantung pada treadmill ini adalah sebagai berikut:

1. Sebaiknya sensor detak jantung yang telah di buat bisa mengontrol motor dengan tambahan wireless sebagai perangkat komunikasi.
2. Sebaiknya sensor detak jantung yang dibuat bisa diletakan langsung di jari dalam bentuk jepitan.
3. Sebaiknya treadmill yang telah dibuat dapat diteruskan agar treadmill lebih inovatif dan multi fungsi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Albert Paul, Malvino, 2003, "Prinsip-Prinsip Elektronika Buku Satu", Salemba Teknika, Jakarta.
- [2] Albert Paul, Malvino, 2003, "Prinsip-Prinsip Elektronik Edisi Tiga", Salemba Teknika Jakarta.
- [3] Andrianto, Heri, 2013, "Pemrograman Mikrokontroler AVR Atmega 8535", Informatika, Bandung.
- [4] Bejo, Agu, 2008, "C&AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega 8535". Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [5] Blocher, Richard, 2003, "Jantung ", ANDI OFFSET, Yogyakarta.
- [6] Elektronika Dasar, 2011, Transistor Sebagai Saklar, http://elektronika.dasar.web.id/teori_elektronika?transistor-sebagai-saklar/. Diakses 16 maret 2016.
- [7] Ikhsan Maulana, 2013, RTC (Real Time Clock) DS1307 (Code AVR), Pontianak. <http://ikhsanworkspace.blogspot.com/2013/06/rtc-real-time-clock-ds1307-code-vision.html>. Diakses 17 Maret 2016.
- [8] Anton, Dwi. 2014. "Alat Olahraga". Gudang kesehatan, Bali. <apk.lab.uii.ac.id/download/modul/regular/Fisiologi.pdf>. Diakses pada tanggal 24 Februari 2016.
- [9] Arif, Setiawan. 2011. "Photoplethysmography" . Dunia Fotonika, Jakarta
- [10] Mega, Yessy. 2014. BPM Portable with Finger Sensor Berbasis Mikrokontroler ATtiny 2313. Poltekkes Surabaya.
- [11] Nugrah, Imam. 2012. "Rancang Bangun Alat Ukur Detak Jantung" . Graha ilmu, Jakarta

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Farida Iasha yang dilahirkan di Kota Madiun pada tanggal 16 Maret 1995 dari ayah bernama Kuswanto dan ibu bernama Anik Suparni. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Saat ini penulis tinggal di Jalan Wiratno Kenjeran no 14b Surabaya. Pada tahun 2006 penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Angkasa, Surabaya. Pada tahun 2009 penulis menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 15 Surabaya. Pada tahun 2013 penulis menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 3 Surabaya. Pada tahun 2016, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII-Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**RANCANG BANGUN SENSOR DETAK JANTUNG MANUSIA PADA *TREADMILL* DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR PHOTODIODA**”. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini maka dapat menghubungi penulis melalui farsha_zyy@yahoo.com.